APÉNDICE: 7.2
CÁLCULO MECÁNICO

ÍNDICE

Página

1. OBJETO 5
2. CÁLCULO MECÁNICO DE LA TUBERÍA DE ACERO HELICOIDAL EN ZANJA 5
2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS 5
2.1.1. Tipo de tubería 5
2.1.2. Aceros 7
2.1.3. Diámetros y espesores 8
2.1.4. Rigidez circunferencial 10
2.1.5. Materiales 15
2.1.6. Acciones a considerar 16
2.1.7. Cálculo de acciones 29
2.1.8. Deformación por transporte-almacenamiento 32
2.2. CÁLCULOS Y CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO 35
3. CÁLCULO DE TUBERÍAS AÉREAS 42
3.1. CONSIDERACIONES PREVIAS 42
3.1.1. Materiales 42
3.1.2. Clasificación de la sección de la tubería 43
3.1.3. Acciones 43
3.1.4. Espesor mínimo 46
3.1.5. Comprobación de tensiones E.L.U. de resistencia: tubería 46
3.1.6. Presión interna negativa (pandeo o colapso) 48
3.1.7. Flexión longitudinal 49
3.1.8. E.L.S. de deformación 49
3.1.9. Deformación por transporte-almacenamiento 50
3.2. CÁLCULO Y CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO 52
4. CÁLCULO DE PIEZAS ESPECIALES Y REFUERZOS 53
4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS 53
4.1.1. Diseño de refuerzos de tipo anillo y collarines 53
4.1.2. Diseño de ala de monja 55
4.2. CÁLCULOS Y CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO 57
4.2.1. Cálculos de refuerzos en las tomas y arqueta de derivación de Tudela 57
4.2.2. Cálculos y normalización de baberos en paso hombre de ventosas y desagües 57
5. CÁLCULO DE ESPESORES MÍNIMOS EN CODOS 58
5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS 58
5.2. CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO 58

6. BRIDAS Y TORNILLERÍA 59
7. SOPORTES 64
8. ANCLAJES 66
8.1. CONSIDERACIONES GENERALES EN CONDUCCIONES DE ACERO Y NO NECESIDAD DE USO DE ANCLAJES EN EL TRAZADO DE LA CONDUCCIÓN CON RADIOS DE CURVATURA 66
8.2. CÁLCULOS DE ANCLAJES EN TOMAS 69
8.2.1. Empuje por efectos térmicos 78
8.2.2. Cálculo de anclajes horizontales en derivaciones T 78
8.2.3. Cálculo de anclajes en válvulas o terminaciones 81
8.2.4. Cálculo de anclajes en reducciones 81
8.2.5. Cálculo de anclajes en bifurcaciones 82
8.2.6. Cálculo de anclaje horizontal en codos 82
8.3. ANCLAJES VERTICALES EN TRAMOS DE CONDUCCIÓN INCLINADOS CON GRAN PENDIENTE . 85
8.3.1. Análisis de pendientes y necesidad de anclajes verticales 85
8.3.2. Anclajes en tramos inclinados 86
8.3.3. Anclaje - muro para contención de tierras en tramos inclinados 90
8.3.4. Anclaje de ángulo cóncavo 92
8.3.5. Anclaje de ángulo convexo 95
9. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE HINCA 97
9.1. CÁLCULO MECÁNICO DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN EN HINCAS 101
9.1.1. Caracterización geotécnica 101
9.1.2. Cargas de relleno para tubos hincados 110
9.1.3. Determinación del factor de apoyo 111
9.1.4. Comprobación a compresión longitudinal 112
9.1.5. Cálculos y conclusiones de aplicación al proyecto 114
9.2. CÁLCULO DE SUBSIDENCIAS 115
9.2.1. Cálculo de subsidencias por métodos semiempíricos 115
9.2.2. Parámetros geotécnicos 119
9.2.3. Tolerancias máximas de subsidencias 120
9.2.4. Cálculo de la subsidencia 122
10. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO EN CAMINOS Y DESAGÜES 123
10.1. CONSIDERACIONES PREVIAS 123
10.2. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS 123
10.2.1. Tipos de instalación 124
10.2.2. TIPOS DE RELLENO 124
10.2.3. DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL RELLENO 125

10.2.4. INSTALACIÓN EN ZANJA 125
10.2.5. INSTALACIÓN EN TERRAPLÉN 126
10.2.6. INSTALACIÓN EN ZANJA TERRAPLENADA 126
10.2.7. DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL TRÁFICO 127
10.2.8. OTRAS CARGAS. 128
10.2.9. FACTORES DE APOYO. 129
10.2.10. DETERMINACIÓN DE LA CLASE EXIGIBLE AL TUBO. 130
CONCLUSIONES 131
10.3 131
11. APÉNDICE 7.2.1: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO HELICOIDAL EN ZANJA 133
12. APÉNDICE 7.2.2: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO HELICOIDAL AÉREAS EN TOMAS Y ARQUETA DE TUDELA 135
13. APÉNDICE 7.2.3: CÁLCULO GENERAL DE REFUERZOS TIPO CORONA SEGÚN NORMA AWWA M11 137
14. APÉNDICE 7.2.4: CÁLCULO MECÁNICO DE ESPESORES MÍNIMOS EN CODOS 139
15. APÉNDICE 7.2.5: COMPROBACIÓN DE NECESIDAD DE ANCLAJE EN CONDUCCIÓN ENTERRADA DE ACERO HELICOIDAL CON RADIOS DE GIRO. 140
16. APÉNDICE 7.2.6: CÁLCULO DE ANCLAJES EN TOMAS 141
16.1. CÁLCULO DE ANCLAJES EN DERIVACIONES DE T EN TOMAS 142
16.2. CÁLCULO DE ANCLAJES EN ÁNGULOS CÓNCAVOS Y CONVEXOS EN TOMAS 143
17. APÉNDICE 2.7.7: CÁLCULO DE ANCLAJES EN TRAMOS INCLINADOS DE LA CONDUCCIÓN 145
17.1. CÁLCULO DE ANCLAJES EN TRAMOS INCLINADOS 146
17.2. CÁLCULO DE ANCLAJES CÓNCAVO Y CONVEXO 147
17.3. CÁLCULO DE MURO-ANCLAJE INCLINADO 148
18. APÉNDICE 7.2.8: CÁLCULO DE TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO EN HINCAS 157
18.1. CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA 159
18.2. HINCA DEL RÍO ARAGÓN 163
18.2.1. Cálculo para la altura máxima 163
18.2.2. Cálculo de tubería a altura mínima 163
18.3. HINCA NA-128 164
18.3.1. Cálculo para la altura máxima 164
18.3.2. Cálculo de tubería a altura mínima 164
18.4. HINCA CERRO 165
18.4.1. Cálculo para la altura máxima 165
18.4.2. Cálculo de tubería a altura mínima 165
18.5. HINCA NA-134 166
18.5.1. Cálculo para la altura máxima 166

18.5.2. Cálculo de tubería a altura mínima 166
18.6. HINCA RÍO EBRO 167
18.6.1. Cálculo para la altura máxima 167
18.6.2. Cálculo de tubería a altura mínima 167
18.7. HINCA FERROCARRIL ALSÁSUA-ZARAGOZA 168
18.7.1. Cálculo para la altura máxima 168
18.7.2. Cálculo de tubería a altura mínima 168
18.8. HINCA NA-160 169
18.8.1. Cálculo para la altura máxima 169
18.8.2. Cálculo de tubería a altura mínima 170
18.9. HINCA AP68 170
18.9.1. Cálculo para la altura máxima 170
18.9.2. Cálculo de tubería a altura mínima 171
18.10. HINCA N-113 171
18.10.1. Cálculo para la altura máxima 171
18.10.2. Cálculo de tubería a altura mínima 172
19. APÉNDICE 7.2.9: CÁLCULO DE SUBSIDENCIAS EN HINCAS 174
20. APÉNDICE 7.2.10: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO EN ZANJAS .. 175
20.1. TUBERÍA DE DN 600 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 176
20.2. TUBERÍA DE DN 600 MM + HR=2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 177
20.1. TUBERÍA DE DN 800 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 178
20.2. TUBERÍA DE DN 800 MM + HR2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 179
20.3. TUBERÍA DE DN 1.000 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 180
20.4. TUBERÍA DE DN 1.000 MM + HR2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 181
20.5. TUBERÍA DE DN 1.200 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 182
20.6. TUBERÍA DE DN 1.200 MM + HR2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN 183
21. APÉNDICE 7.2.10: DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUECONFORMAN LA TUBERÍA (AWWA-M11) 184

1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto realizar los cálculos mecánicos de las conducciones.

2. CÁLCULO MECÁNICO DE LA TUBERÍA DE ACERO HELICOIDAL EN ZANJA

2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

2.1.1. Tipo de tubería

El presente proyecto contempla una tipología de tubería de acero soldado helicoidal con proceso de soldadura S.A.W. con junta abocardada cilíndrica o esférica estando soldada interior y exteriormente en zonas con pendientes mayores a 20%.

Las tuberías de acero helicosoldadas se emplearán en redes de abastecimiento y deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Norma UNE-EN 10224:2003 “Tubos y accesorios en acero no aleado para el transporte de líquidos acuosos, incluido agua para consumo humano. Condiciones técnicas de suministro”.

El acero empleado en la fabricación de la tubería estará clasificado como no aleado conforme a la UNE EN 10020:2001 y completamente calmado, según se indica en la Norma UNE 36004:1989. Además deberá tener una aptitud garantizada al soldeo, de acuerdo con la norma UNE-EN 10025:1994.

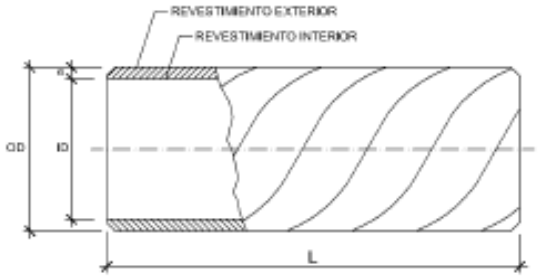
El interior de los tubos ha de estar revestido con una capa mínima de 500 micras de pintura epoxi que cumpla la normativa vigente sobre productos en contacto con agua para el consumo humano, con una preparación previa de la superficie SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1. El exterior de los tubos se protegerá con una capa mínima de 1.000 micras de poliuretano o de 3 mm de polietileno extruido en caliente, previa preparación de la superficie a grado SA 2½ según la norma UNE-EN ISO 8501-1.

Las longitudes de los tubos de acero no están normalizadas debiendo determinarse para cada caso concreto. Para el presente proyecto se estiman longitudes comprendidas entre 6 y 13,5-14 m, siendo preferencial la longitud de 14 m por su optimización de costes en la puesta obra. Por otro lado, las optimizaciones de los radios de giro vienen condicionadas por la menor longitud del tubo, adoptándose una longitud mínima de 6 m.

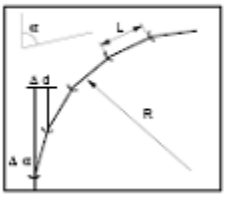
La tolerancia de longitud conforme UNE-EN 10224.

Longitud (L) (mm)	Diámetro exterior del tubo (mm)	
	< 406,4	> 406,4
2.000 < L < 6.000	+10,0 mm	+25,0 mm
6.000 < L < 12.000	+15,0 mm	+50,0 mm
L > 12.000	Por acuerdo entre comprador y fabricante	

Dichas longitudes estarán limitadas adicionalmente por la condición de transporte.



A continuación, se adjuntan las dimensiones, pesos y radios de giro mínimos para junta soldada, cuya desviación angular se estima en 1º09´x1000/DN. Por otro lado se establece como desviación angular máxima 2º.



Radio de curvatura	Nº de tubos para un cambio de dirección
$R = \dfrac{L}{2 \cdot \mathrm{Sen}\dfrac{\Delta\alpha}{2}}$ α = Ángulo del cambio de dirección $\Delta\alpha$ = Desviación máxima admisible .	$N = \dfrac{\alpha}{\Delta\alpha}$ L = Longitud del tubo. $\Delta\delta$ = Desplazamiento máximo. C = Longitud del cambio de dirección: $C = N \cdot L$

Tipo	DN (mm)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv. ang (º)	Radio de giro mínimo (m)
Acero	1300	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1500	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1600	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1700	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1800	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1900	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	2000	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	2200	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	2500	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82

Tipo	DN (mm)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv. ang (º)	Radio de giro mínimo (m)
Acero	1300	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1500	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1600	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1700	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1800	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1900	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	2000	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	2200	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	2500	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29

Como criterio general se adoptan radios mínimos de 200 m y puntualmente radios de 50 m donde se requerirá cortar las tuberías a longitudes de 6,0 m.

2.1.2. Aceros

En general, se considera tubería de acero calidad L-275 (UNE EN 10024) de 275 N/mm^2 de límite elástico y acero L355 (UNE 10024) de 355 N/mm^2 de límite elástico. A continuación, se adjuntan las equivalencias aproximadas de los aceros, y principales características técnicas conforme la UNE10024 y 10025:

UNE-EN 10224	*UNE-EN 10025*	*ISO 3183 y API 5L*
L235	S235	L245 ó B
L275	S275	L290 ó X42
L355	S355	L360 ó X52

Designación simbólica del acero	*C % máx.*	*Si % máx.*	*Mn % máx.*	*P % máx.*	*S % máx.*
L235	0,16	0,35	1,20	0,030	0,025
L275	0,20	0,40	1,40	0,030	0,025
L355*	0,22	0,55	1,60	0,030	0,025

* Para el acero L355, se permiten adiciones de niobio, titanio y vanadio a la elección del fabricante. En este caso, los documentos de inspección deben indicar el contenido de estos elementos.

Designación simbólica del acero	*Resistencia a tracción (MPa)*	*Límite elástico aparente mínimo (MPa) para los espesores (e) en mm*		*Alargamiento mínimo en la rotura (%)*	
		e ≤ 16	*e > 16*	*Longitudinal*	*Transversal*
L235	360 a 500	235	225	25	23
L275	430 a 570	275	265	21	19
L355	500 a 650	355	345	21	19

Designación simbólica del acero	*Límite elástico mínimo (1) (MPa)*		*Resistencia a tracción (1) (MPa)*	*Alargamiento mínimo (1) (%)*
	Espesor nominal (mm)		*Espesor nominal (mm)*	*Espesor nominal (mm)*
	e ≤ 16	*16 < e ≤ 40*	*3 ≤ e ≤ 100*	*3 ≤ e ≤ 40*
S235JR	235	225	360 a 510	26
S235J0	235	225	360 a 510	
S235J2	235	225	360 a 510	24
S275JR	275	265	410 a 560	23
S275J0	275	265	410 a 560	
S275J2	275	265	410 a 560	21
S355JR	355	345	470 a 630	22
S355J0	355	345	470 a 630	
S355J2	355	345	470 a 630	
S355K2	355	345	470 a 630	20

La selección del tipo de acero está condicionada a las características particulares de la obra (presión, cargas, etc.), espesores resultantes del cálculo mecánico y el coste del tipo de acero. En el Anejo 5 Estudio de alternativas, se incluye el estudio comparativo de coste de las diferentes tuberías y presiones asociadas, obtenidas de los cálculos mecánicos de las tuberías para aceros L275 y L355 para una altura mínima de cobertura de 1,50 m sobre la clave de tubo.

A la vista de los resultados de espesores obtenidos para las diferentes presiones y aceros, se opta:

- Tuberías de presión menor a 20 Atm, serán de acero calidad L-275 (UNE EN 10024) de 275 N/mm^2
- Tuberías de presión igual o superior a 20 Atm se utilizará acero L355 (UNE 10024) de 355 N/mm^2 de límite elástico

2.1.3. Diámetros y espesores

Los tubos de acero se clasifican por el diámetro nominal (DN), por el espesor nominal (e) y por el tipo de acero empleado (por el valor de su límite elástico).

A continuación se cita las dimensiones de las tuberías de acero y pesos unitarios (kg/m) en función del diámetro y del espesor nominal (elaborada a partir de UNE-EN 10224)

		Espesor (inch)		0,16	0,18	0,20	0,21	0,22	0,25	0,28	0,31	0,36	0,39	0,43	0,49	0,56	0,63	0,69	0,79	0,88	0,96	0,99
		Espesor (mm)		4,0	4,5	5,0	5,4	5,6	6,3	7,1	8,0	8,8	10,0	11,0	12,5	14,2	16,0	17,5	20,0	22,2	25,0	25,0
DN	DN (mm)																					
(inch)	Serie 1	Serie 2	Serie 3																			
16	406,4			40,1	45,1	50,1	54,1	56,1	63,1	71,2	80,2	88,2	100,2	110,2	125,3	142,3						
18	457,0			45,1	50,7	56,3	60,9	63,1	71,0	80,0	90,2	99,2	112,7	124,0	140,9	160,0						
20	508,0			50,1	56,4	62,6	67,6	70,2	78,9	88,9	100,2	110,2	125,3	137,8	156,6	177,9	200,4					
22			559,0	55,1	62,0	68,9	74,4	77,2	86,8	97,9	110,3	121,3	137,9	151,6	172,3	195,8	220,6	241,2				
24		610		60,2	67,7	75,2	81,2	84,2	94,8	106,8	120,3	132,4	150,4	166,5	188,0	213,6	240,7	263,3				
26		660			73,2	81,4	87,9	91,1	102,5	115,6	130,2	143,2	162,8	179,0	203,5	231,1	260,4	284,8				
28		711			78,9	87,7	94,7	98,2	110,5	124,5	140,3	154,3	175,3	192,9	219,2	249,0	280,5	306,8				
30		762			84,6	94,0	101,5	105,2	118,4	133,4	150,3	165,4	187,9	206,7	234,9	266,8	300,7	328,9	375,8			
32		813			90,2	100,2	108,3	112,3	126,3	142,3	160,4	176,4	200,5	220,5	250,6	284,7	320,8	350,9	401,0	445,1		
34		864			95,9	106,5	115,1	119,3	134,2	151,3	170,5	187,5	213,1	234,4	266,3	302,6	340,9	372,9	426,1	473,0		
36		914			101,4	112,7	121,7	126,2	142,0	160,0	180,3	198,4	225,4	247,9	281,7	320,1	360,6	394,4	450,8	500,4	563,5	586,0
40		1.016			112,7	125,3	135,3	140,3	157,8	177,9	200,4	220,5	250,6	275,6	313,2	355,8	400,9	438,5	501,1	555,2	626,4	651,4
42		1.067				131,6	142,1	147,4	165,8	186,8	210,5	231,6	263,1	289,4	328,9	373,6	421,0	460,5	526,3	584,1	657,8	684,1
44		1.118				137,9	148,9	154,4	173,7	195,8	220,5	242,6	275,7	303,3	344,5	391,5	441,1	482,5	551,4	612,1	689,3	716,8
46		1.168				144,0	155,5	161,3	181,5	204,5	230,4	253,5	288,0	316,8	360,0	409,0	460,9	504,1	576,1	639,4	720,1	748,9
48		1.219				150,3	162,3	168,3	189,4	213,4	240,5	264,5	300,6	330,7	375,8	426,9	481,0	526,1	601,2	667,4	751,5	781,6
52		1.321						182,4	206,2	231,3	260,6	286,7	325,8	358,3	407,2	462,6	521,2	570,1	651,5	723,2	814,4	847,0
56		1.422							220,9	249,0	280,5	308,6	350,7	385,7	438,3	498,0	561,1	613,7	701,4	778,5	876,7	911,8
60		1.524							236,8	266,8	300,7	330,7	375,8	413,4	469,8	533,7	601,3	657,7	751,7	834,3	939,6	977,2
64		1.626								284,7	320,8	352,9	401,0	441,1	501,2	569,4	641,6	701,7	802,0	890,2	1002,5	1042,6
68		1.727								302,4	340,7	374,8	425,9	468,5	532,4	604,8	681,4	745,3	851,8	945,5	1064,7	1107,3
72		1.829									360,8	396,9	451,0	496,2	563,8	640,5	721,7	789,3	902,1	1001,3	1127,5	1172,7
76		1.930									380,8	418,8	476,0	523,5	594,9	675,9	761,5	832,9	951,9	1056,5	1189,9	1237,5
80		2.032									400,9	441,0	501,1	551,2	626,4	711,6	801,8	876,9	1002,2	1112,5	1252,8	1302,9
84		2.134										463,1	526,3	578,9	657,8	747,3	842,0	921,0	1052,6	1168,3	1315,7	1368,3
88		2.235										485,0	551,2	606,3	689,0	782,7	881,9	964,5	1102,3	1223,6	1377,9	1433,0
92		2.337											576,3	634,0	720,4	818,4	922,1	1008,6	1152,6	1279,4	1440,8	1498,4
96		2.438											601,2	661,4	751,5	853,7	962,0	1052,2	1202,5	1334,7	1503,1	1563,2
100		2.540												689,0	783,0	889,5	1002,2	1096,2	1252,8	1390,6	1566,0	1628,5
104		2.642												716,7	814,4	925,2	1042,5	1140,2	1303,1	1446,4	1628,8	1694,0
108		2.743												744,1	845,6	960,6	1082,3	1183,8	1352,9	1501,7	1691,1	1758,8
112		2.743													876,9	996,1	1122,4	1227,6	1403,0	1557,3	1753,7	1823,9
116		2.845													908,2	1031,7	1162,5	1271,5	1453,1	1612,9	1816,4	1889,0
120		2.946													939,5	1067,3	1202,6	1315,3	1503,2	1668,6	1879,0	1954,2
124		3.048														1102,9	1242,7	1359,2	1553,3	1724,2	1941,5	2019,3
128		3.149														1138,4	1282,7	1403,0	1603,4	1779,8	2004,3	2084,5

A continuación, se adjuntan los espesores normalizados conforme la normativa API 5L:2000

DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED																							
		mm	4,0	4,4	5,0	5,6	6,4	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3	11,1	11,9	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,0	20,6	21,4	22,2	23,8	25,0	25,4
		pulg																								
mm.	pulg		,157	,173	,197	,219	,250	,281	,312	,344	,375	,406	,438	,469	,500	,562	,625	,688	,750	,790	,811	,842	,874	,937	,984	1,000
508	20		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●										
559	22		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●									
610	24		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
660	26		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●							
711	28		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
762	30			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
813	32				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
864	34					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
914	36					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
965	38						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.016	40						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.067	42						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.118	44						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.168	46						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.219	48						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.270	50							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.321	52							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.422	56							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.524	60							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.626	64								●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.727	68									●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.829	72									●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1.930	76										●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.032	80										●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.134	84											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.235	88											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.337	92												●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.438	96													●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.540	100													●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.642	104														●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.743	108															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.845	112															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2.946	116															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3.048	120															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

- Diámetros nominales: En los tubos de acero el diámetro nominal (DN) se refiere al diámetro exterior (OD).
- Presión nominal (PN): El concepto de presión nominal en los tubos de acero solo se emplea en el caso de que se unan con bridas, en cuyo caso, el valor de PN corresponde a la PFA.

Tras reuniones mantenidas con los diferentes fabricantes de tuberías de acero helicoidal, y ante la necesidad de optimización, en el presente proyecto se opta por utilizar espesores no normalizados UNE o API con escalones de 0,5 mm. Esto implica que el fabricante comprará las bobinas de dichos espesores para la fabricación de las tuberías. De esta forma se consigue optimizar de forma considerable los espesores utilizados en el presente proyecto, y en consecuencia los costes globales del mismo.

A efectos de limitación mínima de espesor por condición de esbeltez, se establece un espesor mínimo para las tuberías de acero del 0,60% de su diámetro nominal (Criterio aprobado en el estudio de alternativas).

La condición de depresión viene establecida por el máximo caudal de vaciado de la conducción en los desagües o el escenario de rotura franca. Si el vaciado es muy grande, se necesitará meter una gran cantidad de aire en la conducción. En general los valores de aducción de aire se dimensionan a partir de un valor de aproximadamente 0,07 bar de depresión. Valores mayores a 0,35 bares de depresión no incrementan la capacidad de aire de entrada en una conducción, ya que con ese valor prácticamente se ha conseguido la velocidad sónica del aire y por lo tanto dimensionar una ventosa para valores de depresión superiores es erróneo.

Utilizando la siguiente tabla obtendremos el DN de la válvula de entrada de aire idónea para ese punto:

CAPACIDAD DE ENTRADA DE AIRE = m3/min a 70ºF y 1 bar (W/Cd = 0,7)														
D.N		15	20	25	40	50	80	100	150	200	250	300	350	400
		1/2"	3/4"	1"	11/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"
DEPRESIÓN INTERIOR (bar)	0,07	0,6	1,28	2,26	5,1	9,06	20,4	36,22	81,5	145,2	226,7	328,3	444,3	583
	0,14	0,8	1,8	3,2	7,2	12,82	28,86	51,2	115,5	205,2	320	464,1	631,1	823,5
	0,21	1	2,2	3,9	8,83	15,7	35,37	62,8	141,5	251,3	393,4	566	772,6	1007
	0,28	1,1	2,56	4,53	10,22	18,14	40,75	72,5	163,3	291,5	452,8	653,7	891,5	1163
	0,35	1,2	2,86	5,07	11,4	20,26	45,56	81,2	182	325,5	506,6	733	996,2	1302

A la vista de dichas conclusiones se opta por adoptar una depresión máxima de -0,012 MPa. Con este valor se garantiza un coeficiente de seguridad mínimo ante el pandeo o colapso al comprobarlo mediante la formulación de Levy para la solicitación de vacío en el interior de la tubería. Por otro lado, en el ámbito de las tuberías de acero, el valor de las acciones no suele mayorarse a efectos del cálculo mecánico por lo que se suele establecer el criterio de espesor mínimo que contemple las posibles mayoraciones.

A este respecto se ha de indicar que el vaciado de la tubería debe realizarse de forma controlada y siempre lenta para evitar problemas de depresión.

Respecto la rotura franca y la depresión que ésta generaría, no ha sido considerada a efectos de cálculo, pues de lo contrario los espesores obtenidos serían exageradamente altos.

2.1.4. Rigidez circunferencial

En primer lugar, cabe definir las condiciones de rigidez de las tuberías tratadas en este documento. Para ello, pueden utilizarse dos criterios: el de Howard y el de la norma europea prEN1295-3:2001.

Según Howard, una tubería se considera rígida, semirrígida o flexible dependiendo del valor que adquiere la rigidez circunferencial del tubo, (S_c):

$$S_c = \frac{E}{12}\left(\frac{e}{D-e}\right)^3$$

- E es el módulo de elasticidad del material de la tubería en N/m²
- e es el espesor del tubo, en m.
- D es el diámetro exterior de la tubería, en metros.

A partir de la aplicación de esta relación, los tubos se clasifican en: tubos flexibles si S_c es menor que 105 N/m²

En la siguiente tabla se muestra esta clasificación para la gama de tubos resaltando los tres tipos de rigidez en color. Cabe observar que predominan los tubos flexibles frente a todos los demás. Por ello, en adelante, se considera para los cálculos posteriores que las tuberías son flexibles, con todas las consecuencias en las hipótesis de cálculo.

A continuación se adjuntan rigideces s/ Howard (x10⁵ N/m³)

Diámetro Exterior			API: Espesor pared																			
			mm	4	4,5	4,8	**5,0**	**5,6**	**6,4**	7,1	**7,9**	8,7	9,5	**10,3**	11,1	11,9	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,1
			inch	0,157	0,177	0,189	0,197	0,219	0,250	0,281	0,312	0,344	0,375	0,406	0,438	0,469	0,500	0,562	0,625	0,688	0,750	0,790
según API		según ISO	ISO: Espesor pared																			
inch	*mm*	*mm*					5,00	5,60	6,30	7,10	8,00	8,80		10,00	11,00		12,50	14,20	16,00	17,50		20,00
10 3/4	273,1			0,55	0,78	0,95	1,08	1,48	2,15	3,08	4,40	5,86										
12 3/4	323,9			0,33	0,47	0,57	0,65	0,89	1,29	1,84	2,64	3,51	4,42	5,15								
14	355,6			0,25	0,35	0,43	0,49	0,67	0,97	1,39	1,99	2,65	3,34	3,89	5,18							
16	406,4	406,4		0,17	0,24	0,29	0,33	0,45	0,65	0,93	1,33	1,78	2,24	2,61	3,47							
18	457,2	457,0		0,12	0,17	0,20	0,23	0,32	0,46	0,67	0,91	1,22	1,58	2,01	2,52	3,10						
20	508,0	508,0					0,17	0,23	0,33	0,48	0,68	0,91	1,14	1,33	1,78	2,25	2,61	3,82				
22	558,8	559,0					0,13	0,17	0,25	0,36	0,50	0,67	0,87	1,10	1,38	1,69	2,05	2,91				
24	609,6	610,0					0,10	0,13	0,19	0,28	0,38	0,51	0,67	0,85	1,06	1,30	1,58	2,24	3,08	4,11		
26	660,4	660,0					0,08	0,10	0,15	0,22	0,30	0,41	0,53	0,67	0,84	1,03	1,25	1,77	2,44	3,25	4,21	
28	711,2	711,0					0,06	0,08	0,12	0,18	0,24	0,32	0,42	0,53	0,67	0,82	1,00	1,42	1,95	2,60	3,37	
30	762,0	762,0					0,05	0,07	0,10	0,14	0,20	0,27	0,34	0,40	0,53	0,67	0,77	1,13	1,62	2,12	2,76	
32	812,8	813,0					0,04	0,06	0,08	0,12	0,16	0,22	0,28	0,36	0,45	0,55	0,67	0,95	1,30	1,74	2,25	
34	863,6	864,0						0,05	0,07	0,10	0,14	0,18	0,23	0,30	0,37	0,46	0,56	0,79	1,09	1,45	1,88	
36	914,4	914,0						0,04	0,06	0,08	0,11	0,15	0,20	0,25	0,32	0,39	0,47	0,67	0,92	1,22	1,58	
38	965,2							0,03	0,05	0,07	0,10	0,13	0,17	0,19	0,26	0,33	0,38	0,56	0,80	1,04	1,36	
40	1016,0	1016,0							0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,17	0,22	0,28	0,33	0,48	0,68	0,89	1,16	
42	1066,8								0,04	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,19	0,24	0,28	0,41	0,59	0,77	1,00	
44	1117,6								0,03	0,04	0,06	0,09	0,11	0,13	0,17	0,21	0,24	0,36	0,51	0,67	0,87	
46	1168,4								0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,15	0,18	0,21	0,31	0,45	0,59	0,76	
48	1219,2	1220,0							0,02	0,04	0,05	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,20	0,28	0,39	0,51	0,67	
50	1270,0								0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,12	0,14	0,18	0,25	0,34	0,46	0,59	
52	1320,8								0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,13	0,16	0,22	0,30	0,41	0,53	
56	1422,4	1420,0							0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,13	0,18	0,24	0,33	0,42	
60	1524,0								0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,14	0,20	0,26	0,34	
64	1625,6	1620,0							0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,12	0,16	0,22	0,28	
68	1727,2								0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,14	0,18	0,23	
72	1828,8	1820,0							0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,15	0,20	
76	1930,4								0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,10	0,13	0,17	
80	2032,0	2020,0							0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,11	0,15	

Tubo flexible

Tubo semirrígido

Tubo rígido

Según la EN1295-3:2001. En este caso se debe calcular la rigidez relativa, (S_r) tal que:

$$S_r = \frac{E'}{8S_c\left(1-\upsilon_s^2\right)}$$

- E' es el módulo de elasticidad del relleno de la zanja en N/m²
- S_c es la rigidez circunferencial de la tubería en N/m²
- ν_s el módulo de Poisson del suelo, adimensional, cuyo valor suele tomarse 0,3.

Según este criterio los tubos se clasifican en: tubos rígidos si S_r es menor que 9; tubos semiflexibles si S_r es mayor que 9 y menor que 24; tubos flexibles si S_r es mayor que 24.

A continuación se adjuntan las rigideces para E´= 0,5 MPa

Diámetro Exterior			API: Espesor pared																		
			mm	4	4,5	4,8	**5,0**	**5,6**	**6,4**	7,1	**7,9**	8,7	9,5	**10,3**	11,1	11,9	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,1
			inch	0,157	0,177	0,189	0,197	0,219	0,250	0,281	0,312	0,344	0,375	0,406	0,438	0,469	0,500	0,562	0,625	0,688	0,750	0,790
según API		según ISO	ISO: Espesor pared																			
inch	*mm*	*mm*					5,0	5,6	6,3	7,1	8,0	8,8		10,0	11,0		12,5	14,2	16,0	17,5		20,0
10 3/4	273,1			1,50	1,05	0,87	0,77	0,55	0,38	0,27	0,19	0,14										
12 3/4	323,9			2,50	1,76	1,45	1,28	0,91	0,64	0,45	0,31	0,23	0,19	0,16								
14	355,6			3,31	2,32	1,91	1,69	1,21	0,85	0,59	0,41	0,31	0,25	0,21	0,16							
16	406,4	406,4		4,94	3,47	2,86	2,53	1,80	1,26	0,88	0,62	0,46	0,37	0,32	0,24							
18	457,2	457,0		7,03	4,94	4,07	3,60	2,56	1,80	1,26	0,88	0,66	0,52	0,45	0,34	0,27						
20	508,0	508,0					4,94	3,52	2,47	1,73	1,21	0,91	0,72	0,62	0,46	0,37	0,32	0,22				
22	558,8	559,0					6,57	4,68	3,29	2,30	1,61	1,21	0,96	0,82	0,62	0,49	0,42	0,29				
24	609,6	610,0					8,54	6,08	4,27	2,98	2,08	1,57	1,24	1,07	0,80	0,63	0,55	0,37	0,26	0,20		
26	660,4	660,0					10,85	7,72	5,42	3,79	2,65	1,99	1,58	1,36	1,02	0,80	0,69	0,47	0,33	0,25	0,19	
28	711,2	711,0					13,55	9,65	6,78	4,73	3,31	2,49	1,98	1,69	1,27	1,01	0,87	0,59	0,41	0,32	0,24	
30	762,0	762,0					16,67	11,87	8,33	5,82	4,07	3,06	2,43	2,08	1,57	1,24	1,07	0,73	0,51	0,39	0,30	
32	812,8	813,0					20,23	14,40	10,11	7,07	4,94	3,71	2,95	2,53	1,90	1,50	1,29	0,88	0,62	0,47	0,36	
34	863,6	864,0						17,27	12,13	8,48	5,92	4,45	3,54	3,03	2,28	1,80	1,55	1,06	0,74	0,57	0,44	
36	914,4	914,0						20,50	14,40	10,06	7,03	5,28	4,20	3,60	2,71	2,14	1,84	1,26	0,88	0,67	0,52	
38	965,2							24,11	16,94	11,83	8,27	6,21	4,94	4,23	3,18	2,51	2,17	1,48	1,03	0,79	0,61	
40	1016,0	1016,0							19,76	13,80	9,65	7,25	5,76	4,94	3,71	2,93	2,53	1,73	1,21	0,92	0,71	
42	1066,8								22,87	15,98	11,17	8,39	6,67	5,72	4,30	3,39	2,93	2,00	1,40	1,07	0,82	
44	1117,6								26,29	18,37	12,84	9,65	7,67	6,57	4,94	3,90	3,37	2,30	1,61	1,23	0,94	
46	1168,4								30,04	20,99	14,67	11,02	8,76	7,51	5,64	4,46	3,85	2,62	1,83	1,40	1,08	
48	1219,2	1220,0							34,13	23,85	16,67	12,52	9,95	8,54	6,41	5,06	4,37	2,98	2,08	1,59	1,22	
50	1270,0								38,58	26,95	18,84	14,16	11,25	9,65	7,25	5,72	4,94	3,37	2,36	1,80	1,38	
52	1320,8								43,40	30,32	21,19	15,92	12,66	10,85	8,15	6,44	5,56	3,79	2,65	2,02	1,56	
56	1422,4	1420,0							54,20	37,87	26,47	19,89	15,81	13,55	10,18	8,04	6,94	4,73	3,31	2,53	1,95	
60	1524,0								66,67	46,58	32,56	24,46	19,44	16,67	12,52	9,89	8,54	5,82	4,07	3,11	2,39	
64	1625,6	1620,0							80,91	56,53	39,51	29,69	23,60	20,23	15,20	12,01	10,36	7,07	4,94	3,77	2,90	
68	1727,2								97,05	67,80	47,40	35,61	28,30	24,27	18,23	14,40	12,42	8,48	5,92	4,53	3,48	
72	1828,8	1820,0							115,20	80,48	56,26	42,27	33,60	28,81	21,64	17,09	14,75	10,06	7,03	5,37	4,13	
76	1930,4								135,49	94,66	66,17	49,71	39,51	33,88	25,45	20,10	17,35	11,83	8,27	6,32	4,86	
80	2032,0	2020,0							158,03	110,40	77,18	57,98	46,09	39,51	29,69	23,45	20,23	13,80	9,65	7,37	5,67	

Tubo flexible

Tubo semirrígido

Tubo rígido

A continuación se adjuntan rigideces para E´= 1,0 MPa

Diámetro Exterior			API: Espesor pared																			
			mm	4	4,5	4,8	**5,0**	**5,6**	**6,4**	7,1	**7,9**	8,7	9,5	**10,3**	11,1	11,9	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,1
			inch	0,157	0,177	0,189	0,197	0,219	0,250	0,281	0,312	0,344	0,375	0,406	0,438	0,469	0,500	0,562	0,625	0,688	0,750	0,790
según API		según ISO	ISO: Espesor pared																			
inch	*mm*	*mm*					5,00	5,60	6,30	7,10	8,00	8,80		10,00	11,00		12,50	14,20	16,00	17,50		20,00
10 3/4	273,1			2,50	1,75	1,44	1,28	0,91	0,64	0,45	0,31	0,23										
12 3/4	323,9			4,17	2,93	2,41	2,13	1,52	1,07	0,74	0,52	0,39	0,31	0,27								
14	355,6			5,51	3,87	3,19	2,82	2,01	1,41	0,99	0,69	0,52	0,41	0,35	0,27							
16	406,4	406,4		8,23	5,78	4,76	4,21	3,00	2,11	1,47	1,03	0,77	0,61	0,53	0,40							
18	457,2	457,0		11,72	8,23	6,78	6,00	4,27	3,00	2,10	1,47	1,10	0,87	0,75	0,56	0,45						
20	508,0	508,0					8,23	5,86	4,12	2,88	2,01	1,51	1,20	1,03	0,77	0,61	0,53	0,36				
22	558,8	559,0					10,96	7,80	5,48	3,83	2,68	2,01	1,60	1,37	1,03	0,81	0,70	0,48				
24	609,6	610,0					14,23	10,13	7,11	4,97	3,47	2,61	2,07	1,78	1,34	1,06	0,91	0,62	0,43	0,33		
26	660,4	660,0					18,09	12,87	9,04	6,32	4,42	3,32	2,64	2,26	1,70	1,34	1,16	0,79	0,55	0,42	0,32	
28	711,2	711,0					22,59	16,08	11,29	7,89	5,51	4,14	3,29	2,82	2,12	1,68	1,45	0,99	0,69	0,53	0,41	
30	762,0	762,0					27,78	19,78	13,89	9,70	6,78	5,10	4,05	3,47	2,61	2,06	1,78	1,21	0,85	0,65	0,50	
32	812,8	813,0					33,72	24,00	16,86	11,78	8,23	6,18	4,92	4,21	3,17	2,50	2,16	1,47	1,03	0,79	0,60	
34	863,6	864,0						28,79	20,22	14,13	9,87	7,42	5,90	5,06	3,80	3,00	2,59	1,77	1,23	0,94	0,73	
36	914,4	914,0						34,17	24,00	16,77	11,72	8,81	7,00	6,00	4,51	3,56	3,07	2,10	1,47	1,12	0,86	
38	965,2							40,19	28,23	19,72	13,79	10,36	8,23	7,06	5,30	4,19	3,61	2,47	1,72	1,32	1,01	
40	1016,0	1016,0							32,92	23,00	16,08	12,08	9,60	8,23	6,18	4,89	4,21	2,88	2,01	1,54	1,18	
42	1066,8								38,11	26,63	18,61	13,98	11,11	9,53	7,16	5,66	4,88	3,33	2,33	1,78	1,37	
44	1117,6								43,82	30,61	21,40	16,08	12,78	10,96	8,23	6,50	5,61	3,83	2,68	2,04	1,57	
46	1168,4								50,07	34,98	24,45	18,37	14,60	12,52	9,41	7,43	6,41	4,37	3,06	2,34	1,80	
48	1219,2	1220,0							55,88	39,04	27,28	20,87	16,59	14,23	10,69	8,44	7,28	4,97	3,47	2,65	2,04	
50	1270,0								64,30	44,92	31,40	23,59	18,76	16,08	12,08	9,54	8,23	5,62	3,93	3,00	2,31	
52	1320,8								72,33	50,53	35,32	26,54	21,09	18,09	13,59	10,73	9,26	6,32	4,42	3,37	2,60	
56	1422,4	1420,0							90,34	63,11	44,12	33,15	26,35	22,59	16,97	13,40	11,57	7,89	5,51	4,21	3,24	
60	1524,0								111,11	77,63	54,26	40,77	32,41	27,78	20,87	16,49	14,23	9,70	6,78	5,18	3,99	
64	1625,6	1620,0							134,85	94,21	65,86	49,48	39,33	33,72	25,33	20,01	17,26	11,78	8,23	6,29	4,84	
68	1727,2								161,75	113,00	78,99	59,35	47,17	40,44	30,39	24,00	20,71	14,13	9,87	7,55	5,80	
72	1828,8	1820,0							192,00	134,14	93,77	70,45	56,00	48,01	36,07	28,49	24,58	16,77	11,72	8,96	6,89	
76	1930,4								225,81	157,76	110,28	82,86	65,86	56,46	42,42	33,51	28,91	19,72	13,79	10,54	8,10	
80	2032,0	2020,0							263,38	184,00	128,63	96,64	76,81	65,86	49,48	39,08	33,72	23,00	16,08	12,29	9,45	

Tubo flexible

Tubo semirrígido

Tubo rígido

A continuación se adjuntan rigideces para E´= 2,0 MPa

Diámetro Exterior			API: Espesor pared																			
			mm	4	4,5	4,8	5,0	5,6	6,4	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3	11,1	11,9	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,1
			inch	0,157	0,177	0,189	0,197	0,219	0,250	0,281	0,312	0,344	0,375	0,406	0,438	0,469	0,500	0,562	0,625	0,688	0,750	0,790
según API		según ISO	ISO: Espesor pared																			
inch	mm	mm																				
10 3/4	273,1			4,99	3,51	2,89	2,56	1,82	1,28	0,89	0,62	0,47		19	11		13	14	16	18		20
12 3/4	323,9			8,33	5,85	4,82	4,27	3,04	2,13	1,49	1,04	0,78	0,62	0,53								
14	355,6			11,03	7,75	6,38	5,65	4,02	2,82	1,97	1,38	1,04	0,82	0,71	0,53							
16	406,4	406,4		16,46	11,56	9,53	8,43	6,00	4,21	2,94	2,06	1,55	1,23	1,05	0,79							
18	457,2	457,0		23,44	16,46	13,57	12,00	8,54	6,00	4,19	2,93	2,20	1,75	1,50	1,13	0,89						
20	508,0	508,0					16,46	11,72	8,23	5,75	4,02	3,02	2,40	2,06	1,55	1,22	1,05	0,72				
22	558,8	559,0					21,91	15,60	10,95	7,65	5,35	4,02	3,19	2,74	2,06	1,63	1,40	0,96				
24	609,6	610,0					28,45	20,25	14,22	9,94	6,95	5,22	4,15	3,56	2,67	2,11	1,82	1,24	0,87	0,66		
26	660,4	660,0					36,17	25,75	18,08	12,63	8,83	6,63	5,27	4,52	3,40	2,68	2,32	1,58	1,10	0,84	0,65	
28	711,2	711,0					45,18	32,16	22,58	15,78	11,03	8,29	6,59	5,65	4,24	3,35	2,89	1,97	1,38	1,05	0,81	
30	762,0	762,0					55,57	39,55	27,78	19,41	13,57	10,19	8,10	6,95	5,22	4,12	3,56	2,43	1,70	1,30	1,00	
32	812,8	813,0					67,44	48,00	33,71	23,55	16,46	12,37	9,83	8,43	6,33	5,00	4,32	2,94	2,06	1,57	1,21	
34	863,6	864,0						57,58	40,44	28,25	19,75	14,84	11,79	10,11	7,60	6,00	5,18	3,53	2,47	1,89	1,45	
36	914,4	914,0						68,34	48,00	33,53	23,44	17,61	14,00	12,00	9,02	7,12	6,15	4,19	2,93	2,24	1,72	
38	965,2							80,38	56,45	39,44	27,57	20,71	16,46	14,12	10,61	8,38	7,23	4,93	3,45	2,63	2,03	
40	1016,0	1016,0							65,84	46,00	32,16	24,16	19,20	16,46	12,37	9,77	8,43	5,75	4,02	3,07	2,36	
42	1066,8								76,22	53,25	37,23	27,97	22,23	19,06	14,32	11,31	9,76	6,66	4,65	3,56	2,74	
44	1117,6								87,64	61,23	42,80	32,16	25,56	21,91	16,46	13,00	11,22	7,65	5,35	4,09	3,14	
46	1168,4								100,14	69,96	48,91	36,74	29,21	25,04	18,81	14,86	12,82	8,75	6,11	4,67	3,59	
48	1219,2	1220,0							113,78	79,49	55,57	41,75	33,18	28,45	21,38	16,88	14,57	9,94	6,95	5,31	4,08	
50	1270,0								128,60	89,85	62,81	47,19	37,51	32,16	24,16	19,08	16,46	11,23	7,85	6,00	4,61	
52	1320,8								144,66	101,06	70,65	53,08	42,19	36,17	27,18	21,46	18,52	12,63	8,83	6,75	5,19	
56	1422,4	1420,0							180,68	126,23	88,24	66,29	52,69	45,18	33,94	26,81	23,13	15,78	11,03	8,43	6,48	
60	1524,0								222,23	155,25	108,53	81,54	64,81	55,57	41,75	32,97	28,45	19,41	13,57	10,37	7,97	
64	1625,6	1620,0							269,70	188,42	131,71	98,96	78,66	67,44	50,67	40,02	34,53	23,55	16,46	12,58	9,68	
68	1727,2								323,49	226,00	157,99	118,70	94,34	80,89	60,77	48,00	41,42	28,25	19,75	15,09	11,61	
72	1828,8	1820,0							384,01	268,28	187,54	140,90	111,99	96,02	72,14	56,98	49,16	33,53	23,44	17,92	13,78	
76	1930,4								451,63	315,52	220,56	165,71	131,71	112,93	84,84	67,01	57,82	39,44	27,57	21,07	16,21	
80	2032,0	2020,0							526,76	368,01	257,25	193,28	153,62	131,71	98,96	78,16	67,44	46,00	32,16	24,58	18,90	

Tubo flexible

Tubo semirrígido

Tubo rígido

A continuación se adjuntan rigideces para E´= 5,0 MPa

Diámetro Exterior			API: Espesor pared																			
			mm	4	4,5	4,8	5,0	5,6	6,4	7,1	7,9	8,7	9,5	10,3	11,1	11,9	12,7	14,3	15,9	17,5	19,1	20,1
			inch	0,157	0,177	0,189	0,197	0,219	0,250	0,281	0,312	0,344	0,375	0,406	0,438	0,469	0,500	0,562	0,625	0,688	0,750	0,790
según API		según ISO	ISO: Espesor pared																			
inch	mm	mm					5,0	5,6	6,3	7,1	8,0	8,8		10,0	11,0		12,5	14,2	16,0	17,5		20,0
10 3/4	273,1			12,48	8,77	7,22	6,39	4,55	3,20	2,23	1,56	1,17										
12 3/4	323,9			20,83	14,63	12,05	10,66	7,59	5,33	3,72	2,60	1,96	1,55	1,33								
14	355,6			27,57	19,37	15,96	14,12	10,05	7,06	4,93	3,45	2,59	2,06	1,76	1,33							
16	406,4	406,4		41,16	28,91	23,82	21,07	15,00	10,54	7,36	5,15	3,87	3,07	2,63	1,98							
18	457,2	457,0		58,61	41,16	33,92	30,01	21,36	15,00	10,48	7,33	5,50	4,37	3,75	2,82	2,23						
20	508,0	508,0					41,16	29,30	20,58	14,38	10,05	7,55	6,00	5,15	3,87	3,05	2,63	1,80				
22	558,8	559,0					54,78	38,99	27,39	19,13	13,38	10,05	7,99	6,85	5,15	4,06	3,51	2,39				
24	609,6	610,0					71,13	50,63	35,56	24,84	17,36	13,05	10,37	8,89	6,68	5,28	4,55	3,11	2,17	1,66		
26	660,4	660,0					90,43	64,37	45,21	31,58	22,08	16,59	13,18	11,30	8,49	6,71	5,79	3,95	2,76	2,11	1,62	
28	711,2	711,0					112,94	80,39	56,46	39,45	27,57	20,72	16,47	14,12	10,61	8,38	7,23	4,93	3,45	2,63	2,03	
30	762,0	762,0					138,92	98,88	69,45	48,52	33,92	25,48	20,25	17,36	13,05	10,30	8,89	6,06	4,24	3,24	2,49	
32	812,8	813,0					168,59	120,00	84,28	58,88	41,16	30,92	24,58	21,07	15,83	12,51	10,79	7,36	5,15	3,93	3,02	
34	863,6	864,0						143,94	101,09	70,63	49,37	37,09	29,46	25,28	18,99	15,00	12,94	8,83	6,17	4,72	3,63	
36	914,4	914,0						170,86	120,00	83,84	58,61	44,03	35,00	30,01	22,54	17,81	15,36	10,48	7,33	5,60	4,31	
38	965,2							200,95	141,13	98,60	68,93	51,79	41,16	35,29	26,51	20,94	18,07	12,33	8,62	6,58	5,06	
40	1016,0	1016,0							164,61	115,00	80,39	60,40	48,01	41,16	30,92	24,43	21,07	14,38	10,05	7,68	5,91	
42	1066,8								190,56	133,13	93,06	69,92	55,57	47,65	35,80	28,28	24,40	16,64	11,63	8,89	6,84	
44	1117,6								219,10	153,07	107,00	80,39	63,90	54,78	41,16	32,51	28,05	19,13	13,38	10,22	7,86	
46	1168,4								250,35	174,90	122,27	91,86	73,01	62,60	47,03	37,16	32,06	21,86	15,28	11,68	8,98	
48	1219,2	1220,0							284,45	198,72	138,92	104,37	82,96	71,13	53,44	42,21	36,42	24,84	17,36	13,27	10,21	
50	1270,0								321,51	224,61	157,02	117,97	93,77	80,39	60,40	47,71	41,16	28,08	19,63	15,00	11,54	
52	1320,8								361,65	252,66	176,62	132,70	105,47	90,43	67,94	53,66	46,30	31,58	22,08	16,87	12,98	
56	1422,4	1420,0							451,69	315,57	220,60	165,74	131,73	112,94	84,86	67,02	57,83	39,45	27,57	21,07	16,21	
60	1524,0								555,56	388,13	271,32	203,85	162,03	138,92	104,37	82,44	71,13	48,52	33,92	25,92	19,94	
64	1625,6	1620,0							674,25	471,05	329,26	247,40	196,64	168,59	126,67	100,05	86,32	58,88	41,16	31,46	24,20	
68	1727,2								808,74	565,01	394,96	296,74	235,86	202,22	151,93	120,00	103,54	70,63	49,37	37,73	29,02	
72	1828,8	1820,0							960,01	670,69	468,84	352,25	279,96	240,05	180,35	142,45	122,90	83,84	58,61	44,79	34,45	
76	1930,4								1129,07	788,60	551,41	414,28	329,28	282,32	212,11	167,53	144,55	98,60	68,93	52,68	40,52	
80	2032,0	2020,0							1316,89	920,02	643,13	483,20	384,06	329,28	247,40	195,40	168,59	115,00	80,39	61,44	47,26	

Tubo flexible

Tubo semirrígido

Tubo rígido

Como conclusión a estos cálculos, debe indicarse que no existe una clasificación absoluta en cuanto a la rigidez se refiere y menos en tres únicas categorías. Ello puede justificarse diciendo que la rigidez de la tubería no depende únicamente de la geometría, sino también de las condiciones de carga, instalación, etc. Sin embargo, de acuerdo con las normas, puede decirse que, en general, los tubos de acero se comportan siempre de manera flexible.

Finalmente se expone el criterio establecido por la AWWA.

a) Rigidez anular (R_A)

En el caso de los materiales sensibles a los fenómenos de fatiga conviene distinguir entre la rigidez anular instantánea (R_{Ai}) y la debida al envejecimiento o rigidez anular diferida (R_{Av}), cuya relación indica el coeficiente de envejecimiento del material:

$$\frac{R_{Ai}}{R_{Av}} = C_V$$

Cuando el coeficiente de envejecimiento es mayor que uno, esto indica que la rigidez anular instantánea (R_{Ai}) es mayor que la rigidez anular diferida (R_{Av}), debido a que el módulo de elasticidad instantáneo (E_i) es mayor al módulo de elasticidad diferido (E_v).

En tubos de sección circular, la rigidez anular (R_A) está dada por la siguiente expresión:

$$R_A = 1000.\frac{E_t.I}{D_m^3}$$

donde: R_A = Rigidez anular (kN/m²)

E_t = Modulo de elasticidad del tubo (MPa)

D_m = Diámetro medio del tubo (mm)

I = Momento de inercia a flexión de un tubo de pared homogénea por unidad de longitud que se calcula de acuerdo a la siguiente expresión (mm³ m):

$$I = \frac{e^3}{12.(1-\vartheta_t^2)}$$

y donde: e = Espesor de cálculo (mm)

θ_t = Coeficiente de Poisson del tubo

b) Criterio de rigidez (R)

El criterio de rigidez (R), permite conocer el tipo de comportamiento de la conducción con respecto al terreno. Este comportamiento puede ser rígido o flexible, en función de que la rigidez sea mayor o menor que cero, es decir:

- Si R > 0 Conducción rígida
- Si R < 0 Conducción flexible

La expresión que determina la rigidez es la siguiente:

$$R = 8.(1-\vartheta_s^2)\frac{R_A}{E_s} - 0{,}1$$

donde: R = Rigidez

θ_s= Coeficiente de Poisson del terreno (= 0,3)

R_A = Rigidez anular (kN/m^2)

E_s = Modulo de elasticidad del terreno (kN/m^2)

Este criterio se obtiene mediante la comparación, para la misma presión vertical, del desplazamiento vertical del tubo debido a la ovalización y al asentamiento del relleno. Pudiendo expresarse también como:

$$R = \frac{1}{S} - 0{,}1$$

Siendo, S, el índice de rigidez, cuya expresión es la siguiente:

$$S = \frac{1}{1-\vartheta_s^2}.\frac{E_s}{8.R_A}$$

donde el significado de las distintas variables ya ha sido señalado anteriormente.

2.1.5. Materiales

Se adoptan las siguientes características de materiales

Material	Acero tipo variable de S275 JR
Diámetro nominal	DN = 1.500 a 2.500 mm
Espesor de cálculo	e = variable según cálculo
Módulo de elasticidad	E_t = 210.000 MPa
Límite elástico mínimo	Re_{min} = variable
Peso específico del acero	γ_t = 78,5 kN/m^3
Coeficiente de Poisson	θ_t = 0,30
Coeficiente de envejecimiento	1,0

2.1.6. Acciones a considerar

Los criterios de cálculo adoptado corresponde con la metodología especificada en la Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión del CEDEX

Las acciones que deben tenerse en cuenta en función del tipo de instalación y del método de cálculo son las siguientes:

- Peso propio: peso de la tubería en vacío.
- Cargas permanentes o cargas muertas: peso de los elementos constructivos o instalaciones fijas para soportar la tubería.
- Acciones del terreno: son aquéllas producidas por el empuje activo o pasivo del terreno, que dependen de las condiciones de instalación de la tubería, la rigidez de la misma, el tipo de apoyo, el relleno, la naturaleza del terreno, etc.
- Acciones de tráfico: son aquéllas producidas por la acción de los vehículos que pueden transitar sobre la instalación de la tubería.
- Acciones debidas al nivel freático: son aquéllas producidas por el empuje hidrostático generado por el agua subterránea.
- Acciones reológicas: son aquéllas producidas por las deformaciones que experimentan los materiales durante el tiempo de retracción, la fluencia bajo las cargas u otras causas.
- Acciones sísmicas: son aquéllas producidas por las aceleraciones de los sismos.

2.1.6.1. Presión máxima de trabajo

La presión máxima de trabajo (P_t) es la presión máxima que puede alcanzarse en una sección de la tubería en funcionamiento, considerando las fluctuaciones producidas por el golpe de ariete.

La presión de trabajo oscilará en los diversos tramos con valores comprendidos entre 6 y 25 atm conforme el cálculo de presiones estáticas, por lo que el análisis contemplará dicha tramificación.

A efectos de diseño se ha asignado un timbraje tipo obtenido del cálculo de la presión estática y efectos del golpe de ariete. Por lo tanto, la asignación de la presión máxima de trabajo se realiza conforme los siguientes escalones:

- Presiones estáticas + golpe de ariete < 6 atm ➔ PN6
- 6 ≤ Presiones estáticas + golpe de ariete < 10 atm ➔ PN10
- 10 ≤ Presiones estáticas + golpe de ariete < 12,5 atm ➔ PN12,5
- 12,5 ≤ Presiones estáticas + golpe de ariete < 16 atm ➔ PN16
- 16 ≤ Presiones estáticas + golpe de ariete < 20 atm ➔ PN20

- 20 ≤ Presiones estáticas + golpe de ariete < 25 atm ➔ PN25

2.1.6.2. Condiciones de la instalación. Datos de la zanja

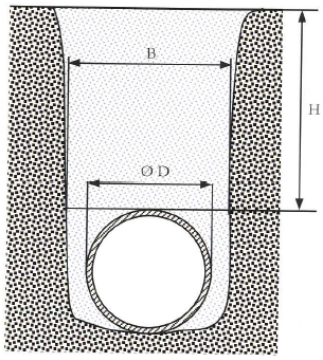
2.1.6.3. Geometría de la zanja y relleno

La instalación de tuberías enterradas puede realizarse en distintos tipos de zanjas, que a continuación se describen. Dichas zanjas pueden tener la siguiente configuración geométrica: estrecha, ancha o bajo terraplén y una combinación de estrecha y bajo terraplén.

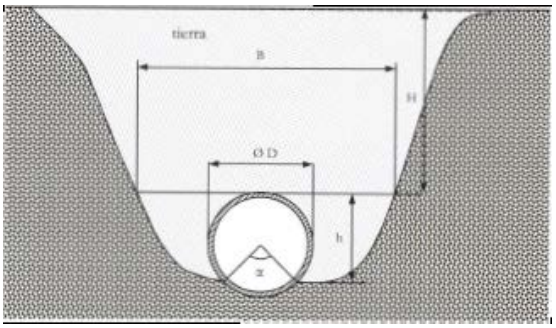
Una zanja se considera estrecha cuando la relación entre la anchura de la zanja (B) a la altura de la generatriz del tubo de diámetro exterior (D) y la altura del relleno por encima de dicha generatriz (H) cumple alguna de las siguientes condiciones:

$$B \leq 2D \quad \text{y} \quad H \geq 1{,}5B$$

$$2D < B < 3D \quad \text{y} \quad H \geq 3{,}5B$$



Una zanja se considera ancha cuando no se cumple ninguna de las condiciones anteriores.



Se adopta una sección tipo-1 agrícola de tipo trapezoidal con los siguientes parámetros, que representa el 90% de la sección tipo de zanja.

- La zanja será trapezoidal con ancho de base igual a 2B+DN_{ext}, donde B es la distancia desde la tubería al talud en la base de apoyo. Se adopta un valor de B = 0,5 m en diámetro menor a 900 mm y B = 0,6 en diámetro mayor, cumpliendo los requerimientos de seguridad mínimos para la puesta en obra del relleno.
- El recubrimiento mínimo sobre la tubería será de 1,50 m de tierras, por lo que se adopta dicho valor como valor de comparación.

- Los taludes a adoptar serán los especificados por el estudio geotécnico; a priori se adopta un talud 1H/3V.
- La profundidad de la cama de apoyo dependerá del diámetro de la tubería en la relación: Ancho mínimo (mm) = 5 + Di (m)/100, adoptando como mínimo 15 cm y apoyo de 120º.
- Los rellenos de riñonera en tuberías se realizarán mediante suelo seleccionado procedente de excavación o préstamo con tamaño máximo 3 cm con cobertura mínima sobre clave de 0,3 m y con compactación del 95% del Próctor Normal.
- Los rellenos de cobertura se ejecutan con suelo adecuado procedente de la excavación con tamaño máximo de 150 mm compactado al 95% del proctor normal.

Diámetro (mm)	Tipo tub.	Altura(m)=Cota generatriz inferior+cama	S= separación tubo-talud	B=Ancho interior (m)	Ancho(m)	Profundidad mínima s/ clave (m)	Profundidad mínima cota roja (m)	Cama apoyo (cm)= Max(15;(5+DN/100))	áng. Apoyo	B=Recubrimiento cobertura mínimo (m)	H= altura hasta 30 cm s/ coronación	Cama de apoyo	Relleno riñoneras	Relleno cobertura	Talud aV/1H	H=altura sobre clave mínima	B= ancho de la zanja en el tubo	relación : B<2D	Relación: H>1,5B	Relación 2D<B<3D	Relación H>3,5B
800	Acero	2,61	0,5	1,8	1,8	1,5	2,3	15,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	2,1	no	no	si	no
850	Acero	2,67	0,5	1,9	1,9	1,5	2,4	15,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	2,1	no	no	si	no
900	Acero	2,73	0,5	1,9	1,9	1,5	2,4	15,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	2,2	no	no	si	no
1000	Acero	2,85	0,6	2,2	2,2	1,5	2,5	15,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	2,5	no	no	si	no
1100	Acero	2,97	0,6	2,3	2,3	1,5	2,6	15,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	2,7	no	no	si	no
1200	Acero	3,09	0,6	2,4	2,4	1,5	2,7	15,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	2,8	no	no	si	no
1300	Acero	3,26	0,6	2,5	2,5	1,5	2,8	20,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	2,9	no	no	si	no
1400	Acero	3,38	0,6	2,6	2,6	1,5	2,9	20,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	3,1	no	no	si	no
1500	Acero	3,50	0,6	2,7	2,7	1,5	3,0	20,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	3,2	no	no	si	no
1600	Acero	3,62	0,6	2,8	2,8	1,5	3,1	20,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	3,3	no	no	si	no
1700	Acero	3,74	0,6	2,9	2,9	1,5	3,2	20,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	3,5	no	no	si	no
1800	Acero	3,91	0,6	3,0	3,0	1,5	3,3	25,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	3,6	no	no	no	no
1900	Acero	4,03	0,6	3,1	3,1	1,5	3,4	25,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	3,7	si	no	no	no
2000	Acero	4,15	0,6	3,2	3,2	1,5	3,5	25,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	3,9	si	no	no	no
2200	Acero	4,39	0,6	3,4	3,4	1,5	3,7	25,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	4,1	si	no	no	no
2500	Acero	4,80	0,6	3,7	3,7	1,5	4,0	30,0	120	0,3	1,0	a	b	e	3,0	1,5	4,5	si	no	no	no

Por lo tanto todas las zanjas propuestas se consideran zanjas anchas.

2.1.6.4. Naturaleza del suelo

El modelo de cálculo utilizado tiene en cuenta cinco grupos de suelo.

- SC1.Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos.
- SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares).
- SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares).
- SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL).
- SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).

2.1.6.5. Tipos de compactación en zanja

Se definen cuatro niveles de compactación en la zona de recubrimiento:

- Nula. No se compacta.
- Ligera. No realiza uso de medios de compactado apropiado, o no realiza ningún control o verificación.
- Moderada. Se controlan los medios de compactado en obra. En este caso, el instalador somete a la opinión del Contratista el modo de ejecución y el justificante de las disposiciones previstas para el compactado, verificándose que los resultados obtenidos son 85-90% del Proctor y 40-70% de Densidad relativa.
- Alta. Como el anterior, y además con la verificación de que los resultados obtenidos son > 95% Proctor y > 70% de Densidad relativa.

2.1.6.6. Módulos de reacción del terreno

El módulo de reacción del terreno E_s (MPa) se define en función del tipo de compactación y de la naturaleza del suelo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Como criterio de cálculo se considera que el terreno será del tipo SC4 y que se alcanzará una compactación entre moderada y alta, por lo que se aplica un coeficiente módulo de reacción del terreno de 5 MPa. En el caso de utilizar terrenos cuaternarios de tipo SC2, estaremos del lado de la seguridad en el cálculo mecánico.

Adicionalmente, en el caso de que existan problemas con la capa freática o sea necesario considerar la influencia de las condiciones de retirada de entibaciones, se aplicarán unos coeficientes de corrección al módulo de reacción del terreno obtenido.

2.1.6.7. Influencia de la capa freática

En el caso de que la zona de instalación (recubrimiento, relleno y suelo natural) esté sometida a la influencia de la capa freática, los valores de los módulos de reacción del terreno descritos en la tabla anterior deben minorarse, aplicando la siguiente expresión:

$$E_s = C_E . E_s$$

donde: C_E = Coeficiente de minoración, cuyo valor es función del grupo de suelo de acuerdo con la siguiente tabla.

Tipo terreno	C_E
SC1	1,00
SC2	0,75
SC3 y SC4	0,50

En el caso de que el nivel de la capa freática se conozca de forma precisa, se podrá tener en cuenta para calibrar las tierras situadas bajo dicha capa tomándose para el cálculo como peso específico γ_w = 10 kN/m^3.

Se admitirá que la influencia de la capa freática es despreciable en una primera aproximación sobre los parámetros de presión horizontal y de cizalladura, k_2 y k_1 respectivamente.

- ⇨ Para el caso que nos compete, y adoptando una altura media mínima de recubrimiento sobre clave de 1,5 m, se puede estimar que no existirá influencia del nivel freático. Por lo tanto se asume que el nivel freático se encuentra por debajo de 1,5 m del terreno natural.
- ⇨ En los casos en los que el recubrimiento es mayor de 1,5 m y, por tanto, hay influencia del nivel freático, en el cálculo mecánico se ha considerado que el dicho nivel freático se encuentra a 1,5 m, lo que deja el cálculo del lado de la seguridad.

2.1.6.8. Influencia de las condiciones de retirada de la entibación en función de la anchura de zanja

En caso de existir entibación, los valores del módulo del terreno (E_s) y del coeficiente de presión horizontal (k_2) se modificarán en función de la forma de retirada de la entibación y del espesor de ésta frente al espacio disponible entre la conducción y la entibación.

Los tipos de retirada de entibación considerados, son los siguientes:

- Tipo 1. Encofrado retirado por capas de relleno antes de su compactado.
- Tipo 2. Encofrado retirado por capas de relleno tras su compactado.
- Tipo 3. Encofrado o tablestacado retirado tras el relleno completo de la zanja.

El espesor de la entibación frente al espacio disponible en la zanja, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$B = D_e+2b+0.8 \text{ para } D_e < 600 \text{ mm}$$

$$B = D_e+2b+1.0 \text{ para } D_e > 600 \text{ mm}$$

donde:

B = Ancho de zanja (m)

D_e = Diámetro exterior del tubo (m)

b = Espesor útil de la entibación (en su defecto se tomará b = 0,10 m)

Por tanto, una vez identificado el tipo de retirada de la entibación y el ancho de zanja disponible, se puede determinar el coeficiente de minoración de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo retirada	$(B-D_e)/b < 6$	$6< (B-D_e)/b < 26$	$(B-D_e)/b > 26$
T1	1,00	1,00	1,00
T2	0,60	2(B-De)/100b +0,48	1,00
T3	0,20	4(B-De)/100b –0,04	1,00

2.1.6.9. Coeficiente de cizalladura

El coeficiente de cizalladura (k_1) en un punto dado en el terreno, es igual al cociente entre la tensión de cizalladura sobre el plano vertical y la tensión normal sobre el plano horizontal del punto considerado.

El coeficiente de cizalladura se tomará igual a 0,15 cualquiera que sea el tipo de suelo. En el caso de existencia de entibaciones y dependiendo de la retirada de las mismas, este coeficiente disminuirá, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Si el encofrado es retirado por capas de relleno antes de su compactado, (C_{k1} = 1,00)
- Si el encofrado es retirado por capas de relleno tras su compactado, (C_{k1} = 0,60).
- Si el encofrado o tablestacado son retirados tras el relleno completo de la zanja, (C_{k1} = 0,20).

En el caso de zanjas y cuando el suelo natural presente características geotécnicas inferiores a las del relleno, los valores del coeficiente de cizalladura deberán disminuirse.

2.1.6.10. Coeficiente de presión horizontal del terreno

El coeficiente de presión horizontal del terreno (k_2) se define en función del tipo de compactación y de la naturaleza del suelo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	0,15	0,50	0,50	0,50
SC2	0,00	0,15	0,35	0,50
SC3	0,00	0,00	0,15	0,35
SC4	0,00	0,00	0,00	0,15

2.1.6.11. Cargas verticales del relleno (q_r)

La presión vertical del relleno (q_r) está repartida uniformemente sobre el diámetro exterior de la conducción.

La presión vertical del relleno, es la presión debida al prisma de tierras situado por encima de la generatriz superior del tubo hasta el terreno natural corregida con un coeficiente de concentración C.

$$q_r = C.\gamma_t.h_r \text{ D}$$

donde:

C = Coeficiente de concentración

γ_t = Peso específico del terreno (kN/m³)

h_r = Altura de cobertura (m)

D = Diámetro (m)

Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso:

- En condiciones de zanja, si la conducción tiene un comportamiento rígido, el coeficiente de concentración está en función del ancho de zanja a nivel de la generatriz superior del tubo, del diámetro exterior del tubo y del coeficiente de cizalladura k_1.

$$C_z = \frac{1 - e^{-2k\mu'.\frac{h_r}{b}}}{2k\mu'.\frac{h_r}{b}}$$

Siendo: k = Coeficiente de Rankine (la relación entre el empuje lateral y vertical).

μ' = tg Φ' = Coeficiente de rozamiento entre el material del relleno y las paredes laterales de la zanja, cuyo valor es función del grupo de suelo de acuerdo con la siguiente tabla.

Tipo	$\kappa\ \mu'$
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

- En condiciones de instalación en terraplén y teniendo en cuenta el comportamiento rígido de la tubería, el coeficiente de concentración estará en función del módulo de reacción del relleno, ángulo de apoyo y de la rigidez anular específica del tubo.

Si $h_r \leq h_0$ $\quad C_t = \dfrac{e^{2k\mu.\frac{h_r}{b}} - 1}{2k\mu.\dfrac{h_r}{D_e}}$ y Si $h_r > h_0$ $\quad C_t = \dfrac{e^{2k\mu.\frac{h_r}{b}} - 1}{2k\mu.\dfrac{h_r}{D_e}} + (1 - \dfrac{h_0}{h_r}).e^{2k\mu.\frac{h_0}{D_e}}$

El valor de h_0 se deduce de la fórmula: $\quad e^{2k\mu.\frac{h_0}{D_e}} = 2k\mu.\dfrac{h_0}{D_e} + \delta\eta.2k\mu + 1$ con $\eta = \dfrac{h_r'}{D_e}$

donde,

η = razón de proyección

δ = Razón de asentamiento, cuyos valores recomendados por la ASCE, en función del tipo de suelo son:

Tipo	δ
Roca o suelo no asentable	1,0
Suelo ordinario	0,5
Suelo asentable	0,3

2.1.6.12. Sobrecargas

A) Cargas concentradas (q_p)

De acuerdo con la hipótesis asumida por el Instituto "Eduardo Torroja", se considera que las cargas concentradas se transmiten uniformemente en profundidad, en el interior de un tronco de pirámide, de igual pendiente, de aristas redondeadas y cuyas caras laterales forman un ángulo de 35º con la vertical.

El valor de la carga (kN/m^2) que actúa sobre el plano tangente a la generatriz superior de la tubería (que depende del tipo de instalación: zanja o terraplén), si bien, en la práctica se considera admisible utilizar las expresiones correspondientes al caso de terraplén.

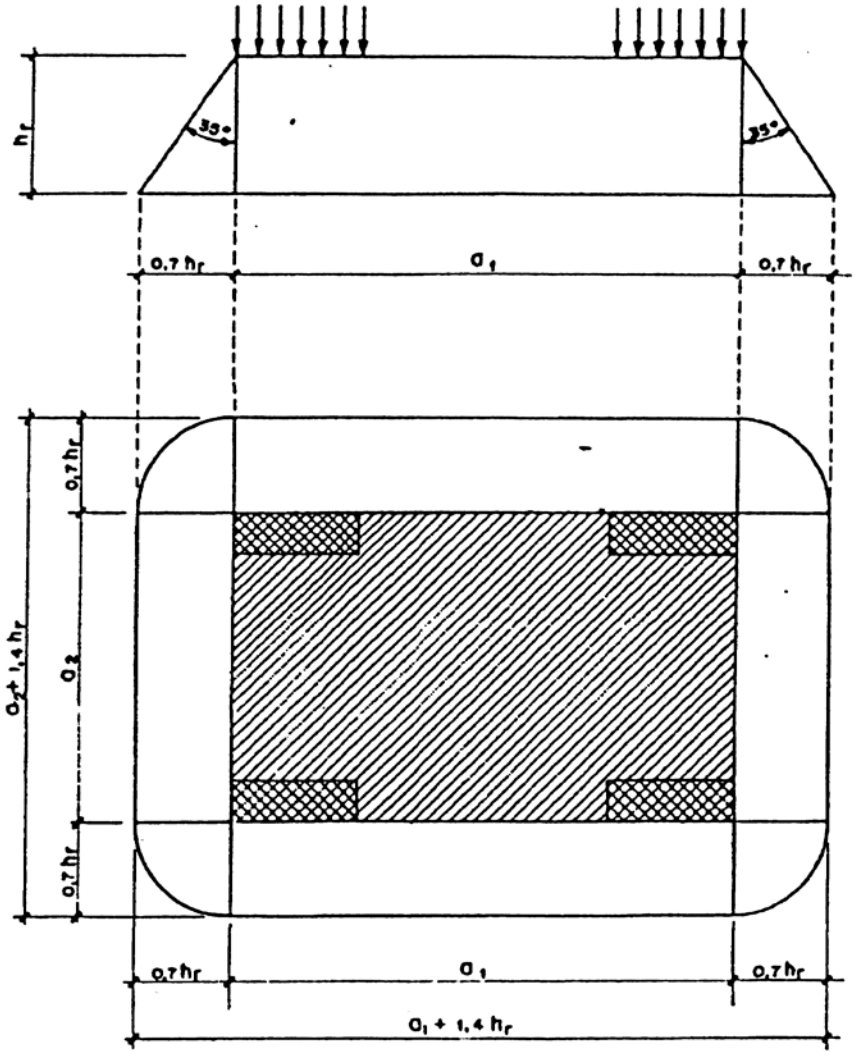
$$q_p = \frac{Q}{A_r}$$

donde: q_p = Carga estática (kN/m²)

Q = Carga concentrada (kN)

A_r = Area de reparto (m²), a una profundidad h_r de la carga Q aplicada en superficie en un rectángulo $a_1.a_2$

$$A_r = 1{,}54h_r^2 + 1{,}40h_r(a_1 + a_2) + a_1.a_2$$



. Esquema de la distribución de cargas

Cuando actúan varias cargas concentradas, próximas entre sí, cuyas superficies de reparto a la profundidad h_r se interfieren, se pueden considerar como una carga única cuya superficie de aplicación es la envolvente de las superficies de reparto de las distintas cargas.

Cuando la carga esta sometida a efectos dinámicos, los valores obtenidos para q_s, han de mayorarse por un coeficiente de impacto igual a:

$$C_i = 1 + \frac{0{,}30}{h_r}$$ para tráfico carretero y $$C_i = 1 + \frac{0{,}33.v}{100}$$ para tráfico ferroviario.

donde:

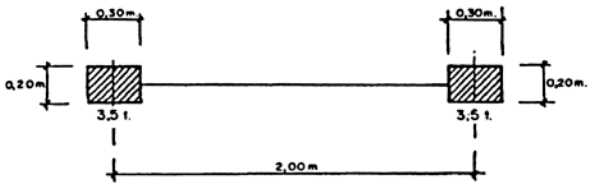
h_r = Altura del relleno de las tierras (m)

v = Velocidad de circulación (km/h)

B) Cargas producidas por el tráfico carretero (q_{tc})

A continuación se presentan los valores de la presión vertical a la profundidad h_r, obtenidos considerando el caso de terraplén y sin tener en cuenta el coeficiente de impacto para las cargas de 70 kN, 130 kN y 600 kN.

Eje de 70 kN

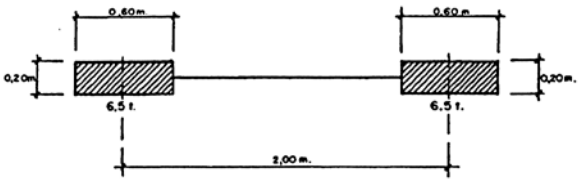


Esquema del tren de cargas de 70 kN

Para $h_r \leq 1{,}21$ m $$q_{tc} = \frac{35}{1{,}54h_r^2 + 0{,}70h_r + 0{,}06}$$ kN/m²

Para $h_r > 1{,}21$ m $$q_{tc} = \frac{70}{1{,}54h_r^2 + 3{,}50h_r + 0{,}46}$$ kN/m²

Eje de 130 kN

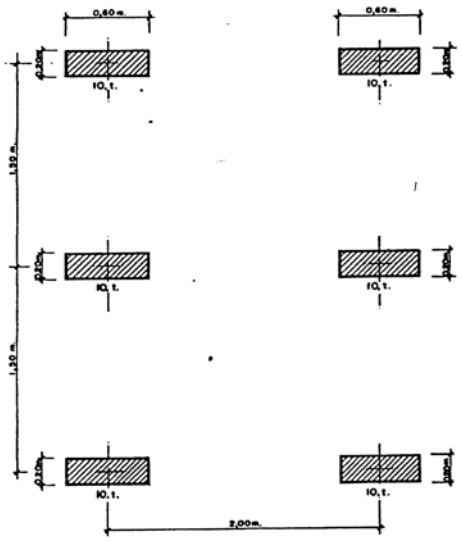


Esquema del tren de cargas de 130 kN

Para $h_r \leq 1{,}00$ m $$q_{tc} = \frac{65}{1{,}54h_r^2 + 1{,}12h_r + 0{,}12}$$ kN/m²

Para $h_r > 1{,}00$ m $$q_{tc} = \frac{130}{1{,}54h_r^2 + 3{,}92h_r + 0{,}52}$$ kN/m²

Eje de 600 kN



Esquema del tren de cargas de 600 kN

Para $h_r \leq 0{,}93$ m $$q_{tc} = \frac{100}{1{,}54h_r^2 + 1{,}12h_r + 0{,}12} \text{ kN/m}^2$$

Para $0{,}93 < h_r \leq 1{,}00$ m $$q_{tc} = \frac{300}{1{,}54h_r^2 + 5{,}32h_r + 1{,}92} \text{ kN/m}^2$$

Para $h_r > 1{,}00$ m $$q_{tc} = \frac{600}{1{,}54h_r^2 + 8{,}12h_r + 8{,}32} \text{ kN/m}^2$$

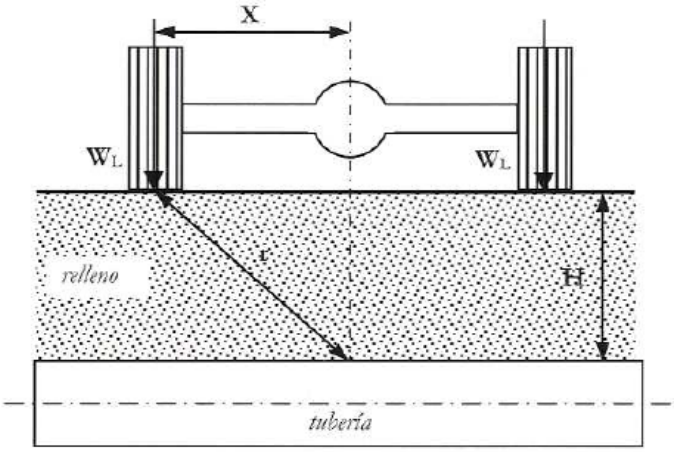
Por otro lado la ecuación de Boussinesq se expresa de la siguiente forma:

$$W_t = \frac{3I_L W_L H^3}{2\pi r^5}$$

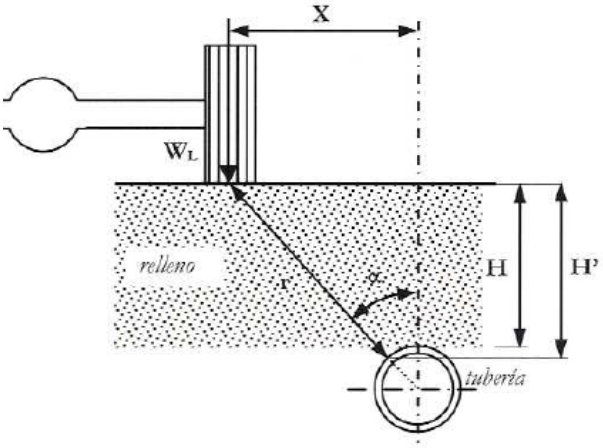
- I_L es un factor de impacto. Su valor es la unidad si no se consideran impactos en la aplicación de la carga. En caso contrario, se tomarán valores superiores a la unidad para considerar dichos efectos.
- W_L es la carga puntual de las ruedas, en N.
- r es la distancia desde el punto de aplicación de la carga al tubo tal que: r = (X 2 + H 2)^0,5 donde (X) es la distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y la sección del tubo.

A continuación se describen las dos configuraciones de carga posibles: carga a lo largo de la generatriz del tubo (caso I) y carga a una distancia (X) de la generatriz del tubo (caso II), indicándose el valor de los parámetros de la fórmula anterior.

Caso I: carga a lo largo del tubo



Caso II: carga a una distancia del tubo



En este caso la formulación será:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{X}{H + D/2}\right)$$

$$H' = H + \frac{D}{2}(1 - \cos\alpha)$$

$$r = \sqrt{X^2 + (H + D/2)^2} - D/2$$

➔Para el presente estudio se considerará: Carro de 39 t en camión de tres ejes con separación de eje de ruedas de 2,0 m

2.1.6.13. Presiones

Presión vertical

La presión vertical total (q_v) será:

$$q_v = q_r + q_s$$

Donde la presión vertical de las sobrecargas (q_s) será el valor correspondiente a:

$$q_s = q_p + q_{tc} \qquad \text{ó} \qquad q_s = q_p + q_{tf}$$

Presión horizontal

Será la ejercida por el relleno y las cargas de explotación (puntuales, rodantes y eventuales) y evaluada a nivel del eje del tubo al aplicar un coeficiente de presión horizontal k_2 que depende de la categoría del relleno y de las condiciones de colocación (compactado).

$$q_h = k_2 . q_v$$

donde el significado de las distintas variables ya ha sido señalado anteriormente.

Presión hidrostática exterior

La presión hidrostática exterior (q_a) es la debida a la presencia de la capa freática. Se admite que la influencia de la capa freática es despreciable en una primera aproximación respecto a los coeficientes de cizalladura y de presión horizontal.

En caso de que la conducción esté instalada bajo nivel freático, ésta estará sometida a una presión hidrostática exterior que se considerará como uniforme e igual a la ejercida a nivel del eje de la conducción, cuyo valor será:

$$q_a = \gamma_{a.} h_a$$

donde:

h_a = Altura de la capa freática por encima de la generatriz del tubo (m).

γ_a= Peso específico del terreno sumergido (10 kN/m^3)

Presión exterior total

Según el efecto de las acciones combinadas, la conducción se encuentra sometida a una presión exterior total (q_e), que está relacionada con las anteriores variables, mediante la siguiente expresión:

$$q_e = q_a + f . q_r + q_s + \text{Pv} \qquad \text{donde } f = 1 - 0{,}33 . \frac{h_a}{h} \text{ (Factor de flotación)}$$

Esta presión exterior total (q_e) tiene el efecto de ampliar las solicitaciones (deformación y alargamiento). Este fenómeno es más pronunciado cuando la conducción esté cercana a las condiciones críticas de inestabilidad por colapso, caracterizada por la presión crítica de colapso (P_{cr}).

$$P_{crit} = \sqrt{32 f_f B' E' \frac{EI}{(D-e)^3}}$$

donde

- E es el módulo de elasticidad del material de la tuberia, en N/m^2.
- $I = e^3/12$ es el momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia, en m^3.
- E' es el módulo de reacción del terreno, en N/m^2. Los valores habituales son:
  - Buena compactación = 5 N/m^2
  - Compactación media = 2 N/m^2
  - Mala compactación = 1 N/m^2
- B' es un coeficiente determinado empíricamente, tal que:

$$B' = 0{,}015 + 0{,}041 \frac{H}{D-e} \qquad \text{si } \frac{H}{D_n} < 5$$

$$B' = 0{,}150 + 0{,}014 \frac{H}{D-e} \qquad \text{si } \frac{H}{D_n} > 5$$

- Pv. es la depresión interna debida a posibles golpes de ariete, succiones u otros, en pascales.

2.1.7. Cálculo de acciones

Conforme se establece en la Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión se realizan las copmprobaciones siguientes:

Con el espesor adoptado en el Proyecto se ha utilizado la hipótesis I (presión interna: estado tensional MDP ≤ 2e/OD * σ_{adm}) para verificar que aquel resulta suficiente. Se ha utilizado para ello la envolvente de máximas presiones resultantes del cálculo hidráulico.

En segundo lugar, para cada nivel de compactación de la zanja, se determina la altura admisible de tierras por encima de la clave de la tubería (hipótesis II: Deformaciones por acciones externas).

Por otra parte la tubería no presentará depresión en ningún tramo si se disponen ventosas adecuadamente repartidas, por lo que no se contempla la misma en la hipótesis III (Pandeo o colapso). No obstante, se ha incluido el cálculo bajo esta hipótesis con objeto de analizar todas las situaciones posibles.

En este tipo de tuberías el valor de las cargas del terreno depende de la deformación de la tubería, por lo que se tiene un binomio hiperestático tubería-terreno ya que la tubería al ovalizarse tiende a adoptar la forma del antifunicular de cargas, con mayor ovalización cuanto más flexible es la tubería.

En ellas presenta una gran importancia el fenómeno del abollamiento, que constituye su forma usual de rotura. Se ha comprobado que la rotura por abollamiento se produce con grandes deformaciones por ovalización ($\Delta D_e / D_e \geq$ 20-30%), por lo que se utiliza el concepto de seguridad a la deformación en lugar de respecto a la tensión.

Se fija un límite máximo para dicha deformación del diámetro vertical, variable según cada tipo de tubería ($\Delta D_e / D_e \geq$ 3-5%), muy inferior a la que produce la rotura por abollamiento. $\Delta D_e/D_e$ se calcula por la fórmula modificada de Spangler: $(\Delta D_e)_h/D_e = 0{,}1\ q/(8R_a + 0{,}61\ E_s)$.

Siendo q = carga total vertical = q_r (carga del relleno) + q_o (sobrecarga + impacto); R_a = Rigidez de la tubería; E_s = Rigidez del suelo (módulo secante).

2.1.7.1. Presión interior (Hipótesis I)

En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, debe comprobarse que dicha presión (para un determinado valor de DN y espesor e del tubo) produce un estado tensional inferior al admisible, supuesto el coeficiente de seguridad que se indica a continuación. Dicha comprobación puede hacerse mediante la siguiente expresión (manual AWWA M11):

$$\text{MDP} \leq \frac{2e}{OD}\,\sigma_{adm}$$

MPD Presión máxima de diseño, en N/mm^2

e Espesor del acero de la pared del tubo, en mm

OD Diámetro exterior del tubo, en mm

σ_{adm} Tensión a tracción admisible del acero en N/mm^2. En general se adoptará como tensión a tracción admisible del acero el 50% de su límite elástico mínimo (1/2 $L_{e,min}$,), si bien otro posible criterio sería adoptar como valor de dicha tensión a tracción admisible el menor de los siguientes: 1/3 de la resistencia mínima a la tracción (1/3 R_m) ó 2/3 del límite elástico mínimo (2/3 $L_{e,min}$).

Valores adoptados:

- Se realiza el cálculo con una presión interna máxima MPD comprendida con valores entre 0,6 y 2,5 N/mm^2.
- Se considera una depresión de diseño de 0,01 N/mm^{2,} aunque dicho valor podría considerarse nulo.

2.1.7.2. Flexión transversal- deformaciones por acciones externas (Hipótesis II)

La flexión transversal se comprueba, verificando que cuando actúan únicamente las cargas exteriores al tubo, las deformaciones máximas debidas a la flexión transversal, calculadas mediante la fórmula de Spangler, no superan las admisibles, que en función del tipo de revestimiento se adjuntan en el siguiente Cuadro:

Clase de revestimiento		Ov
Exterior	Interior	(max %)
Flexible	Flexible	5
Flexible	M. cemento	3 – 4
M. cemento	M. cemento	2

La fórmula de Spangler es:

$$O_v = \frac{\Delta D_e}{D_e} = q_v.d_1.\frac{k'_\alpha}{8.R_A + (0{,}061.E_s)}$$

donde:

O_v = Ovalización vertical calculada

q_v = Presión vertical total (kN/m²)

d_1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar 1 utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.

E_s = Modulo de elasticidad del terreno (kN/m²)

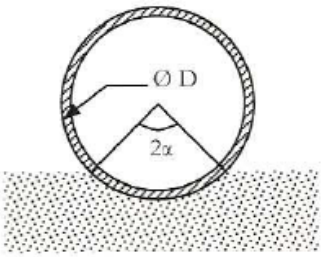
R_A = Rigidez anular (kN/m²)

k'_a = Coeficiente de deformación, función del ángulo de apoyo, y cuya expresión es:

$$k'_\alpha = \frac{1}{24} + \frac{\pi}{8} - \frac{\alpha}{4} + \frac{sen\alpha}{4} - \frac{3.\cos\alpha}{4\pi} - \frac{\alpha(1+2sen^2\alpha)}{4\pi.sen\alpha} + \frac{2-3\cos\alpha+\cos^3\alpha}{12.sen\alpha}$$

A continuación se adjuntan los valores habituales

Coeficiente de apoyo 2α	Coeficiente de factor de apoyo K_a
20º	0,110
45º	0,105
60º	0,102
120º	0,090
180º	0,083



Valores adoptados en la zanja:

- Coeficiente de deformación diferida =1,2 (se asume que existirán asientos en los rellenos. Dicha hipótesis deja el cálculo del lado de la seguridad)
- Ángulo de apoyo =120º ➔ Ka = 0,090

- Tipo de compactación = media (Nota: Aunque la compactación exigida es del 95% del PN, a efectos de cálculo se calcula una compactación media con objeto de dotar de seguridad al cálculo mecánico. Posteriormente se comprueba la influencia del criterio de compactación a efectos de optimización)
- Altura de tierras sobre clave de tubería: Se adopta un valor medio de 1,5 m y se comprueba para el escenario pésimo de 1,0 m a una altura máxima de 5 m de altura de tierras.
- Se considera un nivel freático = 0, para el caso de altura media de tierras de 1,5 m sobre clave.

Valores adoptados para la carga de tráfico:

- Coeficiente de impacto = 1,2 (Nota: Se considera terreno no uniforme)
- Caso I: carga a lo largo del tubo
    - Tren de carga agrícola: 13 t ➔6,5 t/rueda (nota: se comprueba adicionalmente para 60 t, que implica una carga de 10 t/rueda)
- Caso II: carga a una distancia del tubo
    - Distancia a tubo: X=0

2.1.7.3. Hipótesis-III: Acciones externas y presión interna negativa. Pandeo transversal

El pandeo transversal para tubos enterrados se comprueba verificando que la relación entre la presión critica de pandeo y la depresión interna es mayor que un coeficiente de seguridad admisible.

$$\frac{P_{cr}}{q_e} \geq C_s$$

donde:

C_s = Coeficiente de seguridad, variable en función de la relación (h/D_n).

$C_s = 2{,}5$ si $h/D_n \geq 2$

$C_s = 3{,}0$ si $h/D_n < 2$

P_{cr} = Carga critica de pandeo

q_e = Cargas exteriores totales (kN/m^2)

-

2.1.8. Deformación por transporte-almacenamiento

En ocasiones resulta útil conocer la variación de las dimensiones del diámetro del tubo debido a la deformación producida por su propio peso cuando se deposita sobre el suelo. Para que el tubo no sufra deformaciones

excesivas (> 5%), es necesario un espesor mínimo y determinadas condiciones de transporte.

Se parte de la hipótesis de que el contacto de apoyo se produce a lo largo de toda la generatriz del tubo, por lo que se estudiará una sección del mismo. La carga sobre esa sección de tubo viene dada por el peso propio de esa sección de tubo que se obtiene de la siguiente expresión en N:

$$\omega_1 = \pi \; x \; \rho \; x \; e \; x \; D \; x \; g$$

donde:

- *D* es el diámetro exterior del tubo, en m.
- *e* es el espesor del tubo, en m.
- *ρ* es el peso específico del acero (7.850 kg/m^3).
- *g* aceleración de la gravedad (9,8 m/s^2).

Esa carga produce un momento flector máximo en el punto inferior del tubo y se puede calcular según las expresiones recogidas en (*Formulas for Stress and Strain*. Raymondo J. Roark, Warren C. Young. McGraw-Hill. 1983). La tensión normal generada por este momento flector es máxima en los puntos exteriores de la pared del tubo y genera una ovalización del tubo, que puede medirse como la variación en el diámetro vertical, cuyo valor es:

$$D_\Phi = \frac{\omega \; x \; D^4}{16 \; x \; E \; x \; I} \; x \left(\frac{\pi^2}{4} - 2 \right)$$

donde:

$\omega = \frac{\omega_1}{\pi D}$ es el peso por unidad de longitud de la sección de tubo.

E es el módulo de elasticidad del acero de la tubería (2,1 x 10^5 MPa).

$I = \frac{e^3}{12}$ es el momento de inercia de la sección transversal del anillo, en m^3.

Además del transporte por el medio de locomoción que se considere, debe tnerse en cuenta la situación de almacenaje de los tubos por apilamiento. Este almacenamiento se puede efectuar de manera que el conjunto de tubos adopte dos configuraciones geométricas: forma prismática, o forma piramidal. En ambos casos se considerará que todos los tubos son del mismo tamaño, tanto en diámetro como en longitud. También debe considerarse que, con el fin de ahorrar costes, se puede realizar el transporte simultáneo de tubos de distinto diámetro, introduciendo unos dentro de otros. En este caso, se considerará que todos los tubos exteriores contienen el mismo número y tipo de tubos en su interior. El número de pisos que puede almacenarse o transportarse a la vez dependerá del tipo de acero utilizado, así como del espesor de los tubos y del número de

tubos que vayan encajados unos dentro de otros. A continuación, se expone el método de cálculo seguido para almacenamiento.

Cuando el almacenamiento de la tubería se realiza en forma prismática, cada tubo se apoya sobre la generatriz superior del tubo inferior.

Para calcular el número de filas que pueden apilarse, se consideran las siguientes hipótesis:

- No se considera la acción de las fuerzas de rozamiento.
- No se considera el efecto de las fuerzas laterales que puedan ejercer entre sí los tubos de una misma fila. Esta hipótesis supone la ausencia de contacto directo entre los tubos, lo cual es muy aproximado a la realidad, teniendo en cuenta que los tubos deben ir sujetos de manera que no se dañe el recubrimiento.

Admitiendo estas hipótesis de trabajo, todos los tubos de una misma fila están sometidos a los mismos esfuerzos, debidos a su propio peso y al peso de los tubos que se encuentran sobre ellos W. Por ello, bastará con estudiar un único caso, que es el correspondiente a un tubo de la fila del fondo.

Dado que el contacto se produce a lo largo de toda la longitud del tubo, es suficiente con estudiar una sección del mismo (o un tubo de longitud de unidad), donde:

$\omega_l = \pi \ x \ \rho \ x \ e \ x \ D \ x \ g$ es el peso de una sección de tubo en N/m.

- D es el diámetro exterior del tubo, en m.

- e es el espesor del tubo, en m.

- ρ es el peso específico del acero (7850 kg/m³).

- n es el número total de pisos apilados.

- g es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s²).

Las cargas representadas generan en la sección un momento flector, cuyo valor máximo tiene lugar en el punto inferior y es:

$$M_{max} = \omega_l \ x \frac{D}{2\pi} x \left(n - \frac{1}{4}\right) = \frac{D^2 \ x \ e \ x \ \rho}{2} x \left(n - \frac{1}{4}\right)$$

Este momento genera, a su vez, una tensión normal, cuyo valor máximo se produce en los puntos exteriores de la pared del tubo y vale:

$$\sigma_{max} = \frac{6 \ x \ M_{max}}{e2} = \frac{3 \ x \ D^2 \ x \ \rho}{e} x \left(n - \frac{1}{4}\right)$$

Además, el momento flector genera una ovalización del tubo, que puede medirse a partir de la variación en el diámetro vertical, cuyo valor es:

$$D_{\varphi} = \frac{W \, x \, D^3}{8 \, x \, E \, x \, I} x \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) + \frac{\omega \, x \, D^4}{16 \, x \, E \, x \, I} x \left(\frac{\pi^2}{4} - 2 \right)$$

A partir de aquí, pueden utilizarse dos criterios para definir el máximo número de pisos: el primero, que en ningún punto se rebase la tensión admisible del material. El segundo, que la variación máxima del diámetro no supere el 5% de su valor.

Si se impone el criterio de que la tensión no debe rebasar la tensión admisible, se obtiene para el valor de (n):

$$n \leq \frac{\sigma \, x \, e}{3 \, x \, \rho \, x \, D^2} + \frac{1}{4}$$

Por el contrario, si se considera el criterio de deformación, se deberá cumplir que D ≤ 0,05 x D.

$$n \leq \frac{e^2 \, x \, E}{30 \, x \, \pi \, x \, \rho \, x \, D3 \, x \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right)} + \frac{1}{2}$$

El menor (n) de los dos determinará el máximo número de pisos que pueden ser apilados.

2.2. CÁLCULOS Y CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO

Los principales criterios de diseño establecidos en el cálculo mecánico de la tubería de acero helicoidal se esquematizan a continuación, y parten de las conclusiones expuestas en el estudio de alternativas:

- Tipología de zanja:
    - Trapezoidal con ancho mínimo de 0,6 m a cada lado de la tubería.
    - Altura de tierras mínima: 1,5 m. Altura máxima de tierras sobre tubería de hasta 10,0 m.
    - Con carácter general para excavaciones de zanja mayores de 10 m (H_r comprendido entre 8,0 y 8,7 m según el diámetros, se adoptará un revestimiento de hormigón conforme a la zanja tipo Z3).
    - Cama de apoyo: Arena o material granular. Espesor = max (15 cm; (5+DN/100)). Se adopta con carácter general 0,2 m.
    - Ángulo de apoyo: 120º.
    - Relleno de riñoneras: Suelo seleccionado con tamaño máximo 33 mm compactado al 95% del PN, hasta 30 cm sobre clave de tubería.
    - Relleno de cobertura: La zona de relleno procedente de la excavación o préstamo con tamaño máximo de 150 mm y compactación del 95%.

- Talud: La variedad de taludes en la traza oscila entre 1H/3V y 2H/1V. A efectos de cálculo se opta por asignar un talud 3H/2V.
- Número de tuberías. El cálculo se realiza para una tubería simple considerando que dicho valor es extrapolable a la tubería doble conforme a las secciones tipo definidas en el proyecto. La separación entre tuberías es de 1,0 m.
- Naturaleza del suelo: A efectos de cálculo, para estar del lado de la seguridad y contemplando los materiales que pueden resultar en la traza, se realiza la comprobación con suelo clasificado como SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). Para casos de terrenos SC3 o SC2, el cálculo sigue siendo válido al presentar mejores características y estar del lado de la seguridad.
- Compactación en zanja: Buena (> 95% del PN). ➔ Módulo de elasticidad:= 5 MPa.
- Nivel freático: El nivel freático de la traza se encuentra con valores comprendidos entre 1,5 y 3,5 m, siendo puntual la ausencia freática. A efectos de cálculo se adopta 1,5 m desde el terreno natural lo que implica que las tuberías ejecutadas a mayor profundidad se encuentran sometidas a subpresión y a presión hidrostática, lo que dejará el cálculo del lado de la seguridad.
- Carga de tráfico agrícola; 60 t en camión de tres ejes y con una separación entre ruedas de 2,5 m. La carga de tráfico contempla la hipótesis de carga transversal y longitudinal.
- Depresión: -0,012 MPa.
- Presión de trabajo: El timbraje de la conducción se obtiene como diferencia entre la cota estática y la geométrica mayorada en un 10% para contemplar el posible riesgo de sobrepresiones debidas al golpe de ariete. Dicho valor se iguala al timbraje equivalente superior: PN6, 10, 12, 16, 20, 22 y 25 que será utilizado para la comprobación del cálculo mecánico.
- Acero:
    - Se analiza L275 y L355 para la gama de diámetros y presiones de trabajo.
    - Las características mecánicas del acero se resumen a continuación:

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura ens. Charpy °C
	Tensión de límite elástico f_y (N/mm²)			Tensión de Rotura F_u (N/mm²)	
	$t \leq 16$	$16 < t \leq 40$	$40 < t \leq 63$	$3 \leq t \leq 100$	
S235JR S235J0 S235J2	235	225	215	360	20 0 -20
S275JR S275J0 S275J2	275	265	255	410	20 0 -20
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	355	345	335	470	20 0 -20 -20 (1)
S450J0	450	430	410	550	0

(1) se le exige una energía mínima de 40J

Material de la conducción	
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa
Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa
C_1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)	

Acero S355	Acero S275
210.000,00	210.000,00
355,00	275,00
50%	50%
177,50	137,50
0,30	0,30

Conforme al estudio de alternativas se adoptará acero S275 para presiones internas inferiores a 20 atm, y S355 para superiores o iguales a 20 atm.. Dichos aceros contemplados en la Norma UNE-EN 10025-2 son equivalentes a los aceros L275 y L355 contemplados en la Norma UNE-EN 10224.

- Diámetro:
  - Los cálculos se realizarán adoptando los valores siguientes de diámetro exterior:

DN (mm)	DNe (mm)
200	219,1
250	273
300	323,9
500	508
600	609,6
700	711,2
800	812,8
900	914,4
1000	1016
1100	1118
1300	1321
1500	1524
1600	1626
1800	1829

DN (mm)	DNe (mm)
1900	1930
2000	2032
2200	2235
2500	2540

- Espesores:
  - El espesor mínimo será tal que cumpla al menos el 0,60% x Diámetro exterior de la tubería
  - Se adoptarán siempre que sea posible los espesores definidos en la normativa UNE-EN 10224,y se compararán con los especificados por la normativa API a efectos comparativos y de análisis de optimización.
  - Conforme consulta con fabricantes y con objeto de optimizar el espesor de diseño en el presente proyecto, se acuerda adoptar escalones de espesor de 0,5 mm *(nota: Los fabricantes afirman que pueden adoptar planchas de diferentes espesores sin necesidad de adoptar la especificada por la UNE o API).*

A continuación se resumen los espesores obtenidos para aceros, correspondientes a los diámetros de proyecto DN 1.300; 1.500; 1.600; 1.800; 1.900 y 2.000mm conforme los criterios de cálculo mecánico expuestos anteriormente, presión, altura de tierras y tipo de acero:

			DN y espesor (mm)					
			1300	1500	1600	1800	1900	2000
PN	Hr	Acero	1321	1524	1626	1829	1930	2032
6	1,5	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
6	3,0	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
6	4,0	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
6	5,0	275	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
6	6,0	275	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
6	7,0	275	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
6	8,0	275	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
6	9,0	275	12,50	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
6	10,0	275	14,50	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
12	1,5	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
12	3,0	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
12	4,0	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
12	5,0	275	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
12	6,0	275	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
12	7,0	275	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
12	8,0	275	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
12	9,0	275	12,50	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
12	10,0	275	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
16	1,5	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
16	3,0	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
16	4,0	275	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00

			DN y espesor (mm)					
			1300	1500	1600	1800	1900	2000
PN	Hr	Acero	1321	1524	1626	1829	1930	2032
16	5,0	275	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
16	6,0	275	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
16	7,0	275	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
16	8,0	275	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
16	9,0	275	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
16	10,0	275	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
20	1,5	355	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
20	3,0	355	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
20	4,0	355	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
20	5,0	355	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
20	6,0	355	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
20	7,0	355	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
20	8,0	355	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
20	9,0	355	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
20	10,0	355	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
22	1,5	355	8,50	9,50	10,50	11,50	13,00	14,00
22	3,0	355	8,50	9,50	10,50	11,50	13,00	14,00
22	4,0	355	8,50	9,50	10,50	11,50	13,00	14,00
22	5,0	355	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
22	6,0	355	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
22	7,0	355	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
22	8,0	355	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
22	9,0	355	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
22	10,0	355	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
25	1,5	355	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	3,0	355	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	4,0	355	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	5,0	355	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	6,0	355	9,50	11,00	12,00	13,50	14,50	15,00
25	7,0	355	10,00	11,00	12,00	14,00	15,00	16,00
25	8,0	355	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
25	9,0	355	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
25	10,0	355	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00

Para el caso particular de la tubería de 2.500 mm de conexión con la balsa de Tudela el cálculo ha sido realizado para alturas de 1,5 m y 3,5 m de tierras sobre clave y presión de trabajo de hasta 6 atm, con lo que resulta un espesor de 20 mm con acero S275 o L275.

Una vez determinados los espesores de cálculo para cada presión máxima adoptada y altura de tierras, se procede a analizar el perfil longitudinal de la traza.

El proceso de asignación se realiza teniendo en cuenta la necesidad de ejecutar tramos suficientemente largos:

- Una vez obtenido el perfil longitudinal de la conducción se asigna la presión máxima de trabajo P_{max} = Presión estática x (1+10% sobrepresión). Dicha presión se homogeniza a mayores con el timbraje equivalente de 6, 12, 16, 20 y 25 atm.
- Se determina la altura H_r (altura de relleno sobre clave) en cada punto.
- Entrando en la tabla de presiones y altura de tierras se obtiene el espesor de diseño en cada punto.
- Posteriormente, se analizan tramos conjuntos intentando evitar saltos de espesores. Para ello se asigna una H_r de cálculo final, teniendo en cuenta la orografía y longitud del tramo con cambio de espesor, así como las circunstancias reales de ejecución en obra.

  Es importante indicar que se evitan tramos cortos de transición y se opta por asignar un mismo espesor en longitudes superiores a 300 m siempre que sea posible.

  Para el caso particular de las conexiones con las hincas, el alzado de la conducción tiene que profundizarse en longitudes próximas a 100 m, por lo que la homogenización resulta complicada. En estos casos, se ha optado por utilizar tramos de tuberías de espesores particulares y cortos asociados a la altura de tierras. En casos puntuales, se ha optado por una sección hormigonada que minimiza el espesor del tubo.

  Cuando la altura de tierras supera los 10 m, se adopta una zanja hormigonada, por lo que el criterio de cálculo está sobredimensionado. En estos casos, se opta por continuar con el espesor mínimo del tramo anterior y posterior.

  Para el caso de tuberías de acero en hincas, no se asigna el espesor a la altura de tierras de la hinca pues ésta es soportada por la tubería en hinca. En estos casos, se da continuidad con el tramo de tubería anterior y posterior, lo que deja el cálculo del lado de la seguridad.

El resultado de la asignación de espesores a cada tramo se resume a continuación:

Tramo	P.K. tramo	P.K. Acumulado	Nº tuberías	DN tuberías (mm)	Acero tipo S-	espesor adoptado (mm)	PN Timbraje valvulería (atm)	Longitud (m) tubería s/ tipo por tramo	Longitud (m) tubería s/ tipo TOTAL
CN-T11	0,00	0,00	2	2.000	275	15,00	16,00		
CN-T11	1.569,00	1.569,00	2	2.000	275	15,00	16,00	1.569	3.138
CN-T11	1.570,00	1.570,00	2	2.000	275	14,00	16,00		
CN-T11	5.471,00	5.471,00	2	2.000	275	14,00	16,00	3.901	7.802
CN-T11	5.472,00	5.472,00	2	2.000	355	14,00	25,00		
CN-T11	7.397,00	7.397,00	2	2.000	355	14,00	25,00	1.925	3.850
CN-T11	7.398,00	7.398,00	2	2.000	355	15,00	25,00		
CN-T11	7.507,00	7.507,00	2	2.000	355	15,00	25,00	109	218
CN-T11	7.508,00	7.508,00	2	2.000	355	14,00	25,00		
CN-T11	7.911,00	7.911,00	2	2.000	355	14,00	25,00	403	806
CN-T11	7.912,00	7.912,00	2	2.000	275	14,00	16,00		
CN-T11	14.290,00	14.290,00	2	2.000	275	14,00	16,00	6.378	12.756

Tramo	P.K. tramo	P.K. Acumulado	Nº tuberías	DN tuberías (mm)	Acero tipo S-	espesor adoptado (mm)	PN Timbraje valvulería (atm)	Longitud (m) tubería s/ tipo por tramo	Longitud (m) tubería s/ tipo TOTAL
T11-T12	0,00	14.290,00	2	1.800	275	11,50	16,00		
T11-T12	10.965,00	25.255,00	2	1.800	275	11,50	16,00	10.965	21.930
T11-T12	10.966,00	25.256,00	2	1.800	275	14,00	16,00		
T11-T12	11.015,00	25.305,00	2	1.800	275	14,00	16,00	49	98
T11-T12	11.016,00	25.306,00	2	1.800	275	11,50	16,00		
T12-T13	960,00	27.090,00	2	1.800	275	11,50	16,00	1.784	3.568
T12-T13	961,00	27.091,00	2	1.800	275	14,00	16,00		
T12-T13	975,00	27.105,00	2	1.800	275	14,00	16,00	14	28
T12-T13	976,00	27.106,00	2	1.800	275	11,50	16,00		
T12-T13	2.930,00	29.060,00	2	1.800	275	11,50	16,00	1.954	3.908
T12-T13	2.931,00	29.061,00	2	1.800	275	15,00	16,00		
T12-T13	3.282,00	29.412,00	2	1.800	275	15,00	16,00	351	702
T12-T13	3.283,00	29.413,00	2	1.800	275	12,50	16,00		
T12-T13	3.829,00	29.959,00	2	1.800	275	12,50	16,00	546	1.092
T12-T13	3.830,00	29.960,00	2	1.800	355	12,50	25,00		
T12-T13	4.676,00	30.806,00	2	1.800	355	12,50	25,00	846	1.692
T12-T13	4.677,00	30.807,00	2	1.800	355	13,00	25,00		
T12-T13	8.864,00	34.994,00	2	1.800	355	13,00	25,00	4.187	8.374
T12-T13	8.865,00	34.995,00	2	1.800	355	14,00	25,00		
T12-T13	9.908,00	36.038,00	2	1.800	355	14,00	25,00	1.043	2.086
T12-T13	9.909,00	36.039,00	2	1.800	355	11,50	25,00		
T13-T13B	881,00	39.511,00	2	1.800	355	11,50	25,00	3.472	6.944
T13-T13B	882,00	39.512,00	2	1.800	275	11,50	16,00		
T13-T13B	3.640,00	42.270,00	2	1.800	275	11,50	16,00	2.758	5.516
T13B-BT	0,00	42.270,00	2	1.600	275	12,50	16,00		
T13B-BT	291,00	42.561,00	2	1.600	275	12,50	16,00	291	582
T13B-BT	292,00	42.562,00	2	1.600	275	10,00	16,00		
T13B-BT	1.506,00	43.776,00	2	1.600	275	10,00	16,00	1.214	2.428
T13B-BT	1.507,00	43.777,00	2	1.600	275	12,50	16,00		
T13B-BT	2.018,00	44.288,00	2	1.600	275	12,50	16,00	511	1.022
T13B-BT	2.019,00	44.289,00	2	1.600	275	10,00	16,00		
T13B-BT	3.020,00	45.290,00	2	1.600	275	10,00	16,00	1.001	2.002
T13B-BT	3.021,00	45.291,00	2	1.600	275	12,50	16,00		
T13B-BT	4.179,00	46.449,00	2	1.600	275	12,50	16,00	1.158	2.316
T13B-BT	4.180,00	46.450,00	2	1.600	275	10,00	16,00		
T13B-BT	5.346,00	47.616,00	2	1.600	275	10,00	16,00	1.166	2.332
T13B-BT	5.347,00	47.617,00	2	1.600	275	16,00	16,00		
T13B-BT	5.393,00	47.663,00	2	1.600	275	16,00	16,00	46	92
T13B-BT	5.393,98	47.663,98	2	1.600	275	12,50	16,00		
T13B-BT	5.875,00	48.145,00	2	1.600	275	12,50	16,00	481	962
T13B-BT	5.876,00	48.146,00	2	1.600	275	10,00	16,00		
T13B-BT	6.927,73	49.197,73	2	1.600	275	10,00	16,00	1.052	2.103
BT-DC	0,00	49.197,73	2	1.900	275	13,00	16,00		
BT-DC	1.644,48	50.842,21	2	1.900	275	13,00	16,00	1.644	3.289
DC-T17	0,00	50.842,21	2	1.800	275	14,00	16,00		
DC-T17	106,00	50.948,21	2	1.800	275	14,00	16,00	106	212
DC-T17	107,00	50.949,21	2	1.800	275	11,50	16,00		
DC-T17	2.730,00	53.572,21	2	1.800	275	11,50	16,00	2.623	5.246
T17-T18	0,00	53.572,21	2	1.600	275	10,00	16,00		
T17-T18	2.319,00	55.891,21	2	1.600	275	10,00	16,00	2.319	4.638

Tramo	P.K. tramo	P.K. Acumulado	Nº tuberías	DN tuberías (mm)	Acero tipo S-	espesor adoptado (mm)	PN Timbraje valvulería (atm)	Longitud (m) tubería s/ tipo por tramo	Longitud (m) tubería s/ tipo TOTAL
T17-T18	2.320,00	55.892,21	2	1.600	275	12,50	16,00		
T17-T18	2.375,00	55.947,21	2	1.600	275	12,50	16,00	55	110
T17-T18	2.376,00	55.948,21	2	1.600	275	10,00	16,00		
T17-T18	3.230,00	56.802,21	2	1.600	275	10,00	16,00	854	1.708
T18-T19	0,00	56.802,21	1	1.800	275	11,50	16,00		
T18-T19	3.278,00	60.080,21	1	1.800	275	11,50	16,00	3.278	3.278
T18-T19	3.279,00	60.081,21	1	1.800	275	18,00	16,00		
T18-T19	3.324,00	60.126,21	1	1.800	275	18,00	16,00	45	45
T18-T19	3.325,00	60.127,21	1	1.800	275	11,50	16,00		
T18-T19	5.610,00	62.412,21	1	1.800	275	11,50	16,00	2.285	2.285

El detalle del cálculo mecánico se adjunta en el Apéndice 7.2.1

3. CÁLCULO DE TUBERÍAS AÉREAS

3.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El presente apartado tiene por objeto el cálculo de las tuberías aéreas de cada una de las tomas , la arqueta de válvulas de la Presa deTudela y elementos asociados a los mismos.

El dimensionamiento se ha realizado de acuerdo con:

- La publicación “Manual M11. Steel Pipes” (AWWA)
- IAP-2011
- CTE DB SE-A es el Documento Básico de Seguridad Estructural de Acero
- La EAE es la Instrucción Española de Acero Estructural

3.1.1. Materiales

Las principales características de los materiales son:

- ✓ módulo de Elasticidad E = 210.000 N/mm^2
- ✓ módulo de Rigidez G = 81.000 N/mm^2
- ✓ coeficiente de Poisson ν = 0,3
- ✓ coeficiente de dilatación térmica $\alpha = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ (ºC)$^{-1}$
- ✓ densidad ρ = 7.850 kg/m^3

- La tubería se apoya en estribos y macizos de anclaje con apoyo 120º en neopreno, disponiendo de juntas de expansión de forma que se considera un extremo empotrado y otro libre.
- Las uniones se realizarán con soldadura a tope interior en tubos de calderería.

3.1.2. Clasificación de la sección de la tubería

De acuerdo con la tabla 5.3 del CTE-DB-SE-A y la tabla 20.3.c. de la EAE, la sección de la tubería se clasifica como de Clase 4:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Atendiendo a lo indicado en el articulo 20.3.de la EAE, las secciones de clase 4 pueden considerarse de clase 3 cuando la tensión solicitante mayorada no alcanza f_y. Debe cumplirse que no superen el límite de esbeltez de clase 3, utilizando un **ε** modificado.

3.1.3. Acciones

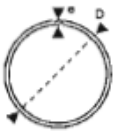
3.1.3.1. Peso propio de la tubería

La fórmula será:

$$q_t = \rho \pi e (D - e) g$$

donde:

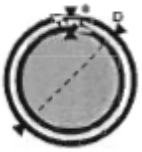
ρ es la densidad del material (7850 Kg/m³).
e es el espesor del tubo (m).
D es el diámetro exterior del tubo (m).
g es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s²).



3.1.3.2. Peso del fluido

El peso del fluido será:

$$q_f = \rho_f \frac{\pi}{4} (D - 2e)^2 g$$



donde:

ρ_f es la densidad del fluido (Kg/m^3).

e es el espesor del tubo (m).

D es el diámetro exterior del tubo (m).

g es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s^2).

3.1.3.3. Peso de cargas permanentes (aislamientos,....)

La fórmula será:

$$q_a = \rho \pi e_a (D + e_a) g$$, donde:

ρ es la densidad del material (Kg/m^3).

e_a es el espesor del aislamiento (m).

D es el diámetro exterior del tubo (m).

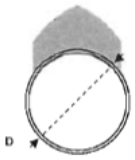
g es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s^2).

➔Para el presente caso no se consideran revestimientos adicionales

3.1.3.4. Peso de la carga de nieve

La fórmula de aplicación será:

$$q_n = \frac{\sqrt{3}}{2} Dpg$$



donde:

D es el diámetro exterior del tubo (m).

g es la aceleración de la gravedad (9,8 m/s^2).

p es la sobrecarga.

Altitud (m)	Carga de Nieve (KN/m2) según Zona climática de invierno						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

➔Las tuberías se encuentran en Zona-2, y con cotas comprendidas entre la 470 y 280, por lo que se adopta el valor 0,6 KN/m^2.

3.1.3.5. Carga de viento

La fórmula de aplicación será:

$$q_h = \frac{3\,v^2}{40} Dg$$

D es el diámetro exterior del tubo (m).

v es la velocidad del viento (m/s).

➔De forma generalizada se considera v=65 m/s

3.1.3.6. Presión interior positiva

La comprobación a presión interior positiva permite corroborar que, para el espesor adoptado del tubo, la presión máxima de trabajo no excede del valor calculado mediante la siguiente expresión, supuesto el coeficiente de seguridad que se indica a continuación:

$$MDP \leq \frac{2.e}{OD}.\sigma_{adm}$$

e = Espesor de cálculo (mm).

MDP = Presión máxima de trabajo (N/mm^2). Adoptamos un coeficiente de seguridad de 1,5

OD= Diámetro exterior del tubo (mm) = Dext.

σ_{adm} =Tensión admisible del acero (MPa). Para estar del lado de la seguridad, se considera como valor de la tensión admisible el 50% del límite elástico mínimo.

3.1.3.7. Peso de valvulería

Se considera siempre que la valvulería se apoya directamente, bien mediante apoyo directo o apoyo en bridas a los extremos de los elementos.

3.1.4. Espesor mínimo

El espesor mínimo se determina a partir de los siguientes valores:

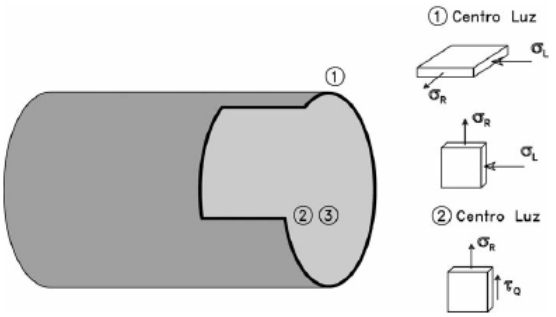
- Espesor mínimo por presión interna ➔ e_{min} = PMD*D_{ext}/(2* σ_{adm})
- Espesor mínimo por condición de esbeltez: Se adopta $e_{min} \geq$ 0,6% * D_{ext}.
- Espesor mínimo por condición de depresión interna: e_{min} = (P_v*D_{med}^3*(1-ν^2)/(E))^(1/3)
  - D_{med} = diámetro medio
  - ν = Coeficiente de Poisson = 0,30
  - E = Módulo de elasticidad = 210.000 MPa

Una vez determinado el espesor mínimo se calcula el espesor de cálculo, función de la separación de apoyos máxima. Para el caso que nos compete se adopta una separación máxima de 5,0 m entre apoyos.

3.1.5. Comprobación de tensiones E.L.U. de resistencia: tubería

En la Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, publicada por el CEDEX en el año 2003, se indica la posibilidad de contar con la capacidad de la tubería para resistir esfuerzos longitudinales. En esta situación, además de los esfuerzos circunferenciales, aparecen esfuerzos axiales en el sentido del eje de la conducción. Dado que no existen tensiones cortantes de entidad, ambas tensiones son principales, de manera que para la comprobación de la tensión admisible se puede emplear la tensión de comparación según la formulación de Von Misses:

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_a^2 - \sigma_c \cdot \sigma_a}$$



donde:

- σ_{co} = Tensión de comparación
- σ_c = Tensión circunferencial

- σ_a = Tensión axial

Se comprueba que la tensión de comparación es menor que la tensión admisible, con un coeficiente de seguridad implícito de valor 2 por considerar que la tensión admisible es el 50% del límite elástico mínimo.

En cuanto a la tensión axial se calcula mediante la expresión:

$$\sigma_a = (\upsilon + 0{,}5) \cdot \sigma_c + \sigma_{a,t},$$

siendo ν el coeficiente de Poisson y $\sigma_{a,t}$ la tensión debida a la variación de temperatura, cuyo cálculo se realiza mediante la fórmula que se indica a continuación:

$$\sigma_{a,t} = \alpha . \Delta T . E$$

donde:

- α = Coeficiente de dilatación (ºC^{-1}) del tubo.
- ΔT = Variación de temperatura (ºC).
- E = Modulo de elasticidad del tubo.

A partir del cálculo de acciones y tensiones, se realizan comprobaciones del estado tensional en los diferentes puntos analizados, para las hipótesis de máximo cortante en apoyos y máximos flectores en centro de luz.

Tensión < f_y/coef. seguridad

A efectos de comprobación se considera un coeficiente de seguridad de 2,0.

En el caso de tubos autoportantes las tensiones tienen varios orígenes:

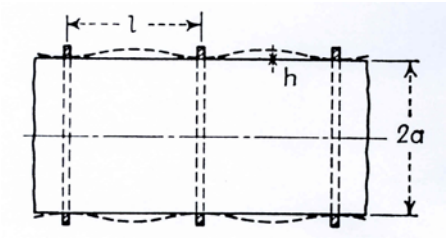
a) tensiones por presión interior: la provocada por la subida de nivel del embalse

b) tensiones por viga continua: la correspondiente al peso propio, peso del fluido, e impacto

Las tensiones por presión interior son a su vez varias tensiones:

- Tensión de caldera, que es una tracción circunferencial
- Tensión localizada longitudinal, que se produce junto al apoyo debido a que el anillo rigidizador impide la expansión del tubo por presión interior y cuyo valor se se estima de acuerdo con la publicación: "Aprovechamientos hidroeléctricos" (Vallarino y Cuesta, 2.000).
- Tensión localizada tangencial, que tiene el mismo origen que la anterior, se produce en los mismos puntos y se estima con la misma publicación.

Hay que destacar que la presencia del anillo introduce tensiones localizadas por presión interior, pero a su vez inhibe la tensión de caldera precisamente porque se evita la dilatación de la tubería.



$$Mo = \frac{p}{2\beta^2} \qquad Qo = \frac{p}{\beta} \qquad \beta^4 = \frac{3(1-\upsilon^2)}{a^2h^2}$$

Esto hace que haya que distinguir entre las secciones junto al apoyo y las secciones cerca del apoyo. En las primeras hay tensión localizada y tensión por viga continua y en la segunda hay tensión de caldera y tensión por viga continua.

3.1.6. Presión interna negativa (pandeo o colapso)

El pandeo transversal se comprueba verificando que la relación entre la presión crítica de pandeo y la depresión interna es mayor a un coeficiente de seguridad admisible.

$$\frac{P_{cr}}{P_v} \geq C_s$$

donde:

- C_s = Coeficiente de seguridad (> 2)
- P_v = Depresión interna debida a posibles succiones (KN/m^2).
- P_{ct} = Carga crítica de pandeo, calculada según la siguiente expresión (KN/m^2).

En el caso de tuberías autoportantes, la Carga Crítica de Pandeo P_{crit} es producida exclusivamente por depresiones interiores. La Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión, anteriormente mencionada, recomienda para su cálculo la expresión propuesta por Levy y que recoge el manual AWWA M11:

$$P_{crit} = \frac{2 \cdot E}{1-\upsilon^2} \cdot \left(\frac{e}{D_m}\right)^3$$

siendo:

- P_{crit} = Carga Crítica de Pandeo (N/mm^2).
- E = Módulo de elasticidad del material de la conducción (N/mm^2).
- ν = Coeficiente de Poisson (0,3 para el acero).
- e = Espesor del tubo (mm).
- D_m = Diámetro medio del tubo (mm).

3.1.7. Flexión longitudinal

La comprobación a flexión longitudinal se realiza verificando que la tensión y la deformación, en la hipótesis de carga pésima (tubo lleno de agua), no superan las admisibles.

La tensión de flexión en el apoyo se debe a la acción del peso propio del conducto más el peso del agua (si procede estar lleno).

El cálculo se realiza para cada hipótesis.

Las tensiones en el apoyo se calculan mediante las expresiones que se indican a continuación:

$$M_f = \frac{P \cdot L^2}{12}$$

- P = peso propio más peso del agua
- L = distancia entre ejes de apoyos

$$\sigma = \frac{Mf \cdot y^2}{I}$$

$$I = \frac{\pi}{64}\left(D_e^4 - D_i^4\right)^4$$

La tensión por presión interna se debe a la altura de agua en el embalse:

$$\sigma = \frac{P.R^2}{e}$$

siendo:

- P = presión
- R = radio del conducto
- e = espesor del conducto

La tensión obtenida no debe superar la admisible, establecida en el 50% del límite elástico del material.

3.1.8. E.L.S. de deformación

En el AWWA M11 se exige que, para la carga de agua, la flecha en la tubería no supere el valor de L/360. La flecha máxima que se da en la tubería para la carga propuesta, suponiéndola biapoyada es (L/402). Suponiéndola como Apoyada-Empotrada: (L/960).

Considerando un grado de empotramiento del extremo del 60% llegaríamos a una flecha de L/736.

La flecha máxima se calcula mediante la siguiente expresión: V_{max} = Q*l^4 / (384*E*I)

donde:

- Q = Carga total (KN)
- l = Longitud del tubo (m)
- E_t = Modulo de elasticidad del material (KN/m^2)
- I = Momento de inercia del tubo (m^4)

3.1.9. Deformación por transporte-almacenamiento

En ocasiones resulta útil conocer la variación de las dimensiones del diámetro del tubo debido a la deformación producida por su propio peso cuando se deposita sobre el suelo. Para que el tubo no sufra deformaciones excesivas (> 5%), es necesario un espesor mínimo y determinadas condiciones de transporte.

Se parte de la hipótesis de que el contacto de apoyo se produce a lo largo de toda la generatriz del tubo, por lo que se estudiará una sección del mismo. La carga sobre esa sección de tubo viene dada por el peso propio de esa sección de tubo que se obtiene de la siguiente expresión en N:

$$\omega_l = \pi \; x \; \rho \; x \; e \; x \; D \; x \; g$$

donde:

- D es el diámetro exterior del tubo, en m.
- e es el espesor del tubo, en m.
- ρ es el peso específico del acero (7.850 Kg/m^3).
- g aceleración de la gravedad (9,8 m/s^2).

Esa carga produce un momento flector máximo en el punto inferior del tubo y se puede calcular según las expresiones recogidas en (Formulas for Stress and Strain. Raymondo J. Roark, Warren C. Young. McGraw-Hill. 1983). La tensión normal generada por este momento flector es máxima en los puntos exteriores de la pared del tubo y genera una ovalización del tubo, que puede medirse como la variación en el diámetro vertical, cuyo valor es:

$$D_\varphi = \frac{\omega \; x \; D^4}{16 \; x \; E \; x \; I} \; x \left(\frac{\pi^2}{4} - 2 \right)$$

donde:

$\omega = \frac{\omega_l}{\pi D}$ es el peso por unidad de longitud de la sección de tubo.

E es el módulo de elasticidad del acero de la tubería (2, 1 x 10^5 MPa).

$I = \frac{e^3}{12}$ es el momento de inercia de la sección transversal del anillo, en m³.

Además del transporte por el medio de locomoción que se considere, debe considerarse la situación de almacenaje de los tubos por apilamiento. Este almacenamiento se puede efectuar de manera que el conjunto de tubos adopte dos configuraciones geométricas: forma prismática, o forma piramidal. En ambos casos se considerará que todos los tubos son del mismo tamaño, tanto en diámetro como en longitud. También debe considerarse que, con el fin de ahorrar costes, se puede realizar el transporte simultáneo de tubos de distinto diámetro, introduciendo unos dentro de otros. En este caso, se considerará que todos los tubos exteriores contienen el mismo número y tipo de tubos en su interior. El número de pisos que puede almacenarse o transportarse a la vez dependerá del tipo de acero utilizado, así como del espesor de los tubos y del número de tubos que vayan encajados unos dentro de otros. A continuación, se expone el método de cálculo seguido para almacenamiento.

Cuando el almacenamiento de tubería se realiza en forma prismática, cada tubo se apoya sobre la generatriz superior del tubo inferior.

Para calcular el número de filas que pueden apilarse, se consideran las siguientes hipótesis:

- No se considera la acción de las fuerzas de rozamiento.
- No se considera el efecto de las fuerzas laterales que puedan ejercer entre sí los tubos de una misma fila. Esta hipótesis supone la ausencia de contacto directo entre los tubos, lo cual es muy aproximado a la realidad, teniendo en cuenta que los tubos deben ir sujetos de manera que no se dañe el recubrimiento.

Admitiendo estas hipótesis de trabajo, todos los tubos de una misma fila están sometidos a los mismos esfuerzos, debidos a su propio peso y al peso de los tubos que se encuentran sobre ellos W. Por ello, bastará con estudiar un único caso, que es el correspondiente a un tubo de la fila del fondo.

Dado que el contacto se produce a lo largo de toda la longitud del tubo, es suficiente con estudiar una sección del mismo (o un tubo de longitud de unidad), donde:

$\omega_1 = \pi \ x \ \rho \ x \ e \ x \ D \ x \ g$ es el peso de una sección de tubo en N/m.

- D es el diámetro exterior del tubo, en m.

- e es el espesor del tubo, en m.

- ρ es el peso específico del acero (7850 Kg/m3).

- n es el número total de pisos apilados.

- g =aceleración de la gravedad (9,8 m/s2).

Las cargas representadas generan en la sección un momento flector, cuyo valor máximo tiene lugar en el punto inferior y es:

$$M_{máx} = \omega_1 \ x \frac{D}{2\pi} x \left(n - \frac{1}{4}\right) = \frac{D^2 \ x \ e \ x \ \rho}{2} x \left(n - \frac{1}{4}\right)$$

Este momento genera, a su vez, una tensión normal, cuyo valor máximo se produce en los puntos exteriores de la pared del tubo y vale:

$$\sigma_{máx} = \frac{6 \ x \ M_{máx}}{e2} = \frac{3 \ x \ D^2 \ x \ \rho}{e} x \left(n - \frac{1}{4}\right)$$

Además, el momento flector genera una ovalización del tubo, que puede medirse a partir de la variación en el diámetro vertical, cuyo valor es:

$$D_\varphi = \frac{W \ x \ D^3}{8 \ x \ E \ x \ I} x \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi}\right) + \frac{\omega \ x \ D^4}{16 \ x \ E \ x \ I} x \left(\frac{\pi^2}{4} - 2\right)$$

A partir de aquí, pueden utilizarse dos criterios para definir el máximo número de pisos: el primero, que en ningún punto se rebase la tensión admisible del material. El segundo, que la variación máxima del diámetro no supere el 5% de su valor.

Si se impone el criterio de que la tensión no debe rebasar la tensión admisible, se obtiene para el valor de (n):

$$n \leq \frac{\sigma \ x \ e}{3 \ x \ \rho \ x \ D^2} + \frac{1}{4}$$

Por el contrario, si se considera el criterio de deformación, se deberá cumplir que D ≤ 0,05 x D.

$$n \leq \frac{e^2 \ x \ E}{30 \ x \ \pi \ x \ \rho \ x \ D3 \ x \left(\frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi}\right)} + \frac{1}{2}$$

El menor (n) de los dos determinará el máximo número de pisos que pueden ser apilados.

3.2. CÁLCULO Y CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO

Se ha procedido al cálculo de los tramos de tubería aéreos en cada toma considerando:

- Tipo de material:
  - Para presiones de trabajo menores o iguales a 16 Atm, se considera acero SL75
  - Para presiones superiores a 16 Atm el acero será L355.
- Presión máxima interna corresponde a la presión estática más la sobrepresión generada por el golpe de ariete, obtenida en la ubicación de la toma como la presión estática +10% con objeto de contemplar efectos de sobrepresión del golpe de ariete.

PMD = Pestática x 1,1 x coeficiente de seguridad de 1,5

- Separación máxima entre apoyos de 3,0m.
- Sobrecargas en tubería:
    - Sobrecatga de nieve
    - Sobrecarga peatonal
    - Sobrecarga generada por el viento
    - No se contempla el peso de valvulería, ya que éste irá apoyado independientemente en soportes predefinidos según detalle de planos.
- Módulo de Elasticidad E = 210.000 N/mm^2
- Módulo de Rigidez G = 81.000 N/mm^2
- Coeficiente de Poisson ν= 0,3
- Coeficiente de dilatación térmica α = 1,2·10^{-5} (ºC)$^{-1}$
- Densidad ρ =7.850 kg/m^3

- La tubería se apoya en estribos y macizos de anclaje con apoyo 120º en neopreno, disponiendo de juntas de expansión de forma que se considera un extremo empotrado y otro libre.

El resultado de los cálculos realizados para cada tubería y elemento que constituye la toma o arqueta de derivación de Tudela se adjunta en el Apéndice 7.2.2. Adicionalmente se incluyen los cálculos de los elementos de refuerzo y piezas especiales conforme al siguiente apartado.

4. CÁLCULO DE PIEZAS ESPECIALES Y REFUERZOS

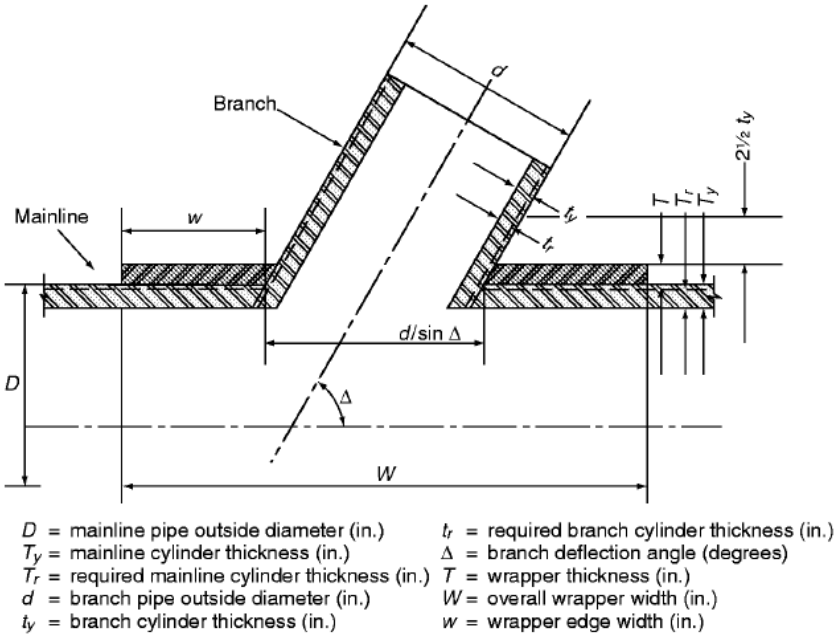
4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El presente apartado tiene por objeto exponer los cálculos de piezas especiales y refuerzos a realizar en los injertos, derivaciones y piezas T de las conducciones proyectadas.

La metodología y normativa de cálculo de las diferentes piezas especiales (refuerzos, collarines, alas de monja, etc.) se obtienen siguiendo las normativas AWWA M11 y AWWA-C208, mediante tablas y gráficas recogidas en las normas.

4.1.1. Diseño de refuerzos de tipo anillo y collarines

La metodología y normativa de cálculo de las diferentes piezas especiales se obtienen siguiendo la normativa AWWA M11 que se resume a continuación:



donde:

D = Diámetro ext. Tubería	In
T_y = esp. Tubería	In
d = Diám. Ext. Derivación T	In
t_y=esp. Tub. Derivación T	In
Ang = Ángulo derivación	Rad
P = Presión de diseño = PMD = Coef. Seg x Presión interna máxima	PSI
Tipo de acero	
T_s = Tensión del material	PSI
C_1 = Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	
n = Coef. Seg+1/C_1	
f_s = Tensión admisible (σ_{adm})=C_1*$R_{e,min}$	PSI

Los pasos seguidos son los siguientes:

Se procede a determinar el tipo de refuerzo según la tabla siguiente:

PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

El proceso seguido es el siguiente:

Se calculan los siguientes valores para encajar el tipo de refuerzo:

Determinación del tipo de refuerzo
PDV = P*d^^{2}/(Dsen^^{2}(ang))
d/D =
Refuerzo recomendado
M_1 = Coef. Multiplicador
M = M_1*PDV

T_r = Esp. Teórico de la tubería principal = PD/2 f_s	in
t_r = Esp. Teórico de la tubería de derivación =Pd/2 f_s	in
A_r = Área teórica de refuerzo = M (T_r (d-t_y)/sen(ang))	in^2
A_3 = Área disponible por exceso de T_y = ((d-2t_y)/(sen (ang))*(T_y-T_r)+5t_y(t_y-t_r)	in^2
A_w = A_r - A_3 = Área de refuerzo	in^2

Se calcula la dimensión mínima de refuerzo, el ancho y espesor

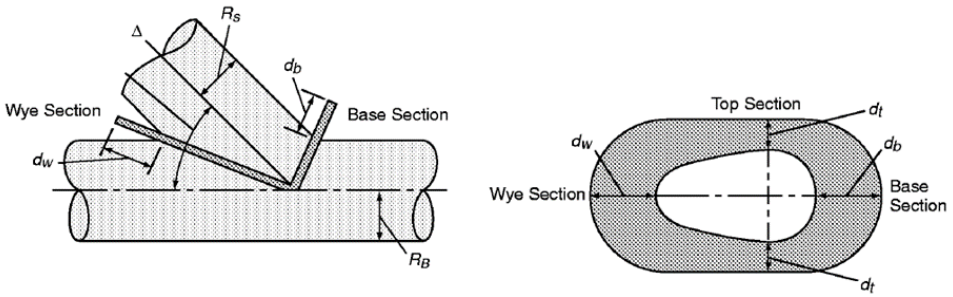
W = Ancho mínimo = d/2 sen (ang)	in
T = esp. Min = A_w/2w	in
W_1 = Límite de refuerzo. No menor a 1,67 d/sen (ang)	in
W_2 = Límite de refuerzo. No mayor a 2 d/sen (ang)	in

Se asigna un espesor de chapa para determinar el ancho del aro:

Selección de espesores	
Espesor de chapa seleccionado	in
Ala s/ esp. Seleccionado = w = A_w/2T	in
Ala mínima permitida = W($_{min}$)=d/(3 sen (ang))	in
W = Ancho de refuerzo = 2 w+d/sen (ang)	in

4.1.2. Diseño de ala de monja

Cuando el valor PDV excede el valor de 6.000, se deben instalar alas de monja. El procedimiento adoptado para su dimensionamiento es el indicado por la AWWA M11 y con una tensión mínima del material de 30.000 PSI.



Los pasos seguidos son los siguientes:

Paso-1: Determinación de ala = d	
Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala **d**=	in
Paso-2: Ajuste por ángulo	
Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección **N_b** y **N_w**, entrando con el ángulo de la **T**	
Áng. Desviación	º
Ajustar espesores en gráfico-2:	
N_w =	Grafico-2
N_b =	Grafico-2
d_w = N_w x d	in
d_b = N_b x d	in
Paso-3: Ajuste por diámetro	

Con la relación **d/D** y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección	
r_s/R_b = d/D	
Requiere ajustar diámetros	
Q_w	Grafico-3
Q_b	Grafico-3
$d'_w = d_w \times q_w$	in
$d'_b = d_b \times Q_b$	in
Paso-4: Ajuste de espesor	
Si la relación **$d'_w/t > 30$** se cumple, se procede a ajuste	
t = espesor de la lámina	in
d'_w (ajustado) =	in
d'_b (ajustado) =	in
Paso-5: Cálculo de d_t	
d'_b (ajustado) =	in
Nº platos del gráfico	
Ángulo	
Gráfico d'_t =	in

A continuación se adjuntan los gráficos de diseño:

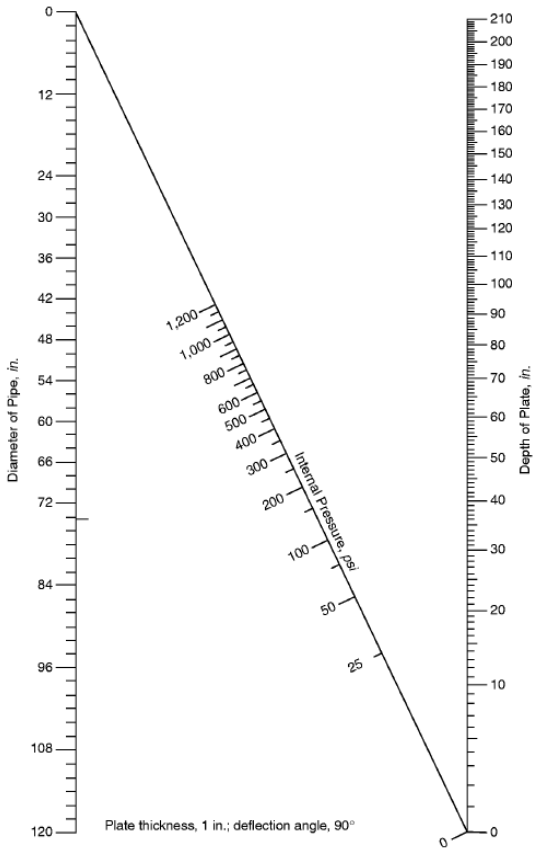


Gráfico-1

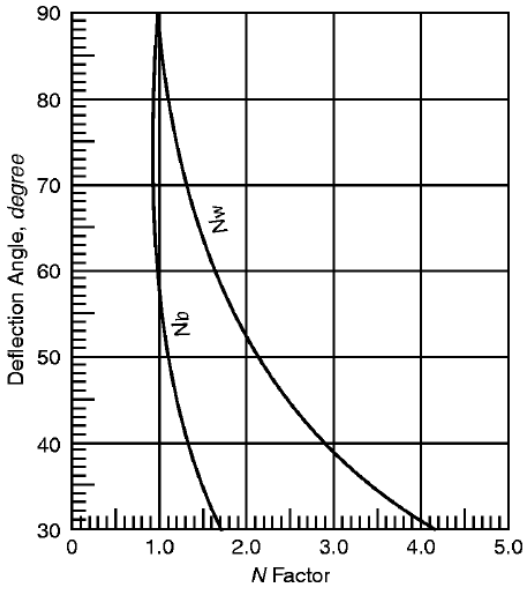


Gráfico-2

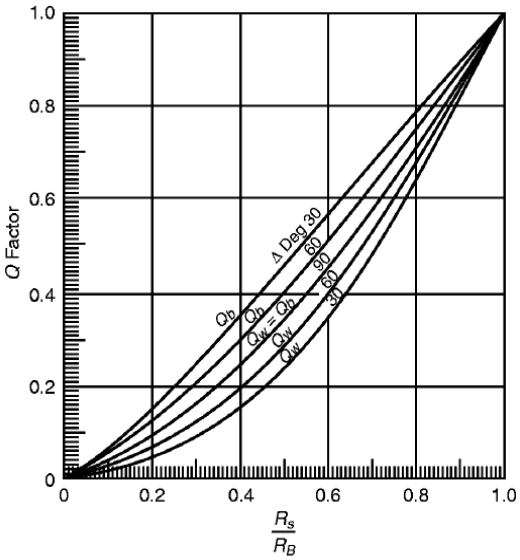


Gráfico-3

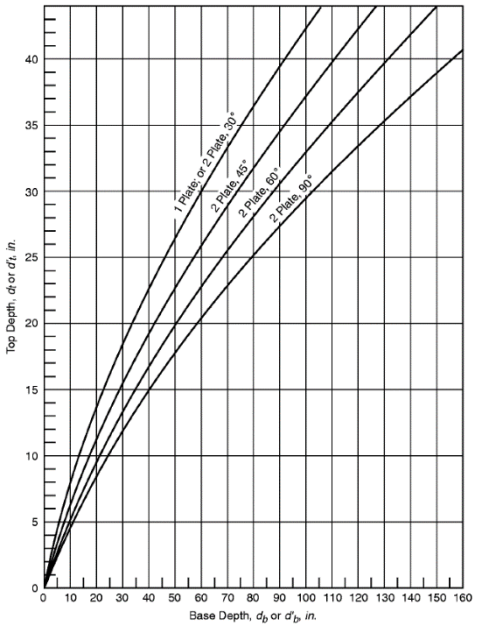


Gráfico-4

4.2. CÁLCULOS Y CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO

4.2.1. Cálculos de refuerzos en las tomas y arqueta de derivación de Tudela

El dimensionamiento ha sido realizado de forma particularizada a cada elemento que conforma la toma y adoptando los diámetros, espesores y presiones resultantes del cálculo hidráulico y homogeneización de cálculos mecánicos.

El detalle del cálculo realizado se adjunta en el Apéndice 7.2.2.

4.2.2. Cálculos y normalización de baberos en paso hombre de ventosas y desagües

El dimensionamiento de los refuerzos se ha determinado para las presiones de trabajo máximas correspondientes a los diversos timbrajes en los que se encuentra la tubería (6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 y 25 Atm), los diámetros de la tubería principal (2000, 1900, 1800, 1600, 1500 y 1300 mm) con sus correspondientes espesores de cálculo y piezas T de 90º con derivación de tubería para diámetros de 800 mm, 300 mm y 250 mm, correspondientes a las piezas de paso hombre, desagües tipo A y B, y bypass.

Los cálculos desarrollados se realizan con objeto de estandarizar los refuerzos de corona a instalar en las arquetas de ventosa y desagüe proyectadas.

Los cálculos han sido realizados para la gama de presiones, diámetros de tuberías principales y tuberías de salida en T de 90º.

Como criterio general se homogeneiza en paso hombre de DN 800 mm y presión hasta 16 atm un babero de ancho mínimo de corona (ala) w = 400 mm y espesor de 11 mm con acero L275. Para presiones superiores se adoptará un babero de ancho mínimo de corona (ala) w = 450 mm y espesor de 18 mm con acero L275.

Para presiones superiores a 16 Atm, se adoptarán aceros L355.

El detalle del cálculo se adjunta en el Apéndice 7.2.3.

5. CÁLCULO DE ESPESORES MÍNIMOS EN CODOS

5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

En el Apéndice 7.2.4 se procede al cálculo de los espesores mínimos de los codos conforme a la normativa AWWA M11 para los diámetros 300, 250 y 200 mm correspondientes a los desagües y bypass.

El espesor mínimo se obtiene de la siguiente formulación:

$$t_{min} = PD/(s*f)*(4+D/(3R-1,5D))$$

donde:

D = Diámetro ext. Tubería	mm
Radio mínimo = 2,5*D	mm
T_y = esp. Tubería	mm
Ang = Ángulo derivación	º
P = Presión de diseño = PMD = Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm = Kg/cm^2
T_s =Tensión del material	Kg/cm^2
C_1 = Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%
n = Coef. Seg =1/C_1	n
f_s =Tensión admisible (s_{adm}) = C_1*$R_{e,min}$	Kg/cm^2

5.2. CONCLUSIONES DE APLICACIÓN AL PROYECTO

En el Apéndice 7.2.4 se procede al cálculo de los espesores mínimos de los codos conforme la normativa AWWA M11 para los diámetros 300, 250 y 200 mm correspondientes a los desagües y bypass.

Con carácter general se opta por adoptar espesores de 4 mm para tuberías de acero L275 y presiones inferiores a 16 Atm. Para presiones superiores a 16 Atm se utilizará acero L355 con espesor mínimo de 5 mm. Este criterio será de aplicación a los elementos de las tomas.

Para el caso de la calderería de los desagües y arquetas de ventosa, se opta por homogeneizar con un espesor mínimo de 6,2 mm con acero L275 galvanizado.

6. BRIDAS Y TORNILLERÍA

En el caso de utilizar bridas para uniones de válvulas, carretes y otros elementos, el presente proyecto adopta como criterio general bridas de PN 25 lisas y puntualmente se adoptarán de PN16. Las medidas serán las referidas en la EN 1092.

Se analizan las uniones de bridas anteriores, suponiendo que trabajan a tracción. Se considera que la fuerza total que deben soportar los tornillos es la originada por la presión en el área de tubería interior que sujetan. Es decir, la fuerza será : F = Área de la sección de tubería * Presión

Esta fuerza dividida entre el número de tornillos empleados deberá ser inferior a la precarga máxima considerada para cada tornillo, que a su vez será función de la métrica empleada.

Consideraciones adicionales en cuanto a distancias de separación mínimas entre tornillos y a los bordes de las placas seguirán las pautas requeridas por la norma EAE referente a uniones atornilladas. Según esta reglamentación, la distancia mínima de los tornillos al borde de la placa deberá superar 1,2 veces el diámetro del agujero del tornillo y la distancia mínima entre tornillos será de 2,2 veces ese diámetro.

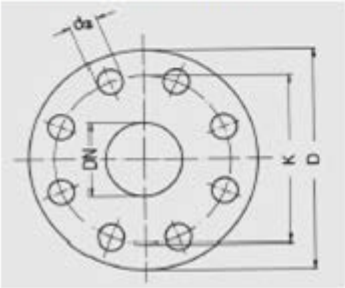
Para tornillos de métrica hasta M24 se considera un diámetro de agujero 2 mm superior a la métrica empleada, mientras que para métricas a partir de M27 se considerarán agujeros de diámetro 3 mm superiores a la dimensión de la métrica.

En los casos en que las bridas unan tuberías de distinto espesor, se considera la limitación del espesor más grueso, que supondrá una limitación mayor de espacio a la hora de atornillar las uniones.

A continuación se adjuntan las diferentes tipologías de bridas en función del diámetro y presión:

DN	PN 6				PN 10				PN 16			
	ø D ø exterior brida mm	ø K ø círculo de agujeros mm	Número de agujeros	ø d_2 ø del agujero mm	ø D ø exterior brida mm	ø K ø círculo de agujeros mm	Número de agujeros	ø d_2 ø del agujero mm	ø D ø exterior brida mm	ø K ø círculo de agujeros mm	Número de agujeros	ø d_2 ø del agujero mm
15	80	55	4	11	95	65	4	14	95	65	4	14
20	90	65	4	11	105	75	4	14	105	75	4	14
25	100	75	4	11	115	85	4	14	115	85	4	14
32	120	90	4	14	140	100	4	18	140	100	4	18
40	130	100	4	14	150	110	4	18	150	110	4	18
50	140	110	4	14	165	125	4	18	165	125	4	18
65	160	130	4	14	185	145	8	18	185	145	8	18
80	190	150	4	18	200	160	8	18	200	160	8	18
100	210	170	4	18	220	180	8	18	220	180	8	18
125	240	200	8	18	250	210	8	18	250	210	8	18
150	265	225	8	18	285	240	8	22	285	240	8	22
175*	295*	255*	8*	18*	315*	270*	8*	22*	315*	270*	8*	22*
200	320	280	8	18	340	295	8	22	340	295	12	22
250	375	335	12	18	395	350	12	22	405	355	12	26
300	440	395	12	22	445	400	12	22	460	410	12	26
350	490	445	12	22	505	460	16	22	520	470	16	26
400	540	495	16	22	565	515	16	26	580	525	16	30
450	595	550	16	22	615	565	20	26	640	585	20	30
500	645	600	20	22	670	620	20	26	715	650	20	33
600	755	705	20	26	780	725	20	30	840	770	20	36
650*	800*	760*	24*	26*	840*	785*	24*	30*	880*	805*	24*	36*
700	860	810	24	26	895	840	24	30	910	840	24	36
750*	925*	870*	24*	26*	965*	900*	24*	30*	985*	900*	24*	29*
800	975	920	24	30	1015	950	24	33	1025	950	24	39
900	1075	1020	24	30	1115	1050	28	33	1125	1050	28	39
1000	1175	1120	28	30	1230	1160	28	36	1255	1170	28	42
1100*	1290*	1230*	28*	33*	1345*	1270*	32*	36*	1370*	1280*	28*	48*
1200	1405	1340	32	33	1455	1380	32	39	1485	1390	32	48
1300*	1520*	1450*	32*	36*	1565*	1485*	32*	42*	1585*	1490*	36*	48*
1400	1630	1560	36	36	1675	1590	36	42	1685	1590	36	48
1500*	1730*	1660*	36*	36*	1795*	1705*	36*	48*	1810*	1705*	36*	56*
1600	1830	1760	40	36	1915	1820	40	48	1930	1820	40	56
1700*	1940*	1865*	40*	39*	2015*	1920*	44*	48*	2030*	1920*	44*	56*
1800	2045	1970	44	39	2115	2020	44	48	2130	2020	44	56
1900*	2155*	2075*	44*	42*	2220*	2125*	48*	48*	2240*	2125*	44*	62*
2000	2265	2180	48	42	2325	2230	48	48	2345	2230	48	62
2100*	2375*	2285*	48*	42*	2440*	2335*	48*	56*	–	–	–	–
2200	2475	2390	52	42	2550	2440	52	56	2555*	2440*	52*	62*
2300*	–	–	–	–	2650*	2545*	56*	56*	–	–	–	–
2400	2685	2600	56	42	2760	2650	56	56	2765*	2650*	56*	62*
2500*	2795*	2705*	56*	48*	2860*	2750*	56*	56*	2865*	2750*	60*	62*
2600	2905	2810	60	48	2960	2850	60	56	2965*	2850*	60*	62*
2800	3115	3020	64	48	3180	3070	64	56	–	–	–	–
3000	3315	3220	68	48	3405	3290	68	62	–	–	–	–
3200	3525	3430	72	48	–	–	–	–	–	–	–	-
3400	3735	3640	76	48	–	–	–	–	–	–	–	-
3600	3970	3860	80	56	–	–	–	–	–	–	–	-

*Dimensiones no fijadas según norma.



Cada una de las bridas tiene un número de agujeros divisible por 4.
En las tuberías y accesorios hay que ordenar los agujeros de los tornillos de modo que se hallen simétricamente a ambos ejes principales, para que estén éstos exentos de agujeros.

PN 25

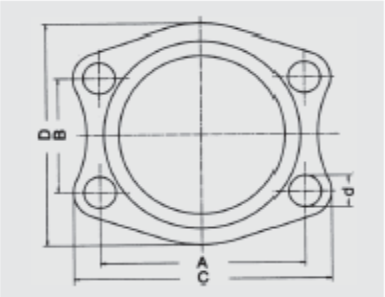
DN	ø D ø exterior brida mm	ø K ø círculo de agujeros mm	Número de agujeros	ø d_2 ø del agujero mm
15	95	65	4	14
20	105	75	4	14
25	115	85	4	14
32	140	100	4	18
40	150	110	4	18
50	165	125	4	18
65	185	145	8	18
80	200	160	8	18
100	235	190	8	22
125	270	220	8	26
150	300	250	8	26
175*	330*	280*	12*	26*
200	360	310	12	26
250	425	370	12	30
300	485	430	16	30
350	555	490	16	33
400	620	550	16	36
450	670	600	20	36
500	730	660	20	36
600	845	770	20	39
700	960	875	24	42
800	1085	990	24	48
900	1185	1090	28	48
1000	1320	1210	28	56

*Dimensiones no fijadas según norma.

ANSI 150 lbs / ANSI 300 lbs

DN mm	DN Zoll	ø D ø exterior brida mm	ø K ø círculo de agujeros mm	Número de agujeros	ø d_2 ø del agujero mm	ø D ø exterior brida mm	ø K ø círculo de agujeros mm	Número de agujeros	ø d_2 ø del agujero mm
15	0,50"	88,9	60,3	4	15,9	95,2	66,7	4	15,9
20	0,75"	98,4	69,8	4	15,9	117,5	82,5	4	19,0
25	1"	107,9	79,4	4	15,9	123,8	88,9	4	19,0
32	1,25"	117,5	88,9	4	15,9	133,3	98,4	4	19,0
40	1,50"	127,0	98,4	4	15,9	155,6	114,3	4	22,2
50	2"	152,4	120,6	4	19,0	165,1	127,0	8	19,0
65	2,50"	177,8	139,7	4	19,0	190,5	149,2	8	22,2
80	3"	190,5	152,4	4	19,0	209,5	168,3	8	22,2
100	4"	228,6	190,5	8	19,0	254,0	200,0	8	22,2
125	5"	254,0	215,9	8	22,2	279,4	234,9	8	22,2
150	6"	279,4	241,3	8	22,2	317,5	269,9	12	22,2
175	7"*	311,2*	269,9*	8*	22,2*				
200	8"	342,9	298,4	8	22,2	381,0	330,2	12	25,4
250	10"	406,4	361,9	12	25,4	444,5	387,3	16	28,6
300	12"	482,6	431,8	12	25,4	520,7	450,8	16	31,7
350	14"	533,4	476,2	12	28,6	584,2	514,3	20	31,7
400	16"	596,9	539,7	16	28,6	647,7	571,5	20	34,9
450	18"	635,0	577,8	16	31,7	711,2	628,6	24	34,9
500	20"	698,5	635,0	20	31,7	774,7	685,8	24	34,9
600	24"	812,8	749,3	20	34,9	914,4	812,8	24	41,3
650	26"	870,0	806,5	24	34,9	971,6	876,3	28	44,5
700	28"	927,1	863,6	28	34,9	1035,1	939,8	28	44,5
750	30"	984,3	914,4	28	34,9	1092,2	997,0	28	47,6
800	32"	1060,5	977,9	28	41,3	1149,4	1054,1	28	50,8
850	34"	1111,3	1028,7	32	41,3	1206,5	1104,9	28	50,8
900	36"	1168,4	1085,9	32	41,3	1270,0	1168,4	32	54,0
950	38"	1238,3	1149,4	32	41,3	1168,4	1092,2	32	41,3
1000	40"	1289,1	1200,2	36	41,3	1238,3	1155,7	32	44,5
1050	42"	1346,2	1257,3	36	41,3	1289,1	1206,5	32	44,5
1100	44"	1403,4	1314,5	40	41,3	1352,6	1263,7	32	47,6
1150	46"	1454,2	1365,3	40	41,3	1416,1	1320,8	28	50,8
1200	48"	1511,3	1422,4	44	41,3	1466,9	1371,6	32	50,8
1250	50"	1568,5	1479,6	44	47,6	1530,4	1428,8	32	54,0
1300	52"	1625,6	1536,7	44	47,6	1581,2	1479,6	32	54,0
1350	54"	1682,8	1593,9	44	47,6	1657,4	1549,4	28	60,3
1400	56"	1746,3	1651,0	48	47,6	1708,2	1600,2	28	60,3
1450	58"	1803,4	1708,2	48	47,6	1759,0	1651,0	32	60,3
1500	60"	1854,2	1759,0	52	47,6	1809,8	1701,8	32	60,3
1700	66"	2032,0	1930,4	52	47,6				
1800	72"	2197,1	2095,5	60	47,6				
2000	78"	2362,2	2260,6	64	54,0				
2100	84"	2533,7	2425,7	64	54,0				
2300	90"	2705,1	2590,8	68	61,9				
2400	96"	2876,6	2755,9	68	61,9				

*Dimensiones no fijadas según norma.



Brida según la norma SAE

SAE 3000 psi

DN	ø d ø del agujero mm	A Distancia entre agujeros mm	B Distancia entre agujeros mm	C Medida exterior de la brida mm	D Medida exterior de la brida mm
40	13	70	35,7	94	75
50	13	78	43,0	102	86
65	13	89	51,0	116	98
80	17	106	62,0	134	120
100	17	130	78,0	162	146
125	17	152	92,0	190	170

Los tornillos seleccionados han sido de calidad 8.8, rozamiento 0.1, paso grueso, y su superficie se considera tratada mediante Dacromet, recubrimiento inorgánico de aplicación no electrolítica y de color gris metálico, contiene cromo VI y compuesto de láminas de zinc y de aluminio y óxidos de cromo, ofreciendo una protección catódica. Las características de oxidación del zinc y el aluminio, más rápidas que las del hierro del metal base, protegen contra la acción de la corrosión y retrasan la oxidación del hierro. Esta protección es proporcional a la cantidad de recubrimiento depositado.

Tipo del Grado del DACROMET®	Espesor de la capa	Peso de la capa	Ensayo en CNS según ISO 9227
Grado A (320 o 500)	5 / 7 µm	24 g/m²	600 h.
Grado B (320 o 500)	8 / 12 µm	36 g/m²	1000 h.

Estos recubrimientos además solucionan el riesgo de fragilización que la absorción de hidrógeno generada en los procesos electrolíticos produce en los tornillos de alta resistencia, contemplado en la normativa ISO 4042; y que es aplicable a los tornillos en 10.9 y 12.9, así como los productos con una dureza superior o igual a 320HV. A pesar de las medidas adoptadas en los recubrimientos electrolíticos, como el deshidrogenado, siempre existe riesgo de ruptura. por esta absorción de hidrógeno.

Por tanto, si se desea una probabilidad reducida de fragilización, se deben tener en cuenta los diferentes recubrimientos no electrolíticos.

Se considera que los tornillos se aprietan mediante tensionadores de dimensiones ordinarias como pueden ser las que se indican en la siguiente tabla de un fabricante de estos componentes:

DATOS BRIDA		CONDICIONES DE SERVICIO			TORNILLERÍA				JUNTA				APRIETE DE TORNILLERIA SEGUN CONDICIONES DE OPERACION				DATOS BRIDA	
DN	PN	Presión (*bar*)	Temperatura (°C)	Fluido	Cantidad (*udz*)	Métrica	Calidad	$\sigma_{f\,0,2\%}$ (*MPa*)	Espesor (*mm*)	Factor *m*	Tensión *y* (*MPa*)	Área (*mm²*)	Máxima Carga/tornillo (*kN*)	Carga/tornillo (*kN*)	% Carga tornillo	Par apriete (*N m*)	DN	PN
2000	25	25	30	Agua	48	M-64	8.8	640	3	3,5	20	3513263	2352	823	35	9590	2000	25
1800	25	25	30	Agua	44	M-64	8.8	640	3	3,5	20	2842754	2352	705	30	8220	1800	25
1800	16	16	30	Agua	44	M-52	8.8	640	3	3,5	20	2790696	1124	506	45	4825	1800	16
1600	25	25	30	Agua	40	M-56	8.8	640	3	3,5	20	2269801	1300	650	50	6695	1600	25
1400	25	25	30	Agua	36	M-56	8.8	640	3	3,5	20	1743672	1300	650	50	6695	1400	25
1200	25	25	30	Agua	32	M-52	8.8	640	3	3,5	20	1296869	1124	562	50	5360	1200	25
800	25	25	30	Agua	24	M-45	8.8	640	3	3,5	20	596520	835	418	50	3465	800	25
600	25	25	30	Agua	20	M-36	8.8	640	3	3,5	20	347233	524	262	50	1740	600	25
450	25	25	30	Agua	20	M-33	8.8	640	3	3,5	20	201488	444	222	50	1350	450	25
400	25	25	30	Agua	16	M-33	8.8	640	3	3,5	20	163313	444	222	50	1350	400	25
400	16	16	30	Agua	16	M-27	8.8	640	3	3,5	20	157985	294	147	50	735	400	16
300	25	25	30	Agua	16	M-27	8.8	640	3	3,5	20	101505	294	147	50	735	300	25
300	16	16	30	Agua	12	M-24	8.8	640	3	3,5	20	96762	226	113	50	506	300	16
300	10	10	30	Agua	12	M-20	8.8	640	3	3,5	20	94569	156	78	50	292	300	10
200	25	25	30	Agua	12	M-24	8.8	640	3	3,5	20	48695	226	113	50	506	200	25
100	25	25	30	Agua	8	M-20	8.8	640	3	3,5	20	15066	156	78	50	292	100	25
80	25	25	30	Agua	8	M-16	8.8	640	3	3,5	20	10118	100	50	50	150	80	25

Notas a la tabla:
-Los pares de apriete indicados en la tabla corresponden al sistema formado por tornillería/brida/junta siendo la junta circular con dimensiones de diámetro exterior igual al interior de centro de los tornillos e interior de junta igual al interior de brida.
-Los pares de apriete han sido calculados para junta de cartón verde (Tipo Klingerit) categorizada como junta semidura.
-Los pares de apriete han sido calculados para un factor de carga de tornillo de alrededor del 50%, en caso de fugas en uniones los reaprietes pueden ser realizados hasta un máximo del 80% de la carga del tornillo.

La metodología y orden de apriete será la indicada en la AWWA M11:

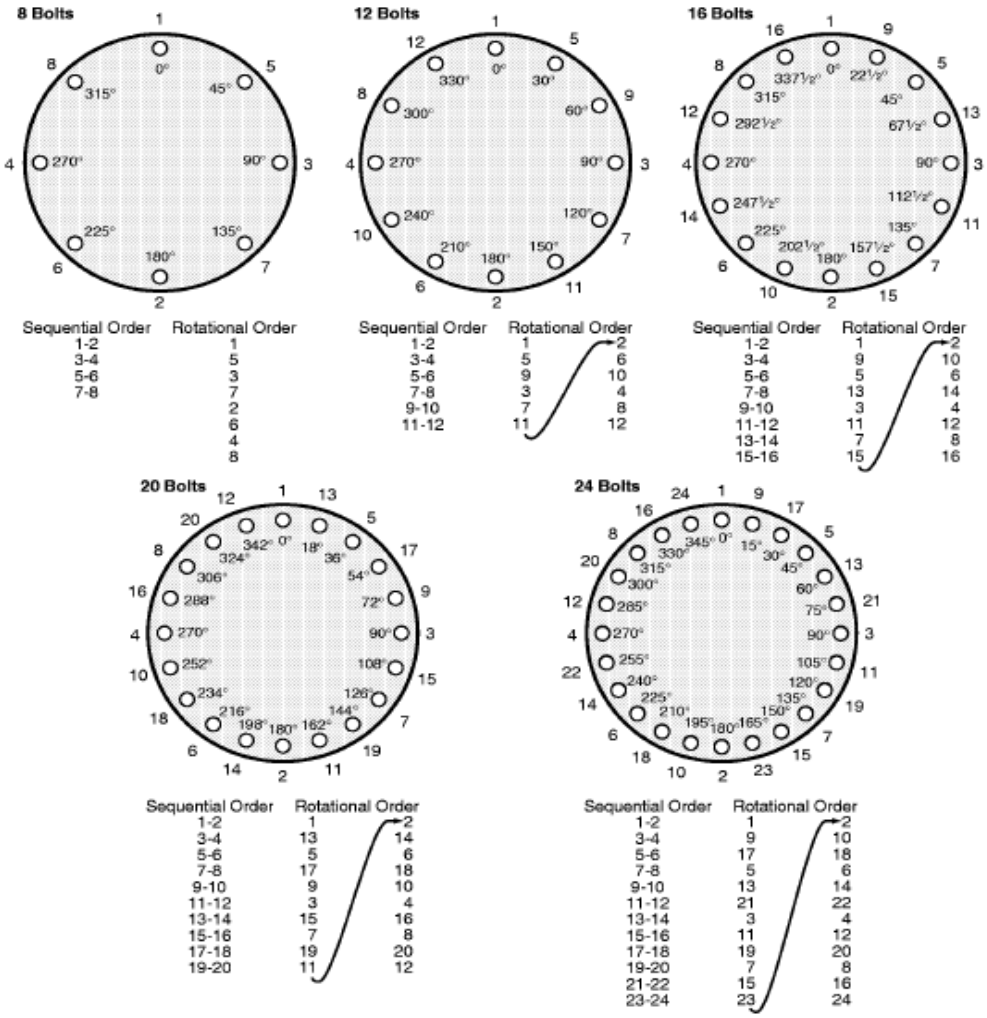


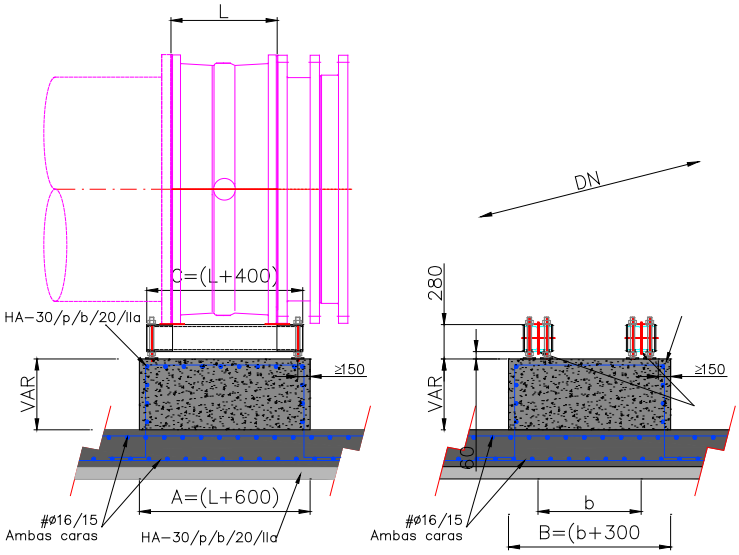
Tabla 1 Secuencia para enumerar espárragos en el sentido horario.

Número de tornillos de la brida	SECUENCIA DE NUMERACIÓN (SENTIDO HORARIO)
4	-1-3-2-4
8	-1-5-3-7-2-6-4-8
12	-1-5-9-3-7-11-2-6-10-4-8-12
16	-1-9-5-13-3-11-7-15-2-10-6-14-4-12-8-16
20	-1-13-5-17-9-3-15-7-19-11-2-14-6-18-10-4-16-8-20-12
24	-1-9-17-5-13-21-3-11-19-7-15-23-2-10-18-6-14-22-4-12-20-8-16-24
28	-1-13-25-5-17-9-21-3-15-27-7-19-11-23-2-14-26-6-18-10-22-4-16-28-8-20-12-24
32	-1-17-9-25-5-21-13-29-3-19-11-27-7-23-15-31-2-18-10-26-6-22-14-30-4-20-12-28-8-24-16-32
36	-1-2-3---13-14-15---25-26-27---7-8-9---19-20-21---31-32-33---4-5-6---16-17-18---28-29-30---10-11-12---22-23-24---34-35-36
40	-1-2-3-4---17-18-19-20---33-34-35-36---9-10-11-12---25-26-27-28---5-6-7-8---21-22-23-24---37-38-39-40---13-14-15-16---29-30-31-32
44	-1-2-3-4---17-18-19-20---33-34-35-36---9-10-11-12---25-26-27-28---41-42-43-44---5-6-7-8---21-22-23-24---37-38-39-40---13-14-15-16---29-30-31-32
48	-1-2-3-4---17-18-19-20---33-34-35-36---9-10-11-12---25-26-27-28---41-42-43-44---5-6-7-8---21-22-23-24---37-38-39-40---13-14-15-16---29-30-31-32---45-46-47-48
52	-1-2-3-4---17-18-19-20---45-46-47-48---9-10-11-12---25-26-27-28---33-34-35-36---41-42-43-44---5-6-7-8---21-22-23-24---49-50-51-52---13-14-15-16---29-30-31-32---37-38-39-40
56	-1-2-3-4---49-50-51-52---25-26-27-28---9-10-11-12---41-42-43-44---17-18-19-20---33-34-35-36---5-6-7-8---53-54-55-56---29-30-31-32---13-14-15-16---45-46-47-48---21-22-23-24---37-38-39-40
60	-1-2-3-4---17-18-19-20---33-34-35-36---13-14-15-16---45-46-47-48---25-26-27-28---57-58-59-60---5-6-7-8---37-38-39-40---21-22-23-24---49-50-51-52---9-10-11-12---41-42-43-44---29-30-31-32---53-54-55-56
64	-1-2-3-4---33-34-35-36---17-18-19-20---49-50-51-52---9-10-11-12---41-42-43-44---25-26-27-28---57-58-59-60---5-6-7-8---37-38-39-40---21-22-23-24---53-54-55-56---13-14-15-16---45-46-47-48---29-30-31-32---61-62-63-64
68	-1-2-3-4---45-46-47-48---17-18-19-20---53-54-55-56---33-34-35-36---9-10-11-12---61-62-63-64---25-26-27-28---41-42-43-44---5-6-7-8---49-50-51-52---21-22-23-24---57-58-59-60---13-14-15-16---37-38-39-40---29-30-31-32---65-66-67-68

7. SOPORTES

El presente proyecto contempla diferentes tipos de apoyos y soportes:

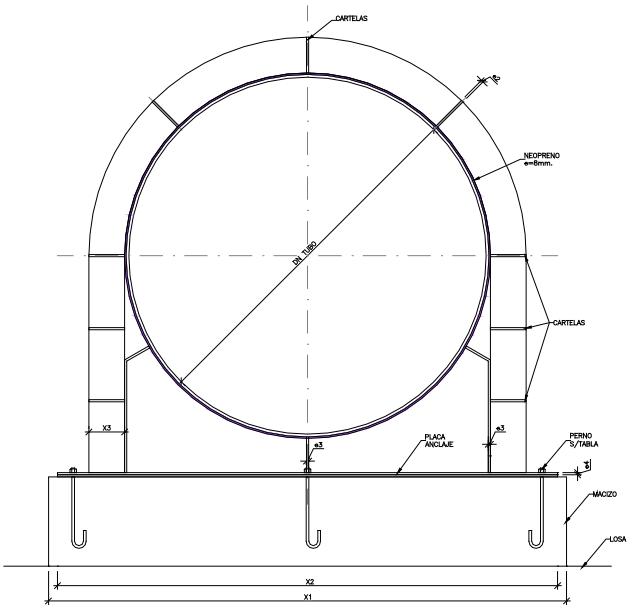
- Apoyo para válvula de mariposa: Se realizará sobre base de hormigón y con soporte metálico que permita su regulación.



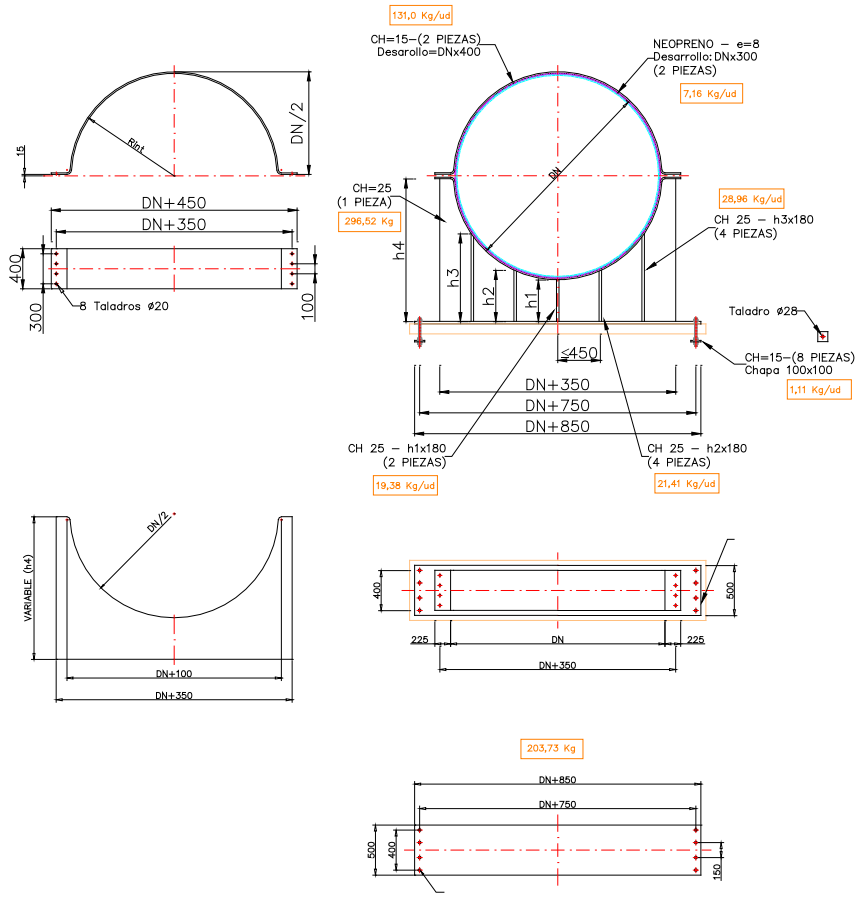
Válv. Mariposa biexcéntrica				Macizo de hormigón					Perfil metálico de apoyo			
DN valv. Mariposa (mm)	PN	L= Long. Valv. mariposa (mm)	b= Separación entre apoyos valv. mariposa (mm)	A=Largo apoyo hormigón (mm)	B=b+300 Ancho apoyo macizo hormigón (mm)	H= Altura de macizo (mm)	Tipo de horm.	Armadura	Apoyo metálico	C=Long. de perfil de apoyo (mm) = L+400 (mm)	Varilla	Neopreno de apoyo EPDM
150	25	210	150	710	450	Variable > 250 mm	HA-30/B20/Iia	#16/15 B500S anclado a losa. rec=35 mm	IPN150+ cartelas 150x150x10 (8 Ud)	610	Varilla M36*330/2TU/2AR L=330mm soldada a placa base 100x100 e=10 mm	150x150x10 (8 Ud)
200	25	230	180	730	480					630		
250	25	250	230	750	530					650		
300	25	270	250	770	550					670		
350	25	290	310	790	610					690		
400	25	310	310	810	610					710		
450	25	330	340	830	640					730		
500	25	350	320	850	620					750		
600	25	390	380	890	680				IPN180+ cartelas 180x180x10 (8 Ud)	790		180x180x10 (8 Ud)
700	25	430	470	930	770					830		
800	25	470	480	970	780					870		
900	25	510	570	1.010	870					910		
1.000	25	550	620	1.050	920					950		
1.100	25	590	620	1.090	920				IPN220+ cartelas 220x220x10 (8 Ud)	990		220x220x10 (8 Ud)
1.200	25	630	750	1.130	1.050					1.030		
1.300	25	670	750	1.170	1.050					1.070		
1.400	25	710	850	1.210	1.150					1.110		
1.500	25	730	900	1.230	1.200					1.130		
1.600	25	750	950	1.250	1.250					1.150		
1.700	25	810	950	1.310	1.250					1.210		
1.800	25	870	1.000	1.370	1.300					1.270		
1.900	25	910	1.000	1.410	1.300					1.310		
2.000	25	950	1.050	1.450	1.350					1.350		

- Apoyo para tuberías de gran diámetro (2.000 a 500 mm): Será un apoyo reforzado metálico de acero S275 JR conforme detalle de planos, disponiendo de lámina de polietileno que evite dañar el recubrimeinto. El apoyo dispondrá de tornillería de regulación en placa de anclaje.

						Placa anclaje			Macizo		
DN tub (mm)	**Y3 (mm)**	**X3 (mm)**	**e1 (mm)**	**e2 (mm)**	**e3 (mm)**	**X2 (mm)**	**Y2 (mm)**	**e4 (mm)**	**X1 (mm)>=**	**Y1 (mm)>=**	**DN perno (mm)**
200	140	100	7	7	7	600	340	7	700	440	20
300	140	100	7	7	7	700	340	7	800	440	20
400	140	100	7	7	7	800	340	7	900	440	20
500	220	100	10	10	10	1100	620	10	1200	720	20
600	220	100	10	10	10	1200	620	10	1300	720	20
700	220	100	10	10	10	1300	620	10	1400	720	20
800	220	100	10	10	10	1400	620	10	1500	720	20
900	220	100	10	10	10	1500	620	10	1600	720	20
1000	220	100	10	10	10	1800	820	10	1900	920	20
1100	260	140	10	10	10	1980	860	10	2080	960	20
1200	260	140	10	10	10	2080	860	10	2180	960	20
1300	260	140	10	10	10	2180	860	10	2280	960	20
1400	260	140	10	10	10	2280	860	10	2380	960	20
1500	260	140	10	10	10	2380	860	10	2480	960	30
1600	300	200	10	10	10	2600	900	10	2700	1000	30
1700	300	200	12	12	12	2700	900	12	2800	1000	30
1800	300	200	12	12	12	2800	900	12	2900	1000	30
1900	300	200	12	12	12	2900	900	12	3000	1000	30
2000	300	200	12	12	12	3000	900	12	3100	1000	30



- Apoyos para tuberías de pequeño diámetro (300 mm a 150 mm): Será un apoyo reforzado metálico de acero S275 JR conforme detalle de planos, disponiendo de lámina de polietileno que evite dañar el recubrimeinto. El apoyo dispondrá de tornillería de regulación en placa de anclaje.



- Apoyos de válvulas de sobrepresión y apoyos anclajes. Será un apoyo reforzado metálico de acero S275 JR conforme detalle de planos, disponiendo de lámina de polietileno que evite dañar el recubrimeinto. El apoyo dispondrá de tornillería de regulación en placa de anclaje.

Como criterio general los soportes dispondrán de lámina EPDM de apoyo entre la tubería y el propio apoyo.. El apoyo además permitirá su regulación y ajuste en ejes XYZ mediante tornillería.

El detalle de los elementos se adjunta en el Documento nº2 Planos.

8. ANCLAJES

8.1. CONSIDERACIONES GENERALES EN CONDUCCIONES DE ACERO Y NO NECESIDAD DE USO DE ANCLAJES EN EL TRAZADO DE LA CONDUCCIÓN CON RADIOS DE CURVATURA

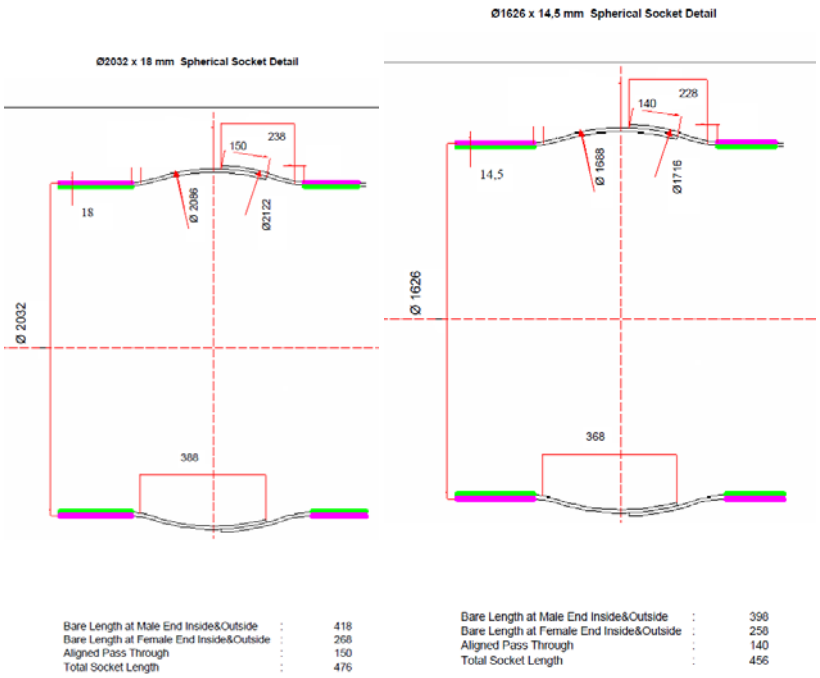
En las tuberías con juntas capaces de resistir tracciones longitudinales (uniones soldadas), distintos autores (Liria, 1995; manuales M9 y M11 de AWWA) consideran que podría obviarse la colocación de macizos de anclaje en los cambios de alineación en la tubería.

El presente proyecto ha desarrollado el trazado de la conducción considerando una desviación angular de 2º y máxima de 6º, lo que da como resultado radios de giro máximos de 200 m para longitudes de tubería próximas a 14,0 m y de hasta 50 m para longitudes de tubería de 6,0 m.

Tipo	DN (mm)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv. ang (º)	Radio de giro mínimo (m)
Acero	1300	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1500	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1600	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1700	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1800	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	1900	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	2000	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82
Acero	2500	6	6,00	57,35	8	6,00	76,47	14	6,00	133,82

Tipo	DN (mm)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv.ang (º)	Radio de giro mínimo (m)	Long tubo (m)	Desv. ang (º)	Radio de giro mínimo (m)
Acero	1300	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1500	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1600	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1700	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1800	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	1900	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	2000	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29
Acero	2500	6	2,00	171,98	8	2,00	229,31	14	2,00	401,29

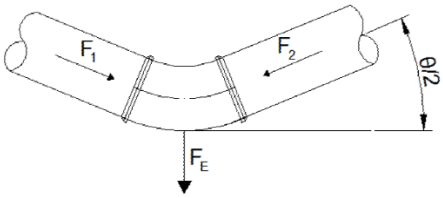
Dicha circunstancia puede reducirse si se utilizan juntas esféricas.



A continuación se adjuntan datos aportados por el fabricante:

Ángulo TEÓRICO MÁX. para X mm de solape en ángulo		
DN	Diámetro exterior (mm)	X = 40 mm
500	508	8,8
600	610	9,5
700	711	10,5
800	813	9,9
900	914	9,1
1000	1016	8,7
1100	1118	8,7
1200	1219	8,0
1300	1320	7,5
1400	1420	7,0
1500	1524	6,5
1600	1626	6,8
1700	1727	6,4
1800	1829	5,8
1900	1930	6,0
2000	2032	6,0

Con este criterio, se entiende que los empujes se resisten por efecto del rozamiento que opone el terreno al deslizamiento de la tubería, suponiendo que dichos empujes disminuyen linealmente hasta cero en unas longitudes suficientes para soportar las componentes de dichos empujes. En esos tramos, además de los restantes esfuerzos, la tubería debe ser capaz de resistir tracciones longitudinales.



La longitud L (en metros) de cada uno de estos tramos desde cada lado del codo, se calcularía mediante la siguiente expresión: L= Coef. Seguridad deslizamiento x E_1/E_2, donde:

- Coeficiente de seguridad al deslizamiento =1,5
- Empujes desestabilizadores
  - Esfuerzos por ángulo de la conducción: F_1= F_1 (t)=2PI*(r^2)*sen(ang/2)
  - Dilatación térmica: F_2 (t)= 2*pi*(r_{ex}t-e)^2*e*T*sen(ang/2)
  - E_1= F_1 + F_2
- Empujes estabilizadores
  - P_2 = Peso de la tubería (t/m)
  - P_3 = Peso del agua (t/m)

- P_4 = Peso de tierras (t/m)
- $E_2 = (P_2 + P_3 + P_4) * \mu_1$

  Donde:

  - μ_1 = Coeficiente de fricción tubería-terreno= K x Tang (0,8 x φ) = 0,36
  - φ = Ángulo de roz. Terreno (º) = 25º
  - r_{ext} = radio exterior de la tubería (m)
  - e = espesor de la tubería (m)
  - r = Radio interior de la tubería (m)
  - Ang = Ángulo de giro entre tuberías
  - T = Tensión por variación térmica (º) = E*ΔT * β
  - ρ_a = densidad del acero t/m³ 7,85
  - β = coef. dilatación térmica = 1,20 E-05
  - E = Mod. elasticidad del material (t/m²) = 2,14 E+07
  - ΔT= incremento temperatura (º) = 2,00
  - Alargamiento (m) = ΔT * β = 2,40 E-05
  - T= tensión por dilatacion térmica = E*ΔT * β (t/m²) = 5,14 E+02

En el Apéndice 7.2.4 se adjuntan los cálculos en los que se demuestra que para ángulos de junta de 6º no es necesario el uso de anclajes. Adicionalmente, se comprueba que la tensión máxima transmitida es muy baja respecto a la tensión última a tracción de la tubería o máxima correspondiente al límite elástico o de la propia soldadura.

<u>En consecuencia no se considera necesaria la utilización de macizos de anclaje con juntas de 6º y radios hasta 50 m definidos en el trazado de la conducción.</u>

Una vez justificada la no necesidad de anclajes horizontales a lo largo del trazado por la ausencia de elementos angulares, nos centramos en la necesidad de instalar anclajes en tramos de gran pendiente (mayor al 30%) y en las tomas por la existencia de codos verticales, codos horizontales, derivaciones (“T”, “Y”, etc.), conos de reducción (disminución del diámetro), válvulas y extremos finales.

8.2. <u>CÁLCULOS DE ANCLAJES EN TOMAS</u>

El diseño del conjunto de macizos de las tomas se desarrolla contemplando la necesidad de instalar macizos de ángulos cóncavos, ángulos convexos, derivaciones en T, reducciones y válvulas de seccionamiento, si bien se realizan las siguientes salvedades:

- Características generales:

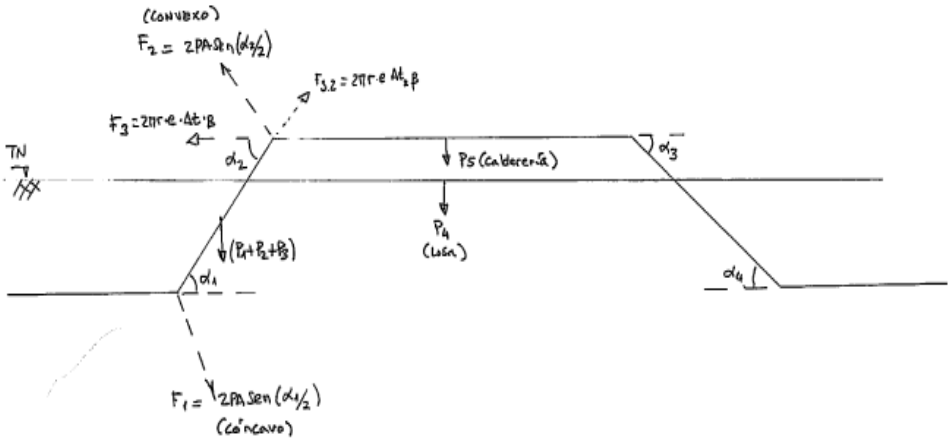
Coef. seguridad deslizamiento		1,50
Coef. seguridad vuelco		1,50
γc = Densidad del hormigón	t/m³	2,35
γw = Densidad del agua	t/m³	1,00
Características del terreno		
γt = Densidad del terreno (seco)	t/m³	1,80
γtw = Densidad del terreno (sumergido)	t/m³	1,10
Φ = Ángulo de roz.terreno (º)	º	35,00
c´= Cohesión terreno	t/m³	0,00
K_1 = coef. función revestimiento tubería (Tub. Libre =1,0; K = 2/3 tub con manga)		1,00
μ_1 = Coef.fricción tubería-terreno = K x tang (0,8 x φ)		0,36
μ_2 = Coef.fricción hormigón-terreno = tang (φ)		0,47
T_{max} = tensión horizontal máxima del terreno	t/m²	10,00
Tipo de tubería		Acero
γa = densidad del acero	t/m³	1,20E-05
β = coef.dilatación térmica		2,14E+07
E = Mod elasticidad del material	t/m²	10,00
ΔT= incremento temperatura en tramos enterrados	º	1,20E-04
Alargamiento = $\Delta T * \beta$	m	2,57E+03
T = tensión por dilatacion térmica = $E*\Delta T * \alpha$	t/m²	0,00
Cuantía mínima	Kg/m³	15,00

- Presión. La presión máxima de diseño contemplada es la obtenida del cálculo hidráulico correspondiente a la estática y su mayoración debida al golpe de ariete, pero teniendo en cuenta la existencia de válvulas de sobrepresión que limitan el valor máximo definido en el Anejo de cálculos hidráulicos.

  A efectos de cálculo se considera: $P_{max} = P_{estática} \times 1,1$

- Peso de tierras: Los cálculos del macizo cóncavo y convexo se realizan conjuntamente, sin tener en cuenta el peso de tierras, pues se considera despreciable y deja el cálculo del lado de la seguridad. Los tramos aéreos no tienen tierras.
- Variación de temperatura: Se contempla el empuje de la dilatación térmica de todo el tramo aéreo, siendo la variación máxima de temperatura en el acero de 10º al considerar agua circulante en su interior. En caso de producirse vaciado y operaciones puntuales de reparación se tomarán las medidas oportunas para evitar variaciones de temperatura indeseadas o, en su defecto, se deberán instalar compensadores de dilatación térmica capaces de absorber variaciones máximas de hasta 40º.
- Losa:
    - Para compensar los esfuerzos horizontales generados por la dilatación térmica y los cambios de pendiente de la tubería, se hará trabajar a la losa solidariamente con el macizo de anclaje. De esta forma se consigue reducir el volumen del macizo convexo.
    - En la losa se dispondrán juntas de dilatación con una separación máxima de 20 m. La armadura será pasante de forma que estructuralmente trabaje conjuntamente. La armadura de la losa será como mínimo #16/15 en ambas caras en zonas sin cargas directas.

      La losa se anclará solidariamente con la armadura del macizo de anclaje convexo y los macizos de anclaje de derivaciones en T y apoyos de la tubería conforme al detalle definido en planos.
- Apoyos: Los apoyos de las tuberías y valvulería se realizarán según el detalle definido en el Documento nº2: Planos, ejecutándose el anclaje de dichos elementos a la solera.
- Macizos: cóncavos y convexos:
    - Los macizos de anclaje cóncavos y convexos dispondrán de una armadura #16/15 con refuerzo en el tramo convexo de 16/15.
    - El dimensionamiento del macizo se hará conforme se define en los apartados posteriores.
    - Los cálculos son realizados contemplando:



- Esfuerzos estabilizantes en eje Y:
    - Peso del macizo de hormigón (P_1): Obtenido como el volumen de macizo de hormigón x 2,35 t/m^3.
    - Peso de la tubería (P_2) : Correspondiente al peso de la tubería en el interior de los macizos y referido a su dimensión y espesor adoptando una densidad del acero de 7,85 t/m^3.
    - Peso de tierras sobre el macizo (P_4)
    - Peso cóncavo (P_5): P*A*cos(α_1/2), donde P = Presión de cálculo, A = Área de la sección de la tubería y α_1 = ángulo de la tubería con la horizontal (se adopta 45º).
    - Peso cóncavo (P_6): P*A*cos(α_1/2), donde P = Presión de cálculo, A = Área de la sección de la tubería y α_1 =ángulo de la tubería con la horizontal (se adopta 45º).
    - Peso de la losa (P_7): Correspondiente a la mitad de la losa completa obtenido como: Superficie total x 0,3 m x 2,35 t/m^3.
    - Peso de la calderería y otros (P_8): Se corresponde al tramo de tubería intermedio entre anclajes y la valvulería, soportes, etc.

  El empuje total en eje Y será $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$

- Esfuerzos estabilizantes en eje X:
    - E_2 = Esfuerzo debido al rozamiento:Será el empuje total P_t mutiplicado por el coeficiente de rozamiento $P_t * \mu_2$
    - E_3 = Empuje pasivo estabilizante por empuje pasivo

- $E_t = E_2 + E_3$

- Esfuerzos desestabilizantes:

  - $F_1(t) = P_{cal}$ x (3,14x ID^2)/4 * sen(α_1/2) (cóncavo)
  - F2*sen(α_2/2) convexo
  - $F_3(t)$ = Dilatación térmica del tramo de acero aéreo

El empuje axial debido a efectos térmicos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{1t} = S \cdot E \cdot \beta \cdot \Delta T$$

donde:

S: sección de tubería en m^2

ΔT: incremento de temperatura en °C

β: Coeficiente de dilatación térmica. Su valor es $\beta = 11 \cdot 10^{-6}$

E: Módulo de elasticidad. Para tubería de acero su valor es $2{,}1.10^7$ t/m^2

- El cálculo se realiza con las siguientes comprobaciones:
  - Comprobación de dimensión de macizo de inicio de toma con válvula de corte abierta.
  - Comprobación de dimensión de macizos de inicio de toma con válvula de corte cerrada.
  - Comprobación de dimensión de macizo de salida de toma con válvula de corte abierta.
  - Comprobación de dimensión de macizos de salida de toma con válvula de corte cerrada.

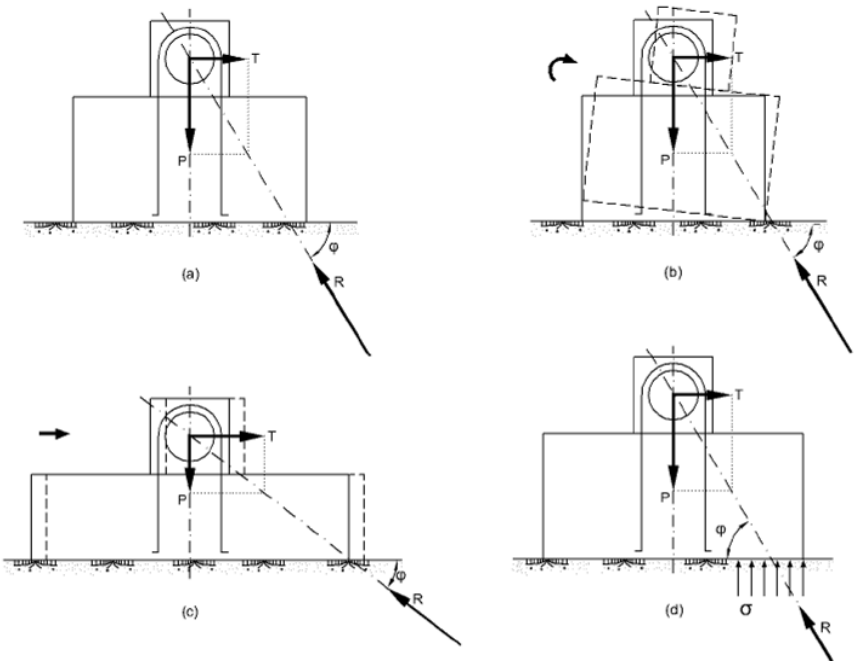
Nota: El macizo de salida se comprueba con las mismas hipótesis que el macizo de entrada, pero ajustándose el diámetro y la presión generada por la reducción de diámetro donde proceda. Adicionalmente se realiza la comprobación de válvula de corte cerrada.

Una vez dimensionado el macizo de acuerdo con el apartado anterior y garantizado su comportamiento frente a deslizamiento y vuelco, se comprobará que el terreno admite las presiones resultantes. Es decir, se calcularán las tensiones transmitidas comprobándose que, en ningún caso, superan las admisibles por el terreno.

1. Comprobación de la condición de seguridad frente al deslizamiento, $F_{estabilizadoras} \geq C_s\ F_{desestabilizadoras}$, con un coeficiente de seguridad al deslizamiento C_s de valor mínimo 1,5.
2. Comprobación de la condición de seguridad frente al vuelco, $M_{estabilizadores} \geq C_s\ M_{desestabilizadores}$, con un coeficiente de seguridad al vuelco C_s de valor mínimo 1,5.
3. Comprobación de que el terreno resiste las presiones transmitidas por el macizo, teniendo en cuenta para ello la tensión admisible del terreno sobre el que se apoya el macizo y cuyo valor se ha extraído del Estudio Geológico-Geotécnico del proyecto.

A efectos de comprobación de los esfuerzos transmitidos en el terreno, se calculan las dimensiones necesarias del dado para:

- Situar la reacción "R" (resultante de "T" y "P") dentro de la superficie del macizo (comprobación al vuelco).
- Comprobar que el ángulo "φ" de la reacción (resultante de "T" y "P") es mayor que el ángulo de rozamiento entre el macizo y el terreno (comprobación de deslizamiento).
- Comprobar que el suelo es capaz de desarrollar la reacción "R" (resultante de "T" y "P") sin romper (comprobación de tensiones en el terreno).



La base del terreno sobre la que se ejecutará el bloque debe ser capaz de soportar su carga sin deformación. En caso contrario, deberán tomarse las acciones oportunas para su estabilización.

Debe asegurarse que el límite de carga admisible del terreno de la pared vertical sobre la que se empotrará el bloque no sea inferior a los valores previstos en el cálculo. En caso contrario, se tomarán las acciones oportunas.

El terreno circundante en contacto con el bloque debe ser compactado adecuadamente y deberá asegurarse la estabilidad del bloque contra el vuelco; si es necesario se realizará un dentellón empotrado en la base del terreno.

Los bloques de empuje no deben empotrar el tubo, sino que deberán ser dimensionados de tal manera que permitan la deflexión de la tubería bajo la carga del terreno adyacente. Además deberá colocarse, a las salidas del tubo del bloque (entre tubería y hormigón), una banda elástica (goma o similar) de 10 a 30 mm de espesor.

- Armadura

La armadura de anclaje en el macizo se proyectará conforme a las prescripciones de la EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural, y del "318-11: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary" (ACI 318-11), del American Concrete Institute (ACI), siguiendo los esquemas propuestos.

Las prescripciones de estos documentos a tener en cuenta son las siguientes:

- Se emplearán recubrimientos mínimos de 70 mm, tal y como corresponde a piezas hormigonadas contra el terreno. Aunque se disponga un hormigón de limpieza, tanto las paredes laterales como la cara superior del macizo quedarán en contacto directo con el terreno (EHE-08. Art. 37.2.4).
- Se emplean armaduras de diámetro mínimo 12 mm (EHE-08. Art. 58.8.2).
- Tanto la longitud de anclaje, l_b, de las armadura S_1 y S_1* como, en caso de ser necesario, la longitud de solape entre la armadura de espera del macizo y la armadura vertical del dado, S_1, deben ajustarse a las prescripciones dadas en el Artículo 69.5.
- La armadura horizontal, S_2, y vertical, S_1, del dado deben cumplir las cuantías geométricas mínimas respecto a la sección total del hormigón establecidas en el artículo 42.3.5. de la EHE-08. Las armaduras calculadas, S_1 y S_2, corresponden a cada una de las caras de la sección.
- Cuantía mínima armadura horizontal S_2: 2,0 ‰
- Cuantía mínima armadura vertical S_1: 1,2 ‰
- Todas la armaduras cumplirán tanto las separaciones mínimas como máximas indicadas en la EHE-08:
    - ✓ Distancia libre mínima (artículo 69.4.1.1):
    - ✓ Distancia libre ≥ 20 mm.
    - ✓ Distancia libre ≥ diámetro de la barra mayor.
    - ✓ Distancia libre ≥ 1,25 veces el tamaño máximo del árido.
    - ✓ Separación máxima entre barras (artículo 42.3.1): s ≤ 30 cm.
- En caso de que no se cumpla la separación máxima entre barras, será necesario añadir una armadura suplementaria S^{1}* (en cada cara).
- En caso de dado con elemento o pasamuros alojado, hay que tener especial cuidado en que no queden zonas de hormigón sin armar.
- En el caso c), conducción que atraviesa el dado, se considerará un número par de redondos para la armadura S_1, por simetría a ambos lados del tubo.
- El procedimiento de cálculo seguido para determinar la armadura S_1 dispuesta, consiste en garantizar que la sección que conecta el dado con el macizo resiste tanto el cortante (resistido por corte-fricción)

como el momento flector, introducido por el empuje. En ningún caso este armado será inferior al que prescribe la EHE-08 por cuantías mínimas (artículo 42.3.5).

El estado de corte-fricción, tal y como se recoge en el "Proyecto y Cálculo de Estructuras de Hormigón en masa, armado y pretensado" de J. Calavera, es en definitiva un Estado Límite Último no considerado explícitamente por la EHE, y que consiste en comprobar que la transferencia de esfuerzos se realiza directamente por cortante a través de una superficie potencial de fisuración o una junta entre dos hormigones. Este estado de cortante por fricción se explica con detalle en el "318-11: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary" (ACI 318-11), del American Concrete Institute (ACI).

Al experimentar un corrimiento paralelo a la superficie mencionada de las partes A y B, las crestas de la superficie rugosa montan unas sobre otras tensando la armadura de cosido A_{st}. Esta armadura A_{st} se refiere a cada una de las filas de armaduras perpendiculares a la dirección del empuje, tal como se indica en la

La componente $A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \mu \cdot sen(\alpha)$ es la resistencia del refuerzo por cortante.

$A_{st} \cdot f_{yd} \cdot cos(\alpha)$ es la resistencia por tracción.. Por tanto, la tensión tangencial en la superficie de la fractura, τ_d, puede calcularse de la siguiente forma:

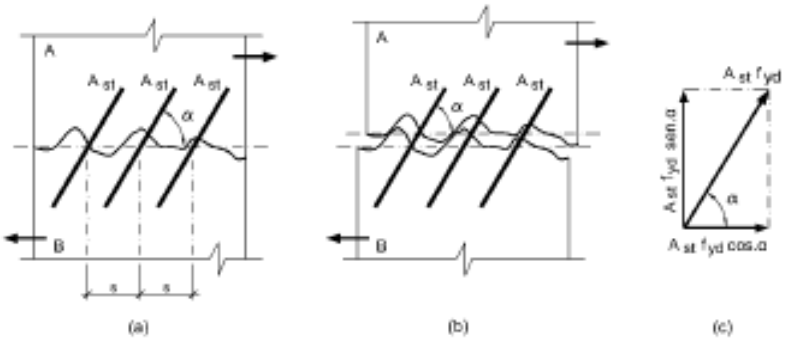
$$V_u = \tau_d \cdot p \cdot d \leq V_n = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot \left[\mu \cdot sen(\alpha) + cos(\alpha)\right]$$

De este modo, el esfuerzo cortante quedaría:

$$\tau_d = \frac{A_{st} \cdot f_{yd}}{p \cdot d}\left[\mu \cdot sen(\alpha) + cos(\alpha)\right]$$

siendo:

V_u	Solicitación cortante de cálculo
V_n	Resistencia a cortante de cálculo
Ast	Armadura de cosido
α	Ángulo de la armadura de cosido
s	Separación entre redondos
p	Largo de la pieza, dado de hormigón en este caso
d	Ancho de la pieza, dado de hormigón en este caso, en sentido perpendicular
μ	Coeficiente de rozamiento entre ambos hormigones



Realmente μ no es tan solo un coeficiente de rozamiento, sino que además tiene en cuenta el efecto del engranaje de las crestas de la superficie de fractura y el efecto de pasador de la armadura. La norma 318-11 del American Concrete Institute (ACI 318- 11) especifica los siguientes valores al respecto:

μ = 1,4·& Hormigón colocado monolíticamente

μ = 1,0·& Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie intencionadamente rugosa

μ = 0,6·& Hormigón colocado contra otro endurecido y de superficie no intencionadamente rugosa

μ = 0,7·& Hormigón anclado mediante conectadores

Siendo & = 1,0 para hormigón de peso normal.

El apartado *47.2.2 Secciones con armadura transversal*, de la EHE-08, referido al estado límite de agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones, limita la tensión rasante de agotamiento a: 4,15 N/mm^2

Como criterio general se adopta una cuantía mínima de 15 kg/ m^3.

➔Con carácter general se opta por armar mediante un mallazo formado por redondos, #Φ16/15

- En caso de no cumplirse el coeficiente de seguridad al deslizamiento o vuelco, se podrá determinar la necesidad de instalar compensadores de dilatación que permitan anular los esfuerzos generados por la dilatación térmica y los alargamientos generados.

- Los macizos en T se calculan por separado considerando macizos de anclaje autoportantes adicionales. Esta circunstancia dejará el diseño del lado de la seguridad.

A continuación se exponen aspectos referidos al dimensionamiento de los anclajes:

8.2.1. Empuje por efectos térmicos

El empuje térmico dependerá de la ubicación de la tubería. En el caso de tuberías enterradas, la diferencia de temperatura es mínima pudiendo oscilar entre 2 y 5 grados. Para el caso de tuberías aéreas con agua circulante en su interior que actúa como regulador térmico, se pueden estimar variaciones de temperatura de 10º aunque en circunstancias extremas se pueden alcanzar variaciones de hasta 20º si la conducción está vacía.

A efectos de cálculo se considera 10º con agua en su interior, aspecto que dejará los cálculos del lado de la seguridad.

El Empuje axial debido a efectos térmicos se calcula mediante la siguiente expresión:

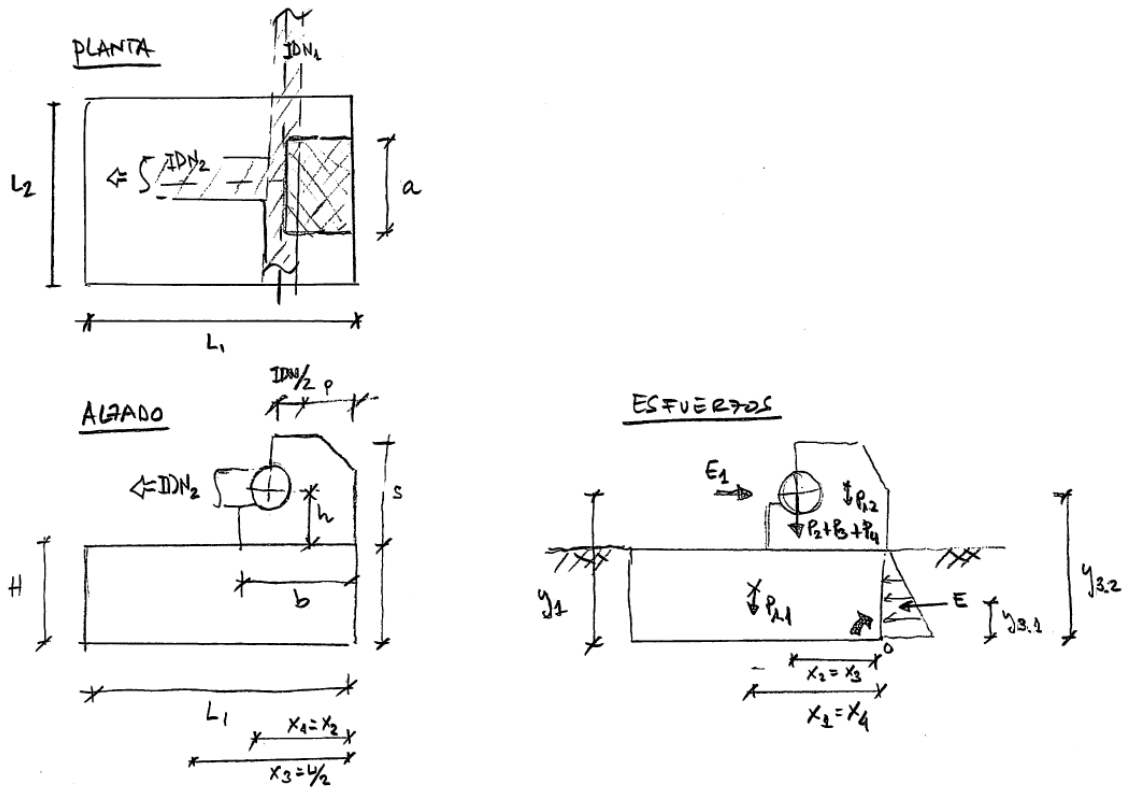
$$E_{1t} = S \cdot E \cdot \beta \cdot \Delta T$$

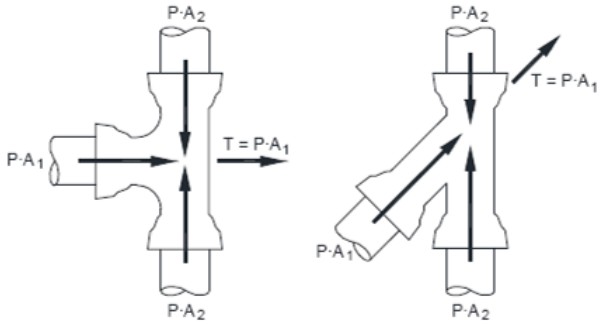
donde:

- S: sección de tubería en m^2
- ΔT: incremento de temperatura en °C
- β: Coeficiente de dilatación térmica. Su valor es $\beta = 11 \cdot 10^{-6}$
- E: Módulo de elasticidad. Para tubería de acero su valor es $E = 2{,}1.10^7$ t/m^2

8.2.2. Cálculo de anclajes horizontales en derivaciones T

Los esfuerzos transmitidos por las derivaciones deben ser compensados mediante macizos de anclaje y cumpliendo los coeficientes se seguridad al deslizamiento y vuelco.





Empujes desestabilizadores

- Esfuerzos por ángulo de la conducción: F_1= F_1 (t)=P * Área

  Donde P = Presión estática +10% Presión estática debido a los transitorios = 1,1 x $P_{estática}$
- Dilatación térmica: F_2 (t)= 2*π *(r_{ext}-e)^2*e*T
- E_1= F_1+F_2

- Empujes estabilizadores
  - P_1= Peso de hormigón (t)
  - P_2=Peso de la tubería (t)
  - P_3=Peso del agua (t)
  - P_4=Peso de tierras (t) (en tramos enterrados)
  - E_2 (t) =(P_1+P_2+P_3+P_4)* μ_2

- E_3 (t)= empuje pasivo del terreno

  donde:

  - H_t = Altura de tierras sobre tubería=1,5 m
  - μ_1 = Coeficiente de fricción tubería-terreno
  - μ_2 = Coeficiente de fricción hormigón-terreno
  - φ= Ángulo de roz. terreno (º) = 35º
  - r_{ext} = Radio exterior de la tubería (m)
  - e = Espesor de la tubería (m)
  - r = Radio interior de la tubería (m)
  - T= Tensión por variación térmica (º) = E*ΔT * β
  - γ = Densidad del acero (t/m^3)= 7,85
  - B = Coef. dilatación térmica = 1,20 E-05
  - E = Mod. elasticidad del material (t/m^2) = 2,14 E+07
  - ΔT= Incremento temperatura (º)= 2º (enterrada) y 10º (aérea)
  - Alargamiento (m) = ΔT * β = 2,40 E-05
  - T = Tensión por dilatacion térmica = E*ΔT * β T(t/m^2) = 5,14 E+02
  - K_p = Coef. empuje pasivo
  - L_1 = Longitud del anclaje (m)
  - L_2 = Ancho del anclaje

El cálculo para el dimensionamiento del macizo de anclaje se realiza de forma que deba cumplir:

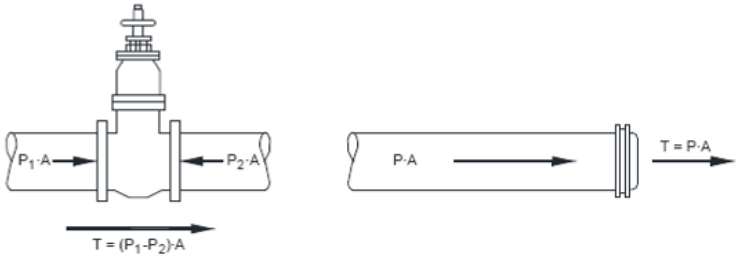
- Estabilidad al deslizamiento: $(E_2+E_{31}+E_{32})/E_1 \geq 1,5$
- Estabilidad al vuelco: $(P_1*X_1+P_2*X_2+P_3*X_3+P_4*X_4)*X_1 + (E_{31}*Y_{3.1})+(E_{3.2}*Y_{3.2}) \geq 1,5*E_1*Y_1$

  Donde los brazos de momentos respecto al punto 0 son:

  - Brazo de pesos:
    - X_1 = L/2 (no considera la excentricidad del muro)
    - X_2 = p+DN_1/2 (no considera la derivación)
    - X_3 = p+DN_1/2 (no considera la derivación)
    - X_4 = L/2
  - Brazo empuje pasivo:
    - $Y_{3.1}$ = brazo de empuje pasivo de zapata = H/2 (aprox)
    - Y = brazo de empuje pasivo de muro = H + s/2 (aprox)
  - Brazo de empuje de fuerzas desestabilizantes = Y_1 = (H+DN_2/2+0,3)

8.2.3. Cálculo de anclajes en válvulas o terminaciones

Los esfuerzos transmitidos por el corte de válvulas o derivaciones es E = P*A, donde P es la máxima presión de diseño y A es el área de la tubería.



Para las tomas donde se disponga de válvulas , será necesario instalar un macizo de anclaje que contrarreste los esfuerzos generados.

Tal y como se observará en los cálculos realizados para derivaciones en T o anclajes cóncavos y convexos diseñados en las tomas siempre contemplan como esfuerzo desestabilizante el esfuerzo generado por la válvula o terminación y expresado como E = P*A.

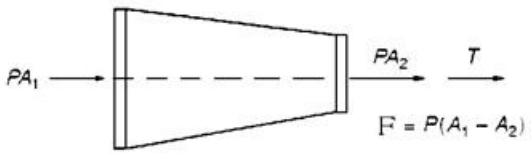
La presión de cálculo adoptada será P = Presión estática +10% x Presión estática para contemplar los posibles sobre-esfuerzos generados por el golpe de ariete.

La dimensión de los anclajes diseñados para las derivaciones T o cóncavos y convexos se consideran cumplen los coeficientes de seguridad al deslizamiento y vuelco exigidos como anclaje de válvula y/o terminación. Es por ello que no se requiere realizar los cálculos adicionales de comprobación para anclajes en válvulas de corte o terminaciones.

Por otro lado en el diseño de los macizos de anclaje cóncavos y convexos se ha realizado comprobación con válvula de corte abierta o cerrada.

8.2.4. Cálculo de anclajes en reducciones

El empuje actúa según el eje del flujo y su magnitud se determina por:



$$F = P \times (A_1 - A_2)$$

donde: P = presión máxima en la conducción (kg/cm^2)

A_1 = sección del fluido en la sección mayor (cm^2)

A_2 = sección del fluido en la sección menor (cm^2)

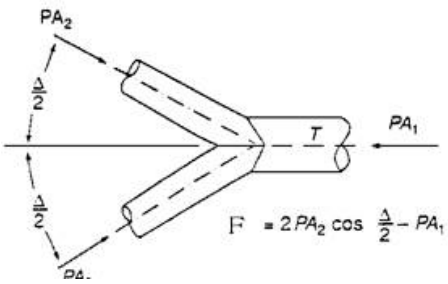
El presente proyecto contempla las reducciones de tuberías en la tomas tras la derivación en T y en la reducción requerida para la instalación de caudalímetro.

El dimensionamiento de los macizos de anclaje cóncavos y convexos, y de derivación de la toma en T diseñados, contempla el empuje correspondiente al cierre de la valvula de corte y en extremos E= (P*A) y superior al generado por la reducción F = P*(A_1-A_2), es por ello que dichos macizos se consideran válidos y como envolvente de los esfuerzos generados.

En consecuencia no se considera necesaria la comprobación de cálculo en reducciones de diámetro.

8.2.5. Cálculo de anclajes en bifurcaciones

El empuje actúa según la bisectriz de los ramales y su magnitud se determina por:



$$F = 2 \times P \times A_2 \times \cos\frac{\alpha}{2} - P \times A_1$$

donde: P = presión máxima en la conducción (prueba hidráulica, golpe ariete, etc.) (kg/cm^2)

A_1 = sección del fluido en la entrada (cm^2)

A_2 = sección del fluido en los ramales de la bifurcación (cm^2)

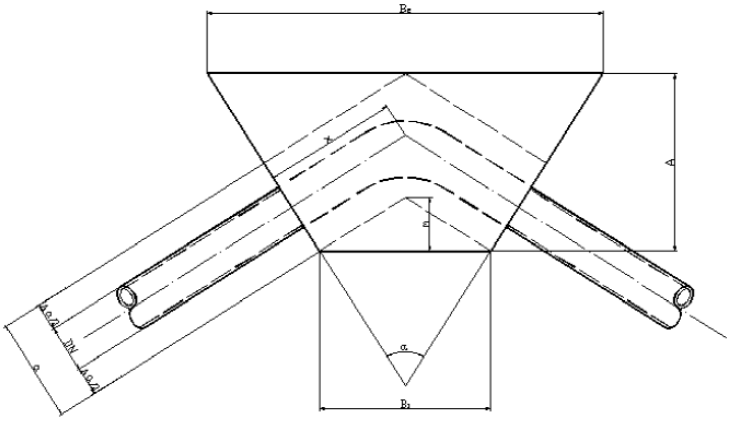
8.2.6. Cálculo de anclaje horizontal en codos

Conforme se ha expuesto en apartados anteriores, el diseño del trazado se ha realziado mediante juntas soldadas de forma que no existan quiebros angulares que requieran el uso de anclajes horizontales por codos.

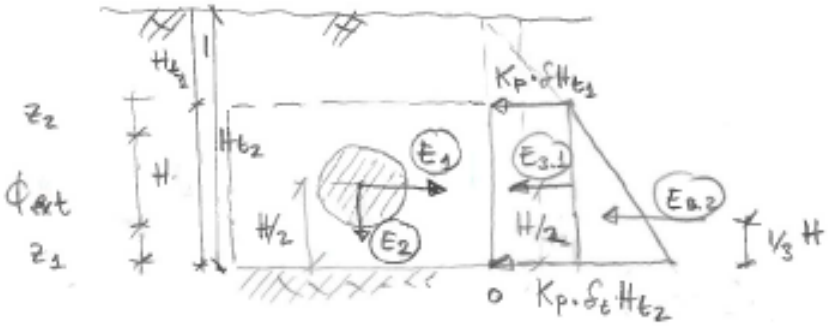
No obstante, a título informativo, en el Apéndice 7.2.6 se adjuntan los cálculos de macizos de anclaje para los diversos diámetros comprendidos entre 2.000 y 1.300 mm, presiones de trabajo comprendidas entre 6 y 25 atmósferas y ángulos de 11,5º, 22,3º; 30º, 45º y 90º, en caso de que pudieran ser necesarios en la ejecución de las obras.

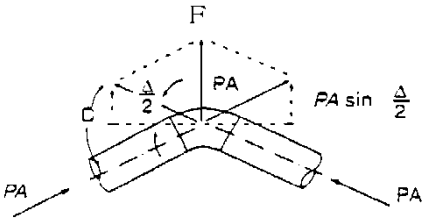
El cálculo ha sido realizado considerando la necesidad de cumplir los coeficientes de seguridad frente al deslizamiento de 1,5 y vuelco de 1,5, incluyéndose como fuerzas estabilizantes el peso de la tubería, peso del agua, peso de tierras con una altura media de 1,5 m sobre clave de tubo y un empuje pasivo del terreno.

El macizo de anclaje se diseña con una sección en planta trapezoidal y en alzado de forma que cubre completamente a la tubería.



MACIZO DE CAMBIO DE ALINEACIÓN (PLANTA)





- B_1 = ancho del lado corto del trapecio
- m = distancia desde borde de zanja al lado mayor trapecio
- A = largo trapecio (planta)= a/cos(ang/2)+0,5B_1*Tan(ang/2)
- B_2 = B_1+2X = lado largo del trapecio
- 2*X = long.tubería embebida en el macizo (m)
- z_1 = espesor de hormigón en base macizo
- z_2 = espesor de hormigón sobre clave tubo
- H = altura de macizo = z_1+z_2+DN
- V = Volumen hormigón (m^3)

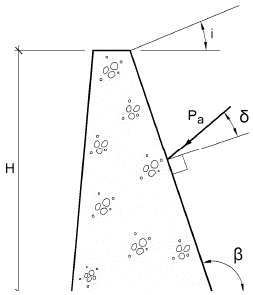
- Empujes desestabilizadores
  - Esfuerzos por ángulo de la conducción: F_1= F_1 (t) = P*(2π *(r^2))*sen(ang/2)
  - Dilatación térmica: F_2 (t)= 2*π *(r_{ext}-e)^2*e*T*sen(ang/2)
  - E_1= F_1+F_2
- Empujes estabilizadores
  - P_1 = Peso del macizo (t)
  - P_2 = Peso de la tubería (t)

- P_3 = Peso del agua (t)
- P_4 = Peso de tierras (t) (en tramos enterrados)
- $E_2(t) = (P_1+P_2+P_3+P_4)* \mu_2$
- $E_{3,1}$ (t) = empuje pasivo del terreno = $Kp*\gamma*H_1*(H_2-H_1)*(B_2)$
- $E_{3,2}$ (t) = empuje pasivo del terreno = $Kp*\gamma*(H_2-H_1)*(H_2-H_1)*(B_2)*1/2$

Empujes estabilizadores = $E_2+E_{3.1}+E_{3.2}$

donde:

- μ_2 = Coeficiente de fricción hormigón-terreno
- φ = Ángulo de roz.terreno (º)= 25º
- r_{ext} = Radio exterior de la tubería (m)
- e = Espesor de la tubería (m)
- r = Radio interior de la tubería (m)
- T = Tensión por variación térmica (º) = $E*\Delta T * \beta$
- γ_a = densidad del acero (t/m³) = 7,85
- β = coef. dilatación térmica = 1,20 E-05
- E = Mod. elasticidad del material (t/m²) = 2,14 E+07
- ΔT= incremento temperatura (º)= 2,00
- Alargamiento (m) = $\Delta T * \beta$= 2,40 E-05
- T = tensión por dilatacion térmica=$E*\Delta T * \beta$ (t/m²)= 5,14 E+02
- K_p= Coef.empuje pasivo



$$K_A = \left[\frac{\operatorname{cosec}\beta \cdot \operatorname{sen}(\beta-\phi)}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta+\delta)} + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\delta+\phi)\cdot\operatorname{sen}(\phi-i)}{\operatorname{sen}(\beta-i)}}} \right]^2$$

$$K_P = \left[\frac{\operatorname{cosec}\beta \cdot \operatorname{sen}(\beta+\phi')}{\sqrt{\operatorname{sen}(\beta-\delta)} - \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\delta+\phi')\cdot\operatorname{sen}(\phi'+i)}{\operatorname{sen}(\beta-i)}}} \right]^2$$

- Brazos de momentos: El momento a vuelco se calcula respecto el punto 0
  - Brazo de pesos: Y_2 = A/2

- Brazo empuje pasivo:
  - $Y_{3.1} = H/2$
  - $Y_{3.2} = H/3$
- Brazo de empuje de fuerzas desestabilizantes = $Y_1 = (z_1+DN/2)$

El cálculo para el dimensionamiento del macizo de anclaje se realiza de forma que el mismo deba cumplir:

- Estabilidad al deslizamiento: $(E_2+E_{31}+E_{32})/E_1 \geq 1,5$
- Estabilidad al vuelco: $(P_1+P_2+P+P_3+P_4)*Y_2+ (E_{3.1}*Y_{3.1})+(E_{3.2}*Y_{3.2}*1/3) \geq 1,8*E_1*Y_1/2$

La tensión transmitida al terreno debe ser menor de 15 t/m^2, por lo que se debe cumplir: $E_1/(B_2*H) <15$

El armado del macizo se calcula para garantizar una cuantía mínima del 15% del volumen y además los requerimientos de cuantía geométrica mínima de 0,18%.

8.3. ANCLAJES VERTICALES EN TRAMOS DE CONDUCCIÓN INCLINADOS CON GRAN PENDIENTE

8.3.1. Análisis de pendientes y necesidad de anclajes verticales

A continuación se procede a analizar la pendiente mínima a partir de la cual se considera necesario disponer anclajes.

El análisis se realiza para diferentes ángulos de rozamiento del terreno de forma que se permita caracterizar los diferentes tipos de suelos atravesados, adoptando coeficientes de seguridad de 1,0 y 1,5.

Se producirá deslizamiento cuando el rozamiento de la tubería-terreno sea menor que la pendiente:

$$\mu_1*\cos(\alpha) - K_1*\text{sen}(\alpha) < 0$$

Características del terreno

φ = Ángulo de roz.terreno (º)	º	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00
c´ = Cohesión terreno	t/m³	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K_1 = coef.función del revestimiento de la tubería (tub. libre =1,0; K= 2/3 tub con manga)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
μ_1 = Coef. fricción tubería-terreno = K x Tang(0,8 x φ)		0,29	0,36	0,45	0,53	0,62
μ_2 = Coef. fricción hormigón-terreno = Tang(φ)		0,36	0,47	0,58	0,70	0,84

Análisis de pendiente máxima sin necesidad de macizo de anclaje. Coef. Seguridad K_1 = 1,0

Pendiente	%	28,7%	36,4%	44,5%	53,2%	62,5%
Ángulo del terreno (pendiente) = α	º	16,00	20,00	24,00	28,00	32,00
K_1 = Coef. seguridad deslizamiento		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\mu_1*\cos(\alpha)$ $-K_1*\text{sen}(\alpha) \geq 0$		9,1E-05	1,5E-05	3,7E-05	7,6E-05	1,7E-05

Análisis de pendiente máxima sin necesidad de macizo de anclaje. Coef. Seguridad K_1 = 1,5

Pendiente	%	19,1%	24,3%	29,7%	35,4%	41,6%
Ángulo del terreno (pendiente) = α	º	10,82	13,64	16,53	19,51	22,59
K_1 = Coef. seguridad deslizamiento		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
$\mu_1*\cos(\alpha) - K_1*\text{sen}(\alpha) \geq 0$		9,4E-05	1,2E-05	1,9E-05	1,5E-04	6,1E-04

Se observa que para un material con ángulo de rozamiento de 20º, la pendiente crítica a partir de la que se produce deslizamiento es de 19%, con un coeficiente de seguridad de 1,5. A medida que el ángulo de rozamiento se incrementa, la fricción aumenta y por lo tanto la pendiente aumenta la pendiente crítica.

En el presente proyecto y a la vista de la caracterización geotécnica de los materiales atravesados se dispondrá de macizos de anclaje en los tramos de tubería con pendientes superiores al 30%.

8.3.2. Anclajes en tramos inclinados

A continuación se adjuntan los tramos del trazado con pendientes superores a 30% y que requerirán macizos de anclaje vertical.

Tramo	P.K. tramo	P.K. Acumulado	Pte % max	Nº tuberías	DN tuberías (mm)	Acero tipo S-	espesor adoptado (mm)	Altura de excavación a TN (m)	Zanja tipo asignada	Anclaje convavo	Anclaje convexo	Anclaje en tramo inclinado	Observación
CN-T11	3.041,00	3.041,00	65%-68%, promedio 42%	2	2.000	275	14	4,07	Z11	30		si	Requiere anclajes
CN-T11	3.145,00	3.145,00		2	2.000	275	14	5,07	Z11		20		
CN-T11	5.460,00	5.460,00		2	2.000	275	14	7,16	Z3			N/A	La zanja se hormigona en su totalidad condicionado por la altura de excavación, por lo que no se requiere anclaje
CN-T11	5.490,00	5.490,00		2	2.000	355	14	12,02	Z3				
CN-T11	8.085,00	8.085,00		2	2.000	275	14	4,32	Z6			N/A	La zanja se hormigona al pasar un arroyo por lo que no se requiere anclaje
CN-T11	8.113,00	8.113,00		2	2.000	275	14	5,84	Z6				
T13-T13B	1.672,00	40.302,00	41,8%	2	1.800	275	11,5	4,17	Z11	N/A	N/A	si	Requiere anclaje en tramo inclinado. No requiere macizos cóncavos o convexos por disponer de trazado con cruva no angular
T13-T13B	1.713,00	40.343,00		2	1.800	275	11,5	5,1	Z11	N/A	N/A		
T17-T18	2.360,00	55.946,21	30,9%	2	1.600	275	12,5	5,99	Z11	N/A	N/A	si	Requiere anclaje en tramo inclinado. No requiere macizos cóncavos o convexos por disponer de trazado con cruva no angular
T17-T18	2.390,00	55.952,21		2	1.600	275	10	5,23	Z11	N/A	N/A		
T18-T19	1.421,00	58.223,21	44,8%	1	1.800	275	11,5	5,15	Z11	N/A	N/A	si	Requiere anclaje en tramo inclinado.
T18-T19	1.437,00	58.239,21		1	1.800	275	11,5	5,9	Z11	N/A	N/A		

													No requiere macizos cóncavos o convexos por disponer de trazado con cruva no angular

Tal y como se observa el tramo con la mayor pendiente y más largo corresponde al tramo CN-T11 entre el PK 3+041 y 3+145 , en el que se requieren macizos de anclajes cóncavos y convexos.

Para el caso de tramo CN-T11 PK 5+460 a 5+490 y PK 8+085 a 8+113 la zanja se hormigona por lo que no se requieren anclajes verticales en tramos inclinados.

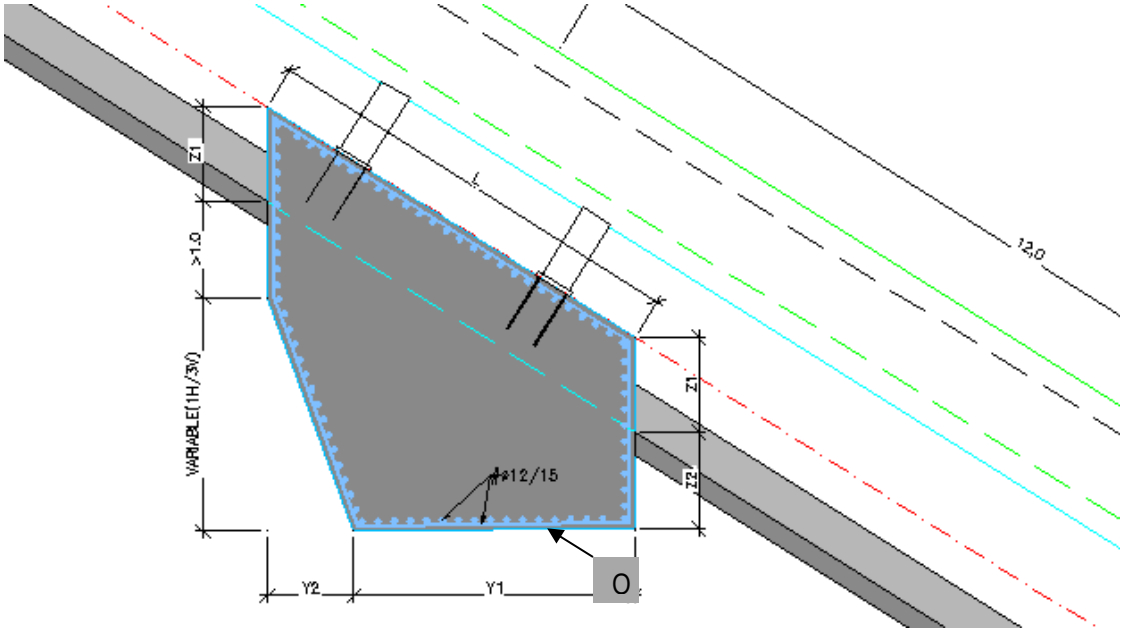
En el resto de tramos sólo se requiere anclajes en tramos inclinados.

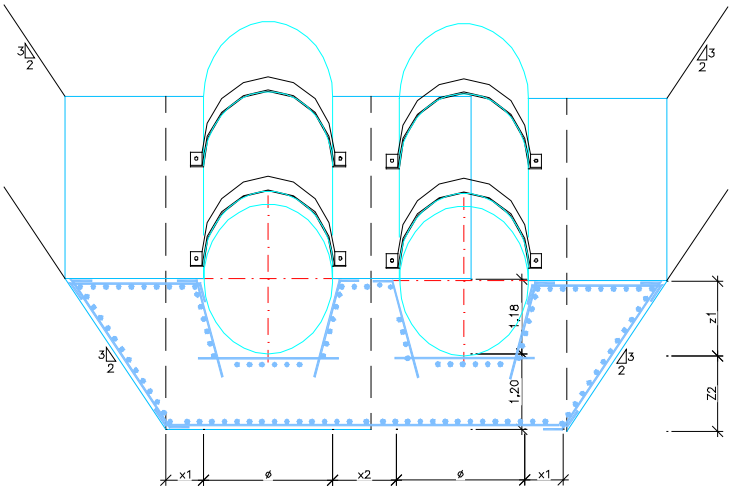
Al ser una tubería de acero helicoidal soldada, se dispondrá de doble soldadura (interior y exterior) en todos los tramos con pendiente superior a 30% de forma que las tracciones generadas puedan ser contrarrestadas.

El procedimiento de anclaje en tramos inclinados superiores a 30% consistirá en la ejecución de macizos de anclaje arriostrados a la tubería con una separación máxima entre ejes de 12,0 m encargados en contrarrestar el coeficiente de rozamiento ausente de la tubería.

En el resto de la tubería y a lo largo de todo el tramo con inclinación, adoptaremos la sección tipo - Z11 donde la tubería apoyará en una cama de hormigón de 25 cm de espesor con un ángulo de apoyo de 120º y relleno de cobertura con suelo selecionado. En dicha zanja, cada 3,0 m se dispondrá de una pletina de anclaje en la tubería de forma que se favorezca la instalación y arriostre.

La dimensión del macizo se refleja en el siguiente esquema:





donde :

- μ_1 = Coeficiente de fricción tubería-terreno
- μ_2 = Coeficiente de fricción hormigón-terreno
- φ = Ángulo de roz. terreno (º) = 30º (nota: los valores de los tramos con pendiente se encuentran ubicados principalmente en sustrato terciario por lo que adopta un ángulo de rozamiento de 30º como promedio).
- Diametro ext.= D_{ext} (mm)
- espesor= e (mm)
- Diámetro interior = D_i (mm)

- Diámetro medio = D_m (mm)
- P = Pendiente del tramo (%). Para el cálculo se adoptan valores máximos del tramo analizado, lo que permitirá dejar el cálculo del lado de la seguridad.
- α = ángulo de desviación respecto la horizontal (º). Se obtiene a partir de la pendiente del tramo.
- H_t= Altura de tierras sobre clave de tubería (m). Para el cálculo se adopta un valor medio de 1,5 m.
- X_1 = Distancia desde el tubo al borde de la zanja (m)
- X_2 = Separación entre tubos (m)
- Ancho de zanja en base (m) = $2*X_1$+Nº tubos x D_{ext} + X_2
- Talud de excavación = H/V
- Z_1 = altura de macizo en tubería apoyo 180º (m) = DN tubo/2 (m)
- Z_2 = altura de empotre desde rasante (m) > 1,0 m.
- Z_3 = altura media de macizo(m)
- L = Longitud de anclaje = Y_1+Y_2
- V = Volumen del macizo
- Distancia máxima entre macizos (m): máximo 12,6 m
- *Pesos:*
    - P_1 = Peso hormigón (t)
    - P_2 = Peso tubería (t) entre macizos
    - P_3 = Peso agua interior (t) entre macizos
    - P_4 = Peso de tierras (t) entre macizos
- *Esfuerzos des-estabilizantes*
    - $E_1 = (P_2+P_3+P_4)*sen(\alpha)$
- *Esfuerzos estabilizantes*
    - $E_{2,1} = P_1*\mu_2* cos(\alpha)$ = Empuje estabilizador macizo
    - $E_{2,2} = (P_2+P_3+P_4)*\mu_1*cos(\alpha)$
    - Esfuerzo total estabilizante = $E_{2,1} + E_{2,2}$

El cálculo para el dimensionamiento del macizo de anclaje se realiza de forma que el mismo deba cumplir:

- Estabilidad al deslizamiento: $(E_{2.1} + E_{2.2})/E_1 \geq 1,5$
- Estabilidad al vuelco: $((E_{2,1} + E_{2,2})*b_1 > 1,8* E_1*b_1$

donde:

- b_1 = brazo de fuerzas desestabilizantes respecto el punto "O"
- b_2 = Brazo de fuerzas estabilizantes respecto el punto "O"

El diseño ha tenido en cuenta el peso total del agua, de la tubería y de tierras sobre la tubería en una longitud equivalente al tramo entre anclajes y que, en consecuencia, tienen influencia en el macizo diseñado.

No se consideran variaciones de temperatura que puedan afectar al coeficiente de rozamiento entre la tubería y el terreno y entre el macizo y el terreno al encontrarse la conducción enmterrada.

Toda la conducción entre macizos se ejecutará con una sección tipo (Z_{11}) con una base de 0,25 m y un apoyo de 120º hormigonado, donde se dispondrá de pletinas de anclaje cada 3,0 m. Esta circunstancia incrementa el grado de seguridad del cálculo realizado ya que el macizo y su comprobación al deslizamiento y vuelco no contempla dicho arriostre.

La tensión transmitida al terreno debe ser menor de 15 t/m^2, por lo que se debe cumplir:$P_1+(P_2+P_3+P_4)/12*L/(\text{ancho zanja x largo macizo}) > 15$

El armado del macizo se calcula para garantizar una cuantía mínima del 15% del volumen y además los requerimientos de cuantía geométrica mínima de 0,18%.

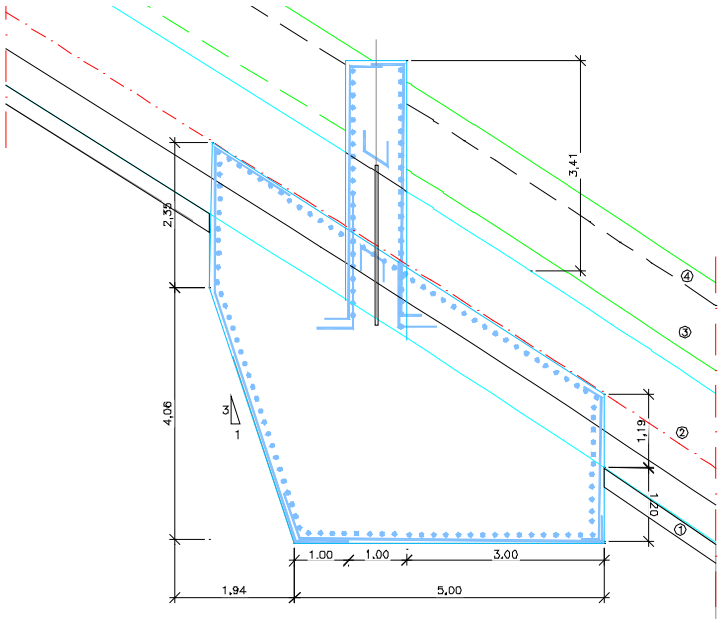
El detalle de los cálculos se adjunta en el Apéndice 7.2.7.

8.3.3. Anclaje - muro para contención de tierras en tramos inclinados

Para los tramos con pendiente superior a 30º, con una separación de 36 m y alternativamente con los macizos de anclaje inclinados se ejecutará un macizo de anclaje con muro para contención de tierras de arrastre.

El muro tendrá un espesor de 1,0 m y una anchura de (0,6 +DN+ 1,0 + DN +0,6 m), con una puntera de canto variable de espesor mínimo 1,2 m, con una longitud de 3,0 m y un tacón de 1,0 m de espesor variable.

Se adjunta ilustrativo del anclaje-muro del tramo CN-T11 PK 3+045 a 3+145:



El muro ha sido calculado como un muro ménsula de sección constante de cimentación para una altura máxima de 4,0 m y que ha sido posteriormente trasladado para disponer además de la dimensión del anclaje inclinado anteriormente expuesto. El resultado será una zapata de sección variable que se adecúa a la pendiente y dimensión del macizo de anclaje inclinado y que dispone de un muro.

La altura de muro de 4,0 m ha sido considerada como pésima para las diferentes pendientes que nos podemos encontrar, dejando así el cálculo del lado conservador.

La pendiente del trasdós se ha simulado con un talud de 45º como máximo con terreno con ángulo de rozamiento de 35º y cohesión de 1 t/m^2. Además se ha considerado un nivel freático a 2,5 m de profundidad desde el terreno natural.

Esto implica que en los tramos con pendiente superior, el muro sobresaldrá para dotar de una pendiente suavizada de 45º.

El detalle del cálculo de los muros se adjunta en el Apéndice 7.2.7.3

El muro se calcula contemplando el peso de la tubería de acero y el agua para los que se asigna el valor de 1 t/m, pero sin el relleno de intradós (aguas abajo) suponiendo que no da lugar a un esfuerzo pasivo y, en consecuencia, es el propio muro el que debe contener las tierras de la faja anterior a la misma.

Para el armado de la cimentación no debería considerarse la cuantía mínima pues de lo contrario estaría realmente sobrearmado ya que el espesor del mismo es variable. Por otro lado, debido a que los tubos serán pasantes, se opta por disponer de un refuerzo en el trasdós de 25/15 y en el intradoós de 16/15, así como el refuerzo propio de huecos para paso de tubos.

El análisis del conjunto contempla el estudio de estabilidad y deslizamiento.

8.3.4. Anclaje de ángulo cóncavo

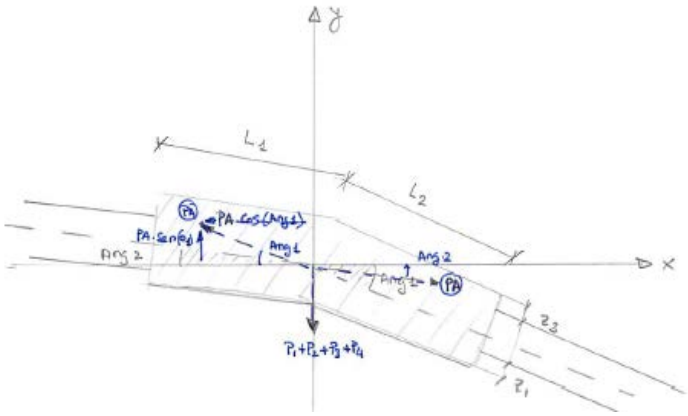
De forma generalizada el presente proyecto se ha desarrollado con cambios de pendiente en alzado con una desviación angular de 2º en tuberías de longitud de 14 m y que corresponden a un radio mínimo de 200 m. Puntualmente ha sido reducido hasta desviaciones angulares de 6º, y se ha recurrido al corte de tuberías para disminuir los radios establecidos.

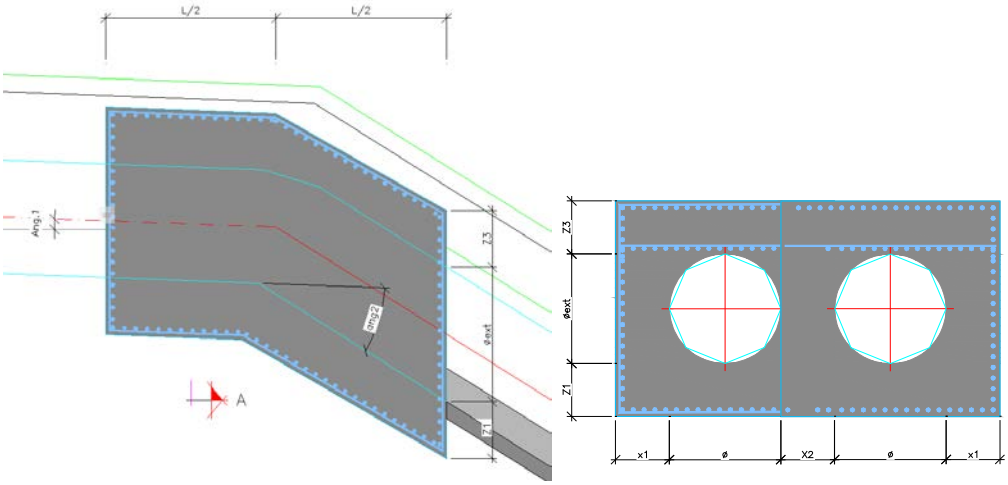
No obstante se dan las siguientes particularidades:

- PK 3+040: ángulo convexo de 30º con la horizontal.
- PK 8+116: ángulo convexo de 20º con la horizontal.

El anclaje del ángulo convexo se diseña para ángulos con la horizontal superiores a 11,3º y que corresponden al cambio de pendiente igual o superior al 20%.

El anclaje convexo se resuelve mediante un macizo de hormigón que cubre por completo la tubería y evita el despegue, deslizamiento y vuelco. El macizo tendrá una anchura ($2*x_1+DN$), una altura (z_1+DN+z_2), y una longitud (L/2) desde el vértice.





donde:

- P_{cal} = Presión de cálculo (atm)
- DN_{ext} = diámetro exterior de la tubería principal
- e_1 (mm) = espesor tubería
- DN_i = diámetro interior de la tubería principal
- *Macizo de anclaje*
    - H_t = Altura de tierras sobre clave de tubería
    - Talud del macizo= H/V (se adopta H/V = 0)
    - z_1 = espesor apoyo de cama
    - z_3 = espesor de hormigonado en cobertura sobre clave
    - x_1 = espesor de macizado a cada lado del tubo
    - L_1 = Longitud a cada lado del vértice
    - $L_t = 2\ L_1$ = Longitud total de anclaje
- *Ángulos*
    - ang-1 = angulo con la horizontal tramo-1
    - ang-2 = angulo con la horizontal tramo-2
- *Empujes desestabilizantes eje X*
    - F_1 (t) = P_{cal} x (πx ID^2)/4 * (cos(ang-1) - cos(ang-2))
    - F_2 (t) = Dilatación térmica de la tubería. Se adopta una variación de temperatura de 2º en zanjas enterradas
    - E_1 (t) = F_1+F_2
- *Empujes estabilizantes eje Y*
    - P_1 = Peso hormigón (t)
    - P_2 = Peso tubería (t)
    - P_3 = Peso agua interior (t)
    - P_4 = Peso de tierras (t)
- *Empujes des-estabilizantes eje Y*
    - P_5 = PA*(sen(ang-1) - sen(ang-2))
    - P_6 = dilatación termica

Se debe cumplir : $P_t = P_1+P_2+P_3+P_4+P_5 > 0$

- E_2 = empuje por rozamiento estabilizante.=$P_t*\mu_2$
  - K_p = Coef. Pasivo
  - $E_{3,1}$ = Empuje pasivo estabilizante por empuje pasivo
  - E_3 = Empujes estabilizantes (t)
- Coef. Seguridad deslizamiento = 1,5

  Se debe cumplir : $E_1*1,5 < P_t*\mu_2$
- *Momentos estabilizadores*
  - X_1 = Brazo peso macizo (m)
  - X_2 = Brazo peso tubería (m)
  - X_3 = Brazo peso agua (m)
  - X_4 = Brazo peso tierras (m)
  - x_5 = Brazo P_5
  - x_6 = Brazo P_6
  - M_2 (t*m) = $P_1 X_1+P_2 X_2+P_3 X_3+P_4 X_4+P_5 X_5+P_6 X_6$
  - $Y_{3,1}$ = Brazo empuje pasivo (m)
  - $M_3= M_3*Y_3$ (t*m)
- *Momentos desestabilizadores*
  - Y_1 = Brazo de E_1 (m)
  - M_1 (t*m) = E_1*Y_1
- Coef. Seguridad vuelco > 1,8

  $M_1*1,8 < (M_2+M_3)$

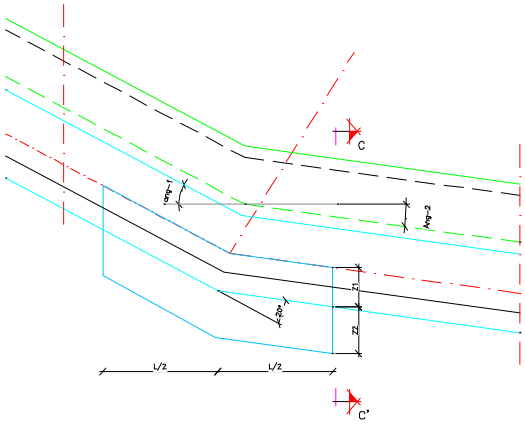
El detalle del cálculo del macizo de anclaje se adjunta en el Apéndice 7.2.7.2.

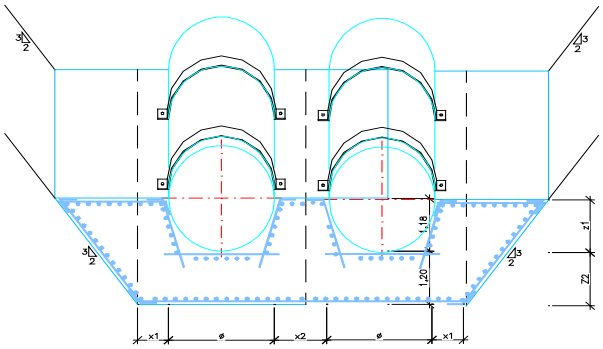
El armado del macizo se calcula para garantizar una cuantía mínima del 15% del volumen y además los requerimientos de cuantía geométrica mínima de 0,18%.

8.3.5. Anclaje de ángulo convexo

El presente proyecto tiene cambios de pendiente en alzado con ángulo convexo en el PK 3+145

El cálculo del macizo de anclaje de ángulo convexo se ha realizado para garantizar que la presión transmitida al terreno sea inferior a 15 t/m³, y se cumplan los requerimientos de deslizamiento y vuelco. La cuantía de armado del macizo será como mínimo 15 kg/m³.





Los parámetros adoptados para el cálculo son:

- P_{cal} = Presión de cálculo (atm)
- DN_{ext} = diámetro exterior de la tubería principal
- Espesor de la tubería = e_1 (mm)
- DN_i = diámetro interior de la tubería principal
- Macizo de anclaje
    - H_t = Altura de tierras sobre clave de tubería
    - z_1= espesor apoyo de cama

- ángulo de apoyo (º)
- z_2 = altura de hormigonado desde cota roja(rasante)
- z_3 = espesor de hormigonado en cobertura sobre clave
- x_1 = espesor de macizado a cada lado del tubo
- Ancho en base (m)
- Ancho en coronación (m)
- L_1 = Longitud a cada lado del vértice
- $L_t = 2*L_1$ = Longitud total anclaje
- Volumen total hormigón

- Ángulos
  - ang-1 = ángulo con la horizontal tramo-1
  - ang-2= ángulo con la horizontal tramo-2
- Empujes desestabilizantes eje X
  - F_1 (t) = P_{cal} x (πx ID^2)/4 * (cos(ang-1)-cos(ang-2))
  - F_2 (t) = dilatac.térmica* (cos(ang-1)-cos(ang-2))
  - E_1 (t) = F_1+F_2
- Empujes estabilizantes eje Y
  - Densidad del hormigón armado (t/m^3)
  - P_1 = Peso hormigón (t)
  - P_2 = Peso tubería (t)
  - P_3 = Peso agua interior (Tn)
  - P_4 = Peso de tierras (Tn)
  - P_5 = PA*(sen(ang-1)-sen(ang-2))
  - P_6 = dilatc termica
  - $E_{2y} = P_t = P_1+P_2+P_3+P_4+P_5$
- E_{2x} = empuje por rozamiento estabilizante = $P_t*\mu_2$
- E_3 = Empujes estabilizantes (t)
- Momentos estabilizadores

- X_1 = Brazo peso macizo (m)
- X_2 = Brazo peso tubería (m)
- X_3 = Brazo peso agua (m)
- X_4 = Brazo peso tierras (m)
- x_5 = Brazo P_5
- x_6 = Brazo P_6
- M_2 (t*m)=$P_1 X_1+P_2 X_2+P_3 X_3+P_4 X_4+P_5 X_5+P_6 X_6$
- $Y_{3,}1$ = Brazo empuje pasivo (m)
- M_3 = M_3*Y3 (t*m)

- Momentos desestabilizadores
  - Y_1 = Brazo de E_1 (m)
  - M_1 (t*m)
- Coef. Seguridad vuelco respecto punto "O" > 1,8
- Tensión máxima terreno
  - E_{2y} (t)= P_t= $P_1+P_2+P_3+P_4+P_5$
  - M_1 (t*m)
  - e = excentricidad (m)
  - L/6
  - e < L/6
  - Superficie macizo (m^2)
  - Tensión media (t/m^2) < 15
  - Tensión máx. (t/m^2) = $E_{2y}/S*(1+3e/L)$ < 15

En el Apéndice 7.2.7, se adjuntan los cálculos de los macizos convexos del presente proyecto, así como los asignados a cada diámetro, presión y ángulo.

9. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE HINCA

El presente proyecto contempla la ejecución mediante hinca de los cruces de carreteras nacionales o del Gobierno Foral de Navarra con tres o menos cifras de nominación, la línea de FFCC y la autovía A68.

Adicionalmente los cruces del río Aragón y río Ebro se realizarán mediante hinca debido a los condicionantes ambientales establecidos.

La tipología de hinca será estudiada en cada caso según el tipo de material a atravesar:

- Para suelos no cohesivos de baja resistencia a compresión, sin presencia de nivel freático (o de baja permeabilidad), se utilizarán hincas de escudo abierto por la facilidad de su manejo en la configuración, permitiendo un buen rendimiento.
- Para suelos no cohesivos hasta rocas con resistencia a compresión inferior a 70 MPa y genéricamente cuando hay presencia de nivel freático, se utilizarán hincas hidráulicas con escudo cerrado.

La ejecución de las hincas se realizará con tubería de hormigón armado de diámetros DN 2.500 mm y 3.000 mm por su homogenización y disponibilidad normalizada de fabricación.

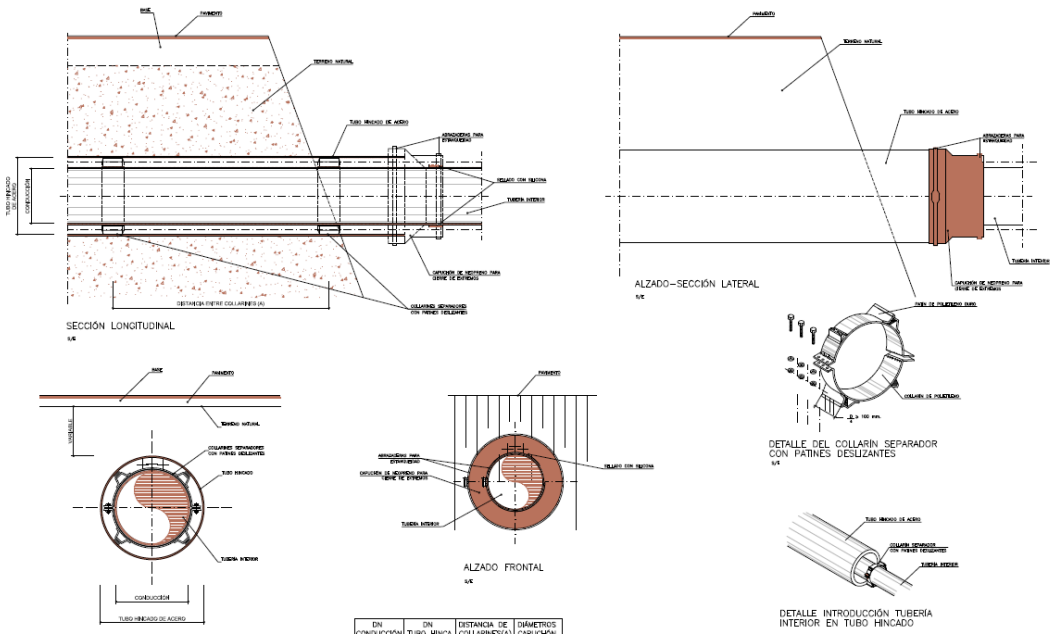
La ejecución de la hinca se realizará en sentido ascendente de la conducción, a partir del pozo de ataque, mediante sistema de empuje hidráulico que transmita las reacciones al muro de empuje.

En ningún caso se permitirá la sobre-excavación perimetral mayor que la sección del escudo de corte, en su punto de contacto con el frente de ataque.

Los errores de alineación admisibles no deben superar:

- Desviación en planta: +-75 mm
- Desviación en alzado: +-50 mm

La introducción del tubo en el tubo de hinca se hará mediante rodillos de deslizamiento y empuje manual o con gatos hidráulicos (nunca con el cazo de una retro o similar, que pueda dañar las juntas y bordes exteriores del tubo).



Para el caso de la hinca de escudo cerrado de diámetro DN 3.000 referida al cruce del río Ebro y del río Aragón, se ha establecido un radio mínimo de curvatura de 600 m capaz de introducir en el interior del la hinca la tubería de acero de diámetro DN 2.000 mm.

En todo momento se ha diseñado una cobertura mínima correspondiente a 1,5 veces el diámetro exterior de la tubería hincada y un valor mínimo de 5,4 m.

En el caso de hincas dobles la separación entre tubos es de 5,0 m garantizando así la no interferencia de esfuerzos y empujes.

En casi todos los casos, y especialmente en suelos aluviales, se ha de contemplar la existencia freática y la necesidad de tratamientos del terreno mediante inyección de lechada cemento o gel de silicatos, según el caso, durante el avance de la hinca. Una vez finalizda la hinca y durante el proceso de avance se deberá realizar el relleno del gap de excavación.

A continuación se incluye la caracterización de las hincas:

Nº Hinca	TRAMO	ELEMENTO DE CRUCE	PK INICIO-Tramo	Pozo	PK FINAL-Tramo	Pozo	LONGITUD HINCA (m)	Nº de tubos	DN TUBO ACERO (mm)	DN TUBO HINCA MIN (mm)	TIPO TUBO HINCA	DN EXT. TUBO HINCA (mm)	Clase tubo hinca	Espesor tubo hinca (m)	Separación entre carass exteriores tubos hincados >= (m)	Coef cobertura min.	Cobertura mínima (m)	Altura máxima (m)	Radio mínimo (m)	Pte %	Tipo de hinca-escudo	Nivel geotécnico	Observación-1
1	CN-T11	Río Aragón	5.513	Salida	5.666	Ataque	153	2	2.000	2.500	HA	3.000	180	0,25	5,00	1,50	5,25	11,09	>600	Variable	Cerrado	QYa1-Tol	Arcillas y arenas. Unidad Qab. NF a cota 324
1	CN-T11	NA-128	7.435	Ataque	7.470	Salida	35	2	2.000	2.500	HA	3.000	135	0,25	5,00	1,50	5,25	5,95	N/A	0,5%	Cerrado	QYa1-Tol	N.F. Somero (3,07m). Bombeo continuado
2	T12-13	CERRO	760	Salida	960	Ataque	200	2	1.800	2.500	HA	3.000	180	0,25	5,00	1,50	5,25	14,88	N/A	-0,5%	Abierto	Qg+Ty	Nivel freático aproximadamente entre cotas 420-422 m. Contacto Qg-Ty. Afloran Gravas con frecuentes bolos en toda la hinca (GM). Unidad Qg
3	T12-13	NA-134	5.701	Salida	5.751	Ataque	50	2	1.800	2.500	HA	3.000	135	0,25	5,00	1,50	5,25	7,13	N/A	-0,5%	Cerrado	Qte	N.F. Somero (2,4m). Bombeo continuado
4	T12-13	RÍO EBRO	8.890	Ataque	9.390	Salida	500	2	1.800	2.500	HA	3.000	180	0,25	5,00	1,50	5,25	15,72	>1000	Variable	Cerrado	Qal	Aluvial con presencia freática función del nivel del río Ebro . Tratamiento del terreno junto a pozo de ataque en los primeros 10,0m para evitar arrastres con pilotes DN 650 mm de mortero e inyecciones con lechada de silicatos o cemento a lo largo de la hinca s/ necesidad
5	T12-13	F.F.C.C. ALSASUA ZARAGOZA	9.570	Ataque	9.620	Salida	50	2	1.800	2.500	HA	3.000	180	0,25	5,00	1,50	5,25	10,73	N/A	10,0%	Cerrado	Qte	Presencia de bolos. Hinca con tratamiento localizado de lechada de cemento.
6	T13BIS-BALSA TUSDELA	AP-68	5.394	Salida	5.509	ataque	115	2	1.600	2.000	HA	2.400	135	0,25	5,00	1,50	4,35	9,28	N/A	-2,0%	Abierto	Tal	Lutitas con frecuentes intercalaciones de areniscas. Sustrato Terciario (TAL). No hay freático. Niveles de areniscas con resistencia a compresión simple > 150 kg/cm2
7	D.C. -T17	NA-160	40	Salida	80	ataque	40	2	1.800	2.500	HA	3.000	135	0,25	5,00	1,50	5,25	6,45	N/A	-2,0%	Abierto	Tc	Alternancia de areniscas y lutitas, predominio areniscoso. Sustrato Terciario (TC). resencia de niveles de areniscas con resistencia a compresión simple > 150 kg/cm2.
8	T16 - T14 y T15	N-113	3.082	Ataque	3.132	Salida	50	1	1.600	2.000	HA	2.400	135	0,24	0,00	1,50	4,32	6,02	N/A	1,0%	Abierto	Tc	Bombeos a partit de la cota 372,5. Afloran gravas y bolos a tramos fuertemente cementados. En la hinca se requerirá inyecciones de consolidación en avance

El cálculo mecánico de la tubería de hormigón armado de hinca se realiza mediante el programa comercial de la ATHA.

9.1. CÁLCULO MECÁNICO DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN EN HINCAS

9.1.1. Caracterización geotécnica

9.1.1.1. HINCA RÍO ARAGÓN (Inicio-Toma 11)

Reconocimientos: C-5,3 / P-5,5 / P-5,67 / C-5,90

Nivel freático: a cota 325 m en margen derecha; a cota 324 m en margen izquierda

Geotecnia

Margen derecha (PK 5+500)

- Hasta 323 m: Arcillas y limos con cantos. Unidad Qco

NSPT = 1-8 (N_{medio} = 3)

γ_{ap} = 1,9 g/cm^3

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3 a cota inferior a 325 m

C´= Cohesión efectiva = 0,1 kg/cm^2

φ' = Ángulo de rozamiento efectivo = 25º

E = Módulo de deformación = 20 kg/cm^2

- Inferior a 323 m: Lutitas, margas y arcillas. Sustrato Terciario (TOL)

NDPSH = R

γ_{ap} = 2,3 g/cm^3

qu ≥ 5 kg/cm^2

C´= 0,5 kg/cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Margen izquierda (PK 5+650)

- Hasta 324 m: Arcillas y arenas. Unidad Qab

NDPSH = 1-9 (N_{medio} = 5)

γ_{ap} = 1,9 g/cm^3

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3 a cota inferior a 324 m

C´= Cohesión efectiva = 0,1 kg/cm^2

φ' = Ángulo de rozamiento efectivo = 25º

E = Módulo de deformación = 50 kg/cm^2

- De 324 a 322,8 m: Gravas arenosas saturadas. Unidad Qab

NDPSH = 13-23 (N_{medio} = 19)

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3

C´= 0

φ' = 33º

E = 250 kg/cm^2

- De 322,8 a 316,5 m: Gravas y bolos saturadas. Unidad Qab

NDPSH = 12-38 (Rechazo a cota 320,5)

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3

C´= 0

φ' = 38º

E = 650 kg/cm^2

- Inferior a 316,5 m: Lutitas, margas y arcillas. Sustrato Terciario (TOL)

γ_{ap} = 2,3 g/cm^3

qu ≥ 5 kg/cm^2

C´= 0,5 kg/cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Escudo cerrado presurizado. La hinca se debe efectuar atravesando bajo el cauce lutitas de la Unidad TOL (Sustrato Terciario) a cota inferior a 316,5 m. Es recomendable la realización de sondeos que determinen el contacto entre el aluvial (Qal) y el sustrato Terciario (TOL).

9.1.1.2. HINCA NA-128 (Inicio-Toma 11)

Pozo Ataque H = 8,95 m (316,2 m) Pozo Salida H = 8,75 m (316,65 m)

Reconocimientos: SR-1006 / PD-8

Nivel freático a cota 322,1 m

Geotecnia

- Hasta 321,5 m: Arcillas y limos con arenas (ML/SM). Unidad Qm

NSPT = 3

γ_{ap} = 1,9 g/cm^3

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3 a cota inferior a 322,1 m

qu = resistencia a compresión simple = 0,3 kg/cm^2

C´= Cohesión efectiva = 0,15 kg/cm^2

φ' = Ángulo de rozamiento efectivo = 25º

E = Módulo de deformación = 20 kg/cm^2

- De 321,5 a 318,7 m: Gravas aluviales saturadas (GM). Unidad QTa1

NSPT = R PD-8: Rechazo a cota 320,5

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3

C´= 0

φ' = 38º

E = 650 kg/cm^2

- Inferior a 318,7 m: Lutitas, margas y arcillas. Sustrato Terciario (TOL)

NSPT = R

γ_{ap} = 2,3 g/cm^3

qu ≥ 5 kg/cm^2

C´= 0,5 kg/cm^2

φ = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo cerrado presurizado. La hinca se efectúa a 2,0 m del contacto QTA1-TOL, (tubo de hinca con un diámetro de 3,0 m).

9.1.1.3. HINCA CERRO (Toma 11-Toma 12)

Pozo Salida H = 7,1 m (423,0 m) Pozo Ataque H = 9,04 m (422,0 m)

Reconocimientos: S-27,05

Nivel freático aproximadamente entre cotas 420-422 m. Contacto Qg-Ty

Geotecnia

- Afloran Gravas con frecuentes bolos en toda la hinca (GM). Unidad Qg

NSPT = 51 a R

γ_{ap} = 2,1 g/cm^3

C´= 0,5 kg/cm^2

C´= 0 (gravas saturadas a cota inferior a 421 m)

φ' = 38º

E ≥ 500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo abierto. Prever la presencia de bolos en la excavación e inyecciones de consolidación en avance.

9.1.1.4. HINCA CERRO (Toma 11-Toma 12)

Pozo Salida H = 7,1 m (423,0 m) Pozo Ataque H = 9,04 m (422,0 m)

Reconocimientos: S-27,05

Nivel freático aproximadamente entre cotas 420-422 m. Contacto Qg-Ty

Geotecnia

- Afloran Gravas con frecuentes bolos en toda la hinca (GM). Unidad Qg

NSPT = 51 a R

γ_{ap} = 2,1 g/cm^3

C´= 0,5 kg/cm^2

C´= 0 (gravas saturadas a cota inferior a 421 m)

φ' = 38º

E ≥ 500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo abierto. Prever la presencia de bolos en la excavación e inyecciones de consolidación en avance.

9.1.1.5. HINCA NA-134 (Toma 12-Toma 13)

Pozo Salida H = 8,05 m (252,43 m) Pozo Ataque H = 8,25 m (252,23 m)

Reconocimientos: S-31,8 / P-31,88

Nivel freático a cota 257,9 m

Geotecnia

- Hasta 254,3 m: Arcillas con arenas (CL). Unidad QTe1

NSPT = 3-8

γ_{ap} = 1,9 g/cm^3

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3 a cota inferior a 257,9 m

qu = 1,0 kg/cm^2

C´= 0,15 kg/cm^2

φ' = 25º

E = 50 kg/cm^2

- De 254,3 a 249,2 m: Gravas aluviales saturadas sin finos. Unidad QTe1

NSPT = 10 NDPSH entre 25-61 a cota inferior a 253,3

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3

C´= 0

$\varphi\times$ = 34º

E = 200 kg/cm^2

- Inferior a 249,2 m: Arcillas con yesos. Sustrato Terciario (Ty)

NSPT = R NDPSH = R a cota 248

γ_{ap} = 2,0 g/cm^3

qu ≥ 15 kg/cm^2

C´= 0,5 kg/cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo cerrado presurizado atravesando gravas aluviales saturadas.

9.1.1.6. HINCA RÍO EBRO (Toma 12-Toma 13)

Pozo Ataque H = 10,53 m (249,4 m) Pozo Salida H = 10,13 m (249,75 m)

Reconocimientos: SR-1303 / SR-1304

Nivel freático a cota 257,1 m

Geotecnia

- Hasta 258,1 m: Arenas y arcillas (SM/CL/CL-ML). Unidad QTe1

NSPT = 38

γ_{ap} = 1,9 g/cm^3

qu = 1,5-2,0 kg/cm^2

C´= 0,15 kg/cm^2

φ' = 25º

E = 150 kg/cm^2

- De 258,1 a 244,4 m: Gravas aluviales saturadas escasos finos (GP-GM). Unidad QTe1

NSPT = R

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3

C´= 0

φ' = 38º

E = 650 kg/cm^2

- Inferior a 244,4 m: Arcillas y arcillas margosas. Sustrato Terciario (TT)

NSPT = R

γ_{ap} = 2,2 g/cm^3

qu ≥ 5 kg/cm^2

C´= 0,5 kg/cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo cerrado presurizado atravesando gravas aluviales saturadas

9.1.1.7. HINCA FFCC ALSÁSUA-ZARAGOZA (Toma 12-Toma 13)

Pozo Ataque H = 8,98 m (253,58 m) Pozo Salida H = 9,29 m (258,83 m)

Reconocimientos: SR-1307 / P-35,80

Nivel freático a cota 260-258 m

Geotecnia

Pozo Ataque

- Hasta 257 m: Gravas aluviales sin finos (GP). Unidad QTe1

NSPT = R

γ_{ap} = 2,1 g/cm^3

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3 a cota inferior a 260-258 m

C´= 0

φ' = 38º

E = 650 kg/cm^2

- Inferior a 257 m: Arcillas y arcillas margosas. Sustrato Terciario (TT)

NSPT = R

γ_{ap} = 2,2 g/cm^3

qu ≥ 5 kg/cm^2

C´= 0,5 kg/cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Pozo Salida

- Hasta 255,5 m: Gravas aluviales. Unidad QTe2

NDPSH = R P-35,80 Rechazo a cota 267,7

γ_{ap} = 2,1 g/cm^3

C´= 0

φ' = 38º

E = 650 kg/cm^2

- Inferior a 255,5 m: Arcillas y arcillas margosas. Sustrato Terciario (TT)

NSPT = R

γ_{ap} = 2,2 g/cm^3

qu ≥ 5 kg/cm^2

C´= 0,5 kg/ cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo cerrado presurizado atravesando gravas aluviales saturadas.

9.1.1.8. HINCA AP-68 (Toma 13BIS-Balsa de Tudela)

Pozo Salida H = 10,97 m (353,34 m) Pozo Ataque H = 8,96 m (350,79 m)

Reconocimientos: S-47,70

Nivel freático: NO

Geotecnia

- Afloran Lutitas con frecuentes intercalaciones de areniscas. Sustrato Terciario (TAL)

NSPT = R

γ_{ap} = 2,3 g/cm^3

qu ≥ 30 kg/cm^2 (lutitas) qu ≥ 150 kg/cm^2 (areniscas)

C´= 0,5 kg/ cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo abierto. Prever la presencia de niveles de areniscas con resistencia a compresión simple > 150 kg/cm^2

9.1.1.9. HINCA NA-160 (Derivación Corella-Toma 17)

Pozo Salida H = 9,83 m (362,48 m) Pozo Ataque H = 8,26 m (361,28 m)

Reconocimientos: SR-1501

Nivel freático: NO

Geotecnia

- Alternancia de areniscas y lutitas, predominio areniscoso. Sustrato Terciario (TC)

NSPT = R

γ_{ap} = 2,3 g/cm^3

qu ≥ 30 kg/cm^2 (lutitas) qu ≥ 150 kg/cm^2 (areniscas)

C´= 0,5 kg/cm^2

φ' = 30º

E ≥ 1500 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo abierto. Prever la presencia de niveles de areniscas con resistencia a compresión simple > 150 kg/cm^2.

9.1.1.10. HINCA N-113 (Toma 14-Toma 15 y Toma 16)

Pozo Ataque H = 7,83 m (369,95 m) Pozo Salida H = 8,36 m (350,7 m)

Reconocimientos: P-4,23 / S-4,28 / P-4,36

Nivel freático a cota 372,5 aprox. (Pozo Ataque a cota 372,7 m / Pozo Salida a cota 372,4)

Geotecnia

- Afloran gravas y bolos a tramos fuertemente cementados. Unidad Qg

NSPT = R P-4,23 Rechazo a cota 376,65 P-4,36 Rechazo a cota 372

γ_{ap} = 2,1 g/cm^3

γ_{sum} = 1,1 g/cm^3 a cota inferior a 372,5 m

C´=0,1 kg/cm^2

C´=0 a cota inferior a 372,5

φ' = 38º

E ≥ 650 kg/cm^2

Tipo de hinca

Escudo abierto. Prever la presencia de bolos y gravas cementadas en la excavación, e inyecciones de consolidación en avance

9.1.2. Cargas de relleno para tubos hincados

Para la determinación de la clase resistente de los tubos para hincar se partirá de las acciones siguientes:

- Peso del prisma de tierras sobre la perforación.
- Fuerza de rozamiento entre el prisma de tierra situado sobre la perforación y los prismas adyacentes.
- Cohesión del terreno.

En función de todo ello la carga de tierras es igual al peso de la tierra sobre la perforación menos las fuerzas de rozamiento entre el prisma superior y los prismas adyacentes a la perforación y por la cohesión del terreno situado sobre la perforación.

$$q_r = C_z \gamma r D_e^2 - 2 c_0 C_z D_e$$

donde:

q_r = Carga de tierra en condiciones de hincado o perforado (kN/m).

C_z = Coeficiente de Marston o de carga.

γ_r = Densidad del terreno (kN/m^3).

D_e = Diámetro exterior del tubo (m).

c_0 = Cohesión del terreno (kN/m^2)

Los valores de la cohesión, son los siguientes:

Tipo de suelo	Valores de c_0 (kN/m^2)
Arcilla	
Blanda	2,0
Media	12,2
Dura	48,8
Arena	
Desecada	0
Cenagosa	4,8
Compacta	14,6

Como criterio adoptaremos la cohesión del estrato por el que circulará la hinca, en el caso de ser un valor incierto y depender de la humedad, se utilizará el cálculo el valor c_0 = 2 kN/m^2. Este valor nos dejará del lado de la seguridad en el cálculo.

En el caso del cruce del río Ebro y Aragón el terreno atravesará aluvial sin matriz por lo que estimaremos una cohesión nula, aunque se requiera atravesar por la lutitas.

Se consideran cinco tipos de terreno con los siguientes parámetros:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' \frac{h_r}{d_e}}}{2\lambda\mu'}$$

Tipo de relleno	l m ¢	γ_r (kN/m^3)
Arcilla plástica	0,110	21,0
Arcilla ordinaria	0,130	19,2
Arena arcillosa	0,150	19,2
Arenas y gravas	0,165	17,6
Material granular sin cohesión	0,190	19,0

h_r = Altura de relleno (m)

l = Coeficiente de Rankine o relación entre el empuje lateral y la presión vertical.

m' = Coeficiente de rozamiento entre el material del prisma superior y las paredes laterales.

En base a la información geotécnica disponible adoptaremos el valor del estrato

Se tomará como terreno tipo la arcilla plástica (γ_r = 21 kN/m^3 y l × m ¢ = 0,110), ya que en general se desconoce la naturaleza del terreno en el que se va a ejecutar la perforación y estos valores están claramente del lado de la seguridad.

9.1.3. Determinación del factor de apoyo

El factor de apoyo F_{ap} se define como la relación entre la capacidad resistente de la tubería enterrada y la capacidad resistente de esa misma tubería sometida al ensayo de flexión transversal.

La instalación por hincado proporciona una buena calidad de contacto entre la menor superficie exterior del tubo y el terreno circundante. Si el método de perforación es sobre-excavando el diámetro exterior del tubo, el espacio

entre la perforación y el tubo puede ser rellenado con arena, lechada, hormigón u otros materiales. En este caso, se puede considerar un factor de apoyo de 3. Si el espacio no fuese rellenado se recomienda disminuir el factor de apoyo a 1,9.

En caso de que el método de perforación consista en que el propio tubo arrastre parte o todo el terreno, se deberán utilizar los factores de apoyo correspondientes a la instalación en zanja. Los distintos factores de apoyo en instalación en zanja oscilan entre 1,5 y 3,0.

Para el caso que nos compete, en tuberías de escudo cerrado se deberá rellenar el tubo con lechada y mortero de cemento por lo que adoptaremos un factor de apoyo de 3,0.

En el caso de las hincas de escudo abierto, se aconseja adoptar para el cálculo 1,5 por ser un valor incierto.

C.1.3.- Determinación de la clase del tubo

La clase de la tubería se asigna en función de su capacidad resistente expresada en kN/m² y m de diámetro interior (D). Siguiendo la norma UNE 127.010, la carga de cálculo será:

$$Q_c = \frac{q_r \cdot \gamma_1}{F_{ap} \cdot D}$$

γ_1 = Coeficiente de mayoración de acciones; es la relación que se admite entre la carga de rotura y la carga de fisuración. Normalmente se considera un valor igual a 1,5.

F_{ap} = Factor de apoyo

Se considera como clase resistente mínima ,en el caso de la tubería de hincado, la clase 90.

Unidades (kN/m²)	CLASE
Carga de cálculo ≤ 90	90
90 ≤ Carga de cálculo ≤ 135	135
135 ≤ Carga de cálculo ≤ 180	180

9.1.4. <u>Comprobación a compresión longitudinal</u>

La fuerza del empuje se compone de la fuerza en el frente de avance y la fuerza del rozamiento envolvente.

1. Empuje en el frente de avance

Para el cálculo en el frente de avance (*F´*) se tiene en cuenta la tensión de corte del terreno, cuyo valor oscila entre 300 y 600 kN/m^2, tomándose en el cálculo un valor medio de 450 kN/m^2.

$$F' = \frac{450 \cdot \pi \cdot D_e^2}{4}$$

siendo:

F´ = Fuerza ejercida en el frente de avance (kN)

D_e = Diámetro exterior (m)

2. Rozamiento envolvente

En el cálculo del rozamiento envolvente se considera que las acciones del terreno se aplican direccionalmente al tubo, siendo este criterio el más desfavorable. Existen diversos factores que pueden reducir este valor, como por ejemplo el hecho de que se pueda constituir una bóveda sobre la tubería, como arco de descarga, una vez que se haya realizado la perforación, con lo que el terreno no presionaría sobre toda la conducción. También se puede considerar el uso de productos lubricantes, como la bentonita, que reducen el rozamiento por debajo de 10 kN/m^2, siendo el coeficiente de fricción tubo-relleno más restrictivo, μ_1 = 20 kN/m^2.

$$F = \mu_l \cdot \pi D_e \cdot L$$

siendo:

F = Fuerza ejercida por el rozamiento (kN)

μ_l = Coeficiente de fricción (kN/m^2)

D_e = Diámetro exterior (m)

L = Longitud de hincado (m)

3. Empuje máximo admisible

El empuje máximo aplicable durante la instalación depende de las características de resistencia a compresión del hormigón f_{ck} dadas por el fabricante y de la superficie de empuje C_e.

La resistencia a compresión mínima de cálculo f_{ck} (40 N/mm^2) no excederá del 40% de la resistencia de cálculo (f_{cd}). La resistencia de cálculo es:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

siendo:

γ_c = Coeficiente de minoración del hormigón = 1,5

El área de la superficie (C_e) sometida a compresión se obtiene a partir del menor espesor de la pared en la zona de empuje:

$$C_e = \frac{(D_e^2 - D^2) \cdot \pi}{4}$$

Por lo que debe cumplir:

$$f_c = \frac{F + F'}{C_e} \leq \frac{f_{ck} \cdot 0{,}4}{\gamma_c} \approx 10\,\text{MPa}$$

9.1.5. Cálculos y conclusiones de aplicación al proyecto

Los cálculos han sido realizados para todas las hincas conforme a la aplicación de la ATHA (https://www.atha.es/index.php/programas-de-calculo), introduciendo los parámetros geométricos de la tubería y la caracterización geotécnica y de cargas según sea cruce de río, carretera o ferrocarril.

Adicionalmente el cálculo se ha realizado para la máxima y mínima profundidad contemplada. Del cálculo se observa que siempre resulta pésima la máxima altura, por lo que como mínimo se adopta dicha clase en el tubo.

Para el caso de las hincas ejecutadas en terciario se comprueba el cálculo con un factor de apoyo de 1,9 y 1,5 y con una cohesión de 49 KN/m^2 correspondiente a Lutitas y 2 KN/m^2 correspondiente a aluvial. Finalmente se opta por adoptar como mínimo una clase -135 dejando el cálculo del lado de la seguridad.

Para el cruce del Ebro y río Aragón, con objeto de contemplar la presión hidrostática que pudiera existir, se ha añadido una sobrecarga lineal y el tubo resultante será de clase -180.

Para el caso del cruce del Cerro y de la línea de FFCC se opta por un tubo de clase -180.

En los cruces de carreteras con escudo cerrado y que atraviesan gravas con nivel freático se adoptará la clase -135.

El detalle de los cálculos realizados se adjunta en el Apéndice 7.2.8.

El resultado de los cálculos realizados se resume en la tabla adjunta.

Nº Hinca	TRAMO	ELEMENTO DE CRUCE	PK INICIO-Tramo	LONGITUD HINCA (m)	Nº de tubos	DN TUBO ACERO (mm)	DN TUBO HINCA MIN (mm)	TIPO TUBO HINCA	Clase tubo hinca
1	CN-T11	Río Aragón	5.513	153	2	2.000	2.500	HA	180
1	CN-T11	NA-128	7.435	35	2	2.000	2.500	HA	135
2	T12-13	CERRO	760	200	2	1.800	2.500	HA	135
3	T12-13	NA-134	5.701	50	2	1.800	2.500	HA	135
4	T12-13	RÍO EBRO	8.890	500	2	1.800	2.500	HA	180

Nº Hinca	TRAMO	ELEMENTO DE CRUCE	PK INICIO-Tramo	LONGITUD HINCA (m)	Nº de tubos	DN TUBO ACERO (mm)	DN TUBO HINCA MIN (mm)	TIPO TUBO HINCA	Clase tubo hinca
5	T12-13	F.F.C.C. ALSASUA ZARAGOZA	9.570	50	2	1.800	2.500	HA	180
6	T13BIS-BALSA TUSDELA	AP-68	5.394	115	2	1.600	2.000	HA	90
7	D.C. -T17	NA-160	40	40	2	1.800	2.500	HA	90
8	T16 - T14 y T15	N-113	3.082	50	1	1.600	2.000	HA	90

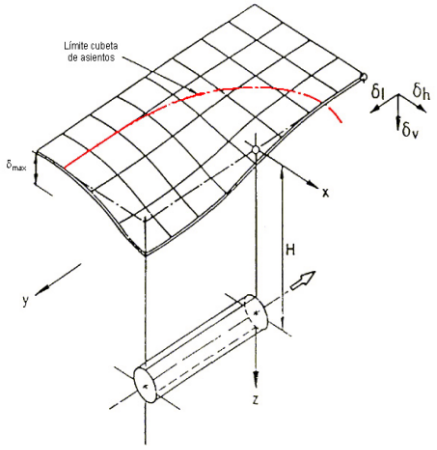
9.2. CÁLCULO DE SUBSIDENCIAS

El cálculo de subsidencias se realizará exclusivamente a las hincas para cruces carreteros y de ferrocarril.

No será necesario el cálculo de subsidencias en el cruce del río Aragón, río Ebro y Cerro.

9.2.1. Cálculo de subsidencias por métodos semiempíricos

En el cálculo que se realiza en este apartado se utilizarán los métodos semiempíricos, basados en los trabajos iniciales de Sagaseta y Oteo (1974), Sagaseta y Oteo (1996) y el "Modelo Madrid", Oteo et al (1999). Estos métodos semiempíricos ya han sido utilizados con éxito en los metros de Madrid, Sevilla, Barcelona, Caracas, Toulouse, Londres, etc., y se denomina a veces STSM (*Semiempirical Tunnelling Subsidence Method*).

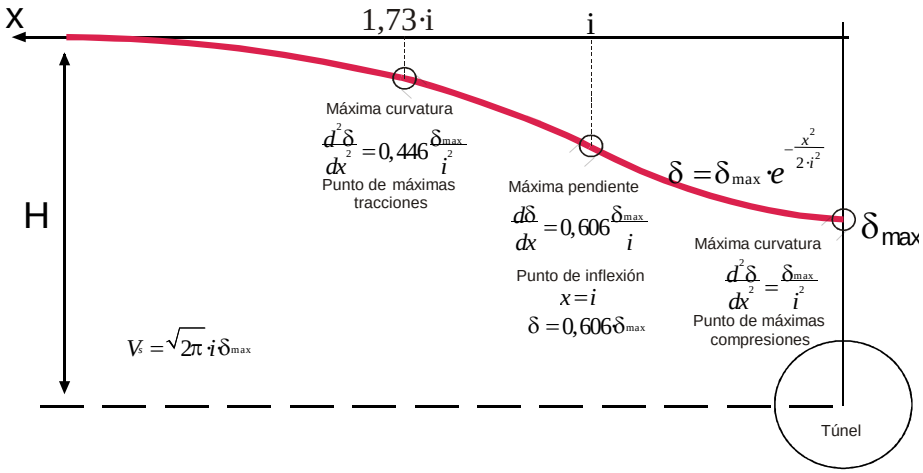


Cubeta de asientos (Attewell et al., 1986)

En estos métodos la magnitud total de los asientos superficiales suele evaluarse refiriendo su volumen total (por metro lineal), respecto al volumen excavado (por metro lineal). Es decir, se habla de una pérdida de terreno superficial o volumen de asientos, denominándola V_s y refiriéndola en tanto por ciento a la sección transversal Ω excavada.

La ley de asientos puede asimilarse a una campana de Gauss (Peck, 1969). Esta ley de asientos superficiales transversales se obtiene según la siguiente relación:

$$\delta = \delta_{\max} \, e^{\left(\frac{-x^2}{2i^2}\right)}$$



Perfil aproximado de asientos en superficie (Campana de Gauss)

Esta hipótesis permite definir la ley de asientos a partir de dos de los tres parámetros siguientes:

- El volumen de asientos V_s
- La situación del punto de inflexión, **i** (distancia del eje de simetría a ese punto)
- El asiento máximo, δ_{max}, sobre la clave del túnel.

La relación de estos tres parámetros es:

$$\delta_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi} \cdot i}$$

Por ello, es muy habitual que, fijado un volumen de asientos, a partir de datos empíricos, baste conocer el valor de **i** para conocer muy bien los asientos previsibles.

Algunos autores, Peck (1969), relacionaron mediante gráficos el valor de **i** con la profundidad relativa del túnel H/D, y del tipo de terreno. Posteriormente estudios teóricos llevaron a Sagaseta y Oteo (1974) a proponer una ley que tiene como expresión:

$$\frac{i}{D} = \eta \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21 \right)$$

siendo:

i: posición del punto de inflexión (m)

D: diámetro de la excavación (m)

H: profundidad del eje de la excavación (m)

η: coeficiente que varía desde 0,7 para suelos cohesivos y flojos a 1,0 para suelos rígidos.

El asiento máximo, δ_{max}, puede tomarse a partir de la expresión:

$$\delta_{\max} = \psi \cdot \gamma \cdot \frac{D^2}{E} \cdot (0,85 - \upsilon)$$

siendo:

δ_{max} asiento máximo vertical, es decir, el valor de la subsidencia (m)

ψ: coeficiente que introduce la influencia del proceso constructivo

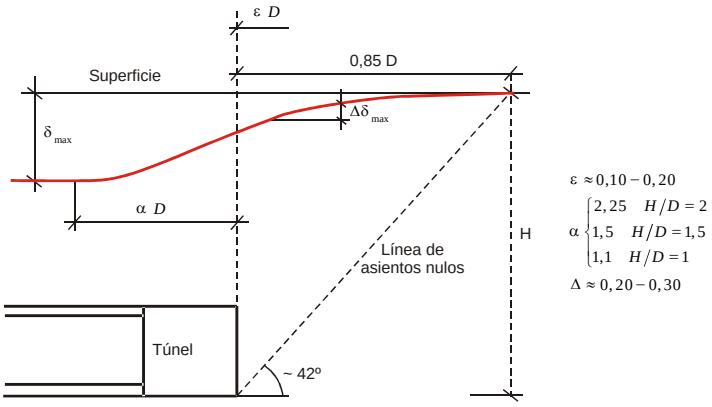
γ: densidad aparente (t/m^3)

D: diámetro de la excavación (m)

E: módulo de deformación (descompresión) (t/m^2)

υ: módulo de Poisson

Siendo ψ un coeficiente que introduce la influencia del proceso constructivo y que puede valer 0,5 para suelos arcillo-arenosos rígidos y arcillas rígidas (por ejemplo: "tosco" y arenas tosquizas de Madrid) y 0,4 en arcillas rígidas (por ejemplo: "Peñuelas de Madrid").



Ley semiempírica de asientos superficiales longitudinales

En túneles con escudo abierto, mala entibación y retraso de inyección de contacto, ψ puede llegar a valer del orden de 0,75 y en el caso de parada de túneles sin presión en el frente alcanza el valor de 1,0.

El volumen de asientos V_s es:

$$Vs = 2{,}5 \cdot \delta_{máx} \cdot i \qquad (m^3/ml)$$

El volumen de excavación por metro lineal de túnel es:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (m^3/ml)$$

El volumen de asientos, V_s (%), en porcentaje referido a la sección transversal excavada es:

$$Vs(\%) = \frac{Vs}{V} \cdot 100$$

El movimiento horizontal es nulo sobre el eje de la excavación. El punto de máximo movimiento horizontal coincide con el punto de inflexión de la curva de movimientos verticales, es decir, con i.

El movimiento horizontal máximo, $U_{máx}$, se calcula con la expresión:

$$U_{máx} = \varepsilon \cdot \delta_{máx} \qquad (m)$$

Tomando:

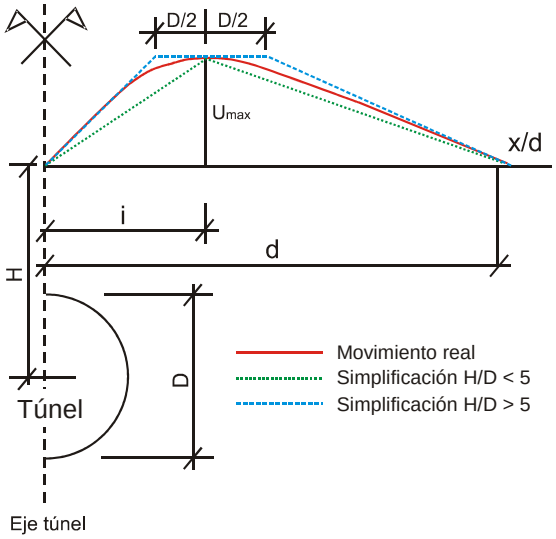
ε = 0,30 si H/D $\leq$ 2

ε = 0,65 si 2 < H/D $\leq$ 5

ε = 1,00 si H/D > 5

El coeficiente ε toma los siguientes valores:

- Suelos normalmente consolidados y suelos preconsolidados con poca profundidad (H/D $\leq$ 2), ε= 0,3.
- Suelos preconsolidados a una profundidad mayor que cinco veces el diámetro del túnel, ε= 1.
- Suelos preconsolidados con una profundidad intermedia, ε= 0,65



-

Ley simplificada para los movimientos horizontales en superficie (Oteo, 1993)

La posición del movimiento horizontal máximo con respecto a la línea del centro del túnel coincide con la posición del punto de inflexión de la ley de asientos i.

9.2.2. Parámetros geotécnicos

Los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo, densidad aparente y módulo de deformación, se han estimado en cada hinca para los materiales existentes a partir de los datos de laboratorio y de la documentación geotécnica facilitada..

Para el material que conforma las plataformas de la carreteras o del FFCC se ha considerado como material de relleno seleccionado y compactado, se han estimado sus características a partir de obras similares.

El diámetro de excavación considerado es el diámetro exterior de la hinca.

Para el cálculo se coge un punto representativo de cruce bajo la calzada o plataforma.

Los valores considerados para los coeficientes que aparecen en las fórmulas descritas en el anterior apartado son los siguientes para escudo abierto.

Coeficiente	Recomendaciones (INGIOPSA)	Nivel geotécnicos aluviales	Nivel geotécnico terciario
η	Coeficiente que introduce la influencia del proceso constructivo, coeficiente que varía desde 0,7 para suelos cohesivos y flojos a 1,0 para suelos rígidos.	0,75	1,00
ψ	Siendo ψ un coeficiente que introduce la influencia del proceso constructivo y que puede valer 0,5 para suelos arcillo-arenosos	0,75	0,50

Coeficiente	Recomendaciones (INGIOPSA)	Nivel geotécnicos aluviales	Nivel geotécnico terciario
	rígidos y arcillas rígidas (ej: "tosco" y arenas tosquizas de Madrid) y 0,4 en arcillas rígidas ej ("Peñuelas de Madrid"). En túneles con escudo abierto, mala entibación y retraso de inyección de contacto, ψ puede llegar a valer del orden de 0,75 y en el caso de parada de túneles sin presión en el frente alcanza el valor de 1,0.		
ε	El coeficiente ε toma los siguientes valores: - Para suelos normalmente consolidados y suelos preconsolidados con poca profundidad (H/D $\leq$ 2), ε = 0,3. - Suelos preconsolidados a una profundidad mayor que cinco veces el diámetro del túnel, ε= 1. - Suelos preconsolidados con una profundidad intermedia, ε = 0,65	s/ relación H/D	s/ relación H/D

9.2.3. Tolerancias máximas de subsidencias

Dada la gran cantidad de variables que intervienen en la interacción suelo - estructuras, determinar de una manera fiable los movimientos que pueden soportar las estructuras situadas en el entorno de los túneles sin sufrir daños apreciables, es una labor ciertamente compleja. La experiencia demuestra que la manera más práctica de abordar este problema es el desarrollo de sistemas de evaluación de posibles daños basándose en experiencias previas, que tenga en cuenta los datos básicos disponibles tales como el tipo de cimentación, y tipología de la estructura.

Basado en este planteamiento existe en la bibliografía actual una amplia referencia de normativa y recopilación de distintos autores entre las que se podría citar, entre otras, las siguientes:

Asientos máximos y diferenciales

- MV-101
- Norma TGL 11464 (1972) R.D.A.
- Skempton & McDonald
- Burland (1977)
- Polshin y Tokar (1957)
- Bjerrum (1963)
- Norma SNIP II-15-74 (U.R.S.S.)
- Grant (1974)

Movimientos horizontales admisibles

- Ministerio Polaco de Minas y Energía (Hutching et al, 1977)
- National Load Board británica. (Shadbolt, 1977)

- Orchard (1954)
- Boscardin & Cording (1989)

Si bien todas estas referencias plantean el problema desde el punto de vista de afección a estructuras de edificación o asimilables, sí pueden centrar el problema en los órdenes de magnitud entre los que puede situarse este caso concreto.

A partir de los anteriores estudios, se ha elaborado una tabla en la cual se recogen movimientos adicionales admisibles que pueden sufrir las estructuras en función de, como ya se había señalado con anterioridad, su tipología y estado de conservación. Las distintas sensibilidades a movimientos se corresponden, lógicamente, con los criterios utilizados en el estudio acerca del estado de las estructuras.

TIPO DE ESTRUCTURA	ASIENTO ADMISIBLE (mm)			DISTORSIÓN ANGULAR			DEFORMACIÓN HORIZONTAL UNITARIA (%)		
Sensibilidad de la estructura	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Edificios monumentales	10	7	5	1/1500	1/2250	1/3000	0.1	0.07	0.05
Porticada de hormigón armado con cimentación superficial con más de 10 alturas	12	8	6	1/1150	1/1725	1/2300	0.15	0.1	0.08
Muros de carga	15	10	8	1/750	1/1125	1/1500	0.2	0.13	0.1
Porticada de hormigón armado con cimentación superficial. Porticada de hormigón armado con cimentación profunda con más de 10 alturas.	20	13	10	1/500	1/750	1/1000	0.3	0.2	0.15
Porticada de hormigón armado con cimentación profunda	30	20	15	1/350	1/525	1/700	0.3	0.2	0.15
Porticada metálica o mixta con cimentación superficial	25	17	13	1/300	1/450	1/600	0.3	0.2	0.15
Porticada metálica o mixta con cimentación profunda	30	20	15	1/200	1/300	1/400	0.3	0.2	0.15
Tuberías de gas	15	10	8	1/1000	1/1500	1/2000	0.1	0.07	0.05
Tuberías no de gas	10	7	5	1/500	1/750	1/1000	0.2	0.13	0.1

En el caso de Jiménez Salas, se dan las siguientes recomendaciones, para el tipo de terreno F (Suelos cohesivos y tierras blandas) y G (Depósitos cuaternarios flojos):

Terreno)	Asiento (mm) S_{max} /D	Volumen (m^3/m)
F	0,03	0,2 – 0,4

G	0,05	0,4 – 1,0

Proponemos adoptar como base de comparación:

TIPO DE ESTRUCTURA	ASIENTO ADMISIBLE (mm)			DISTORSIÓN ANGULAR			DEFORMACIÓN HORIZONTAL UNITARIA (%)		
Sensibilidad de la estructura	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
FFCC	10	7	5	1/1500	1/2250	1/3000	0,1	0,07	0,05
Carreteras	20	13	10	1/500	1/750	1/1000	0,3	0,2	0,15
AVE	1,8-3			1/1500			0,1		

TOLERANCIAS	N-128	N-134	FFCC	AP68	N-160	N-113
Asiento máximo ($d_{máx}$ (mm)	10,00	10,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Deformación volumétrica (Vs (%))	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Movimiento horizontal (U_{max})	0,30	0,30	0,10	0,30	0,30	0,30

9.2.4. Cálculo de la subsidencia

Los cálculos de subsidencias se adjuntan en el Apéndice 7.2.9 y un resumen de los mismos se adjunta a continuación:

RESUMEN DE RESULTADOS	N-128	N-134	FFCC	AP68	N-160	N-113
Cota de rasante plataforma	326,11	262,80	270,74	364,00	371,55	379,45
Cota de rasante	317,49	252,96	257,20	353,89	362,75	371,25
Diámetro interior (m)	2,50	2,50	2,50	2,00	2,50	2,00
Tipo de excavación	Escudo cerrado	Escudo cerrado	Escudo cerrado	Escudo abierto	Escudo abierto	Escudo abierto
i (m) =	2,11	2,55	3,90	4,12	3,11	3,13
$d_{máx}$ (mm)	1,61	0,15	1,45	0,27	0,43	0,51
Vs (%) = (Vs/V)*100 (m^3/m)	0,11	0,01	0,18	0,06	0,04	0,09
Movimiento horizontal $U_{máx}$ (mm) = e * $d_{máx}$	1,05	0,10	0,94	0,18	0,28	0,33

10. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO EN CAMINOS Y DESAGÜES

10.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Para la ejecución de obras de drenaje y desagües en las tomas se adoptarán tuberías de diámetros DN de 800, 1.000 y 1.200 mm de hormigón armado.

Las secciones tipo a adoptar en todos los casos será trapezoidal, siendo el ancho de la base de la zanja 1.0+DN (m). El talud de excavación será el determinado por su ubicación conforme se describe en la tramificación del Apéndice 3.1. Con carácter general y a fectos de cálculo adoptaremos un talud 1h/1v, lo que deja el mismo del lado de la seguridad.

En cuanto a los rellenos y cama de apoyo:

- En tuberías de obras de drenaje se adopta una cama de hormigón de 20 cm de espesor, relleno de riñoneras con suelo seleccionado de tamaño máximo 33 mm compactado al 95% del P.M. hasta 30 cm por encima de la clave del tubo. Posteriormente el relleno será de cobertura de tamaño máximo 150 mm. posteriormente se dispondrá de 0.3m de zahorra y losa de hormigón.

  La altura mínima de cobertura sobre la clave del tubo es de 1,0m.

- El desagüe de la Toma-21 se resuelve con una tubería de DN 800 mm HA. Se adopta una cama de arena de 20 cm de espesor, relleno de riñoneras con suelo seleccionado de tamaño máximo 33 mm compactado al 95% del P.M. hasta 30 cm por encima de la clave del tubo. Posteriormente el relleno será de cobertura de tamaño máximo 150 mm, y la reposición de la tierra vegetal.

  Para el cruce de la carretera se ha considerado una sección hormigonada.

- En las tomas, los desagües bajo la losa se resuelven con sección hormigonada completamente por no disponerse de cobertura mínima. Fuera del ámbito de la losa se resuelve con una sección trapezoidal con una cama de hormigón de 20 cm de espesor, relleno de riñoneras con suelo seleccionado de tamaño máximo 33 mm compactado al 95% del P.M. hasta 30 cm por encima de la clave del tubo. Posteriormente el relleno será de cobertura de tamaño máximo 150 mm.

La altura de relleno sobre clave de tubo es variable según el caso, oscilando entre 1,0m y 2.5m.

En cuanto a la carga de tráfico, al considerarse circunstacial y asociado a tráfico pesado se opta por realizar el cálculo con una carga de 60 tn.

10.2. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS

La metodología seguida para el cálculo mecánico realizado es la especificada en el Anexo A de la norma UNE 127916.

Para el desarrollo del cálculo mecánico de tuberías se ha utilizado el programa de cálculo de mecánico de la ATHA (https://www.atha.es/index.php/programas-de-calculo), que sigue las directrices de la UNE 127916.

La equivalencia entre las series de la UNE y ASTM es la siguiente:

SERIE	*Carga nominal (kN/m²)*
C60	*60*
C90	*90*
C135	*135*
C180	*180*

Series UNE.

SERIE	*Carga nominal (kN/m²)*
I	*60*
II	*75*
III	*100*
IV	*150*
V	*175*

Series ASTM.

El procedimiento para realizar los cálculos, seguido en el Anexo A de la norma UNE 127916, es el siguiente:

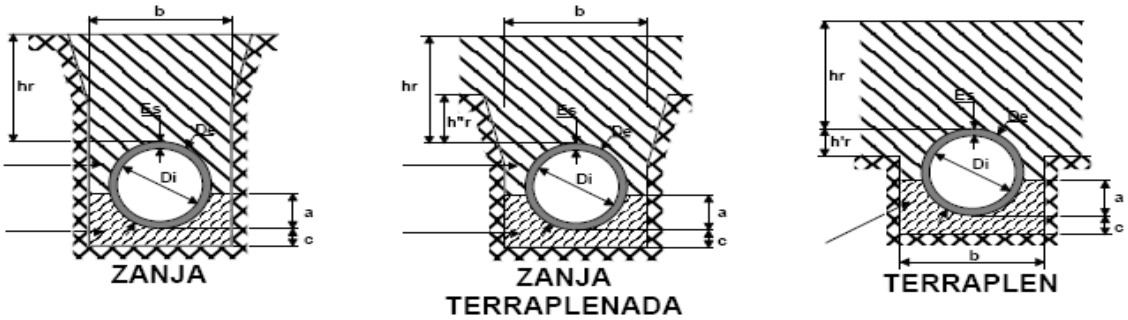
Determinación de acciones actuantes sobre el tubo (carga producida por relleno, carga producida por el tráfico, carga puntual, carga uniformemente distribuida en superficie).

Obtención del Factor de apoyo mínimo recomendado, según las condiciones de instalación.

Determinación de la clase resistente exigible al tubo según las acciones actuantes y las condiciones de instalación.

10.2.1. Tipos de instalación

Se consideran tres tipos de instalación: zanja, zanja terraplenada y terraplén:



10.2.2. TIPOS DE RELLENO

La Norma clasifica las tierras del relleno en uno de los siguientes cinco tipos:

	Clase de relleno	λμ'	γ (kN/m³)
1	Arcilla plástica	0,110	21,0
2	Arcilla ordinaria	0,130	19,2
3	Arena arcillosa	0,150	19,2
4	Arenas y gravas	0,165	17,6
5	Mat. gran. sin cohesión (zahorras)	0,192	19,0

Donde:

γ = Peso específico del terreno, en kN/m³

λ = Coeficiente de Rankine = $tg^2 (45^o - \varphi/2)$

φ es el ángulo de rozamiento interno del relleno

μ' = tg φ ' es el coeficiente de rozamiento del relleno contra los paramentos de la zanja.

10.2.3. DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL RELLENO

El efecto favorable del rozamiento negativo tanto en zanja como en zanja terraplenada, disminuye a medida que aumenta la anchura de la zanja, lo que obliga a calcular también el peso del relleno como si la tubería estuviera colocada en terraplén y considerar como real el menor de ambos, ya que la carga para el caso de tubería colocada en terraplén es la mayor que se puede producir para una altura de relleno determinada. Este doble cálculo resulta obligado para cualquier tipo de zanja incluso la terraplenada.

Esta consideración se ha tenido en cuenta, aun cuando no se explicita en el Apéndice de Cálculo de la Norma UNE 127916.

10.2.4. INSTALACIÓN EN ZANJA

Carga producida por el relleno:

$We = C_z \cdot \gamma \cdot H \cdot b$

donde:

b : Ancho de la zanja en el plano de la clave (m)

H : Altura de tierras sobre la clave (m)

C_z : Coeficiente de Marston, dado por la expresión:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu'(H/b)}}{2\lambda\mu'(H/b)}$$

10.2.5. INSTALACIÓN EN TERRAPLÉN

Carga producida por el relleno:

We = Ct · γ · H · OD

El valor de Ct depende del tipo de base de apoyo y se obtiene por:

Para H ≤ Ho

$$Ct = \frac{e^{2\lambda\mu'(H/OD)} - 1}{2\lambda\mu'(H/OD)}$$

Para H > Ho

$$Ct = \frac{e^{2\lambda\mu'(H/OD)} - 1}{2\lambda\mu'(H/OD)} + \frac{H - Ho}{H} \cdot e^{2\lambda\mu'(H/OD)}$$

Los valores de ho se obtienen de la siguiente tabla:

Tipo de base	*Ho/OD*
Roca o suelo rígido (no asentable)	*2,026*
Suelo compacto (ordinario)	*1,475*
Suelo natural	*1,170*

10.2.6. INSTALACIÓN EN ZANJA TERRAPLENADA

La carga producida por el relleno se obtiene de:

We = C_{zt} · γ · H · b

El valor de C_{zt} se obtiene por:

Para H ≤ Ho

$$C_{zt} = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu'(H/b)}}{2\lambda\mu(H/b)}$$

Para H > Ho

$$C_{zt} = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu'(Ho/b)}}{2\lambda\mu'(Hr/b)} + \frac{H - Ho}{H} \cdot e^{-2\lambda\mu'(Ho/b)}$$

Los valores de Ho se obtienen de la tabla siguiente, donde H" es la distancia entre el plano de clave del tubo y la base del terraplén:

H''/b	*Ho/b*
≤0,5	*0,600*
0,5<H''/b≤1	*1,520*
1<H''/b≤1,5	*2,515*
1,5<H''/b	*4,460*

10.2.7. DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL TRÁFICO

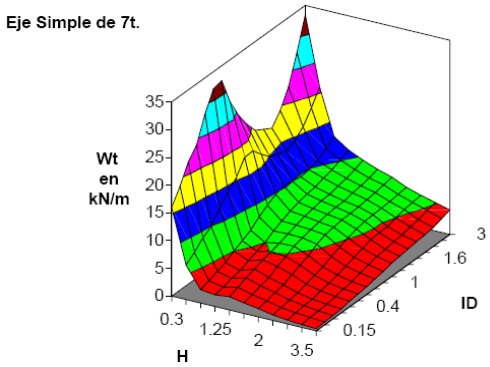
La norma considera tres tipos de vehículos:

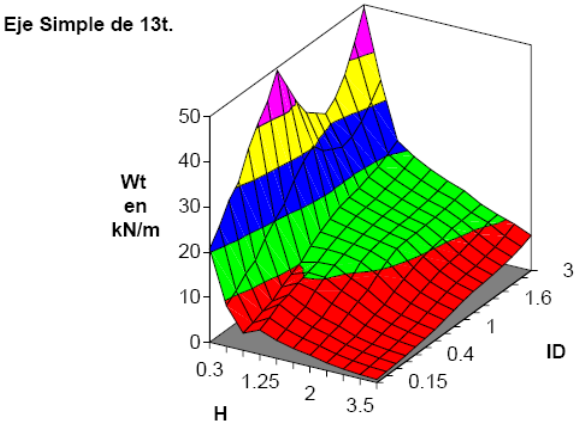
Eje simple de 70 kN (7t).

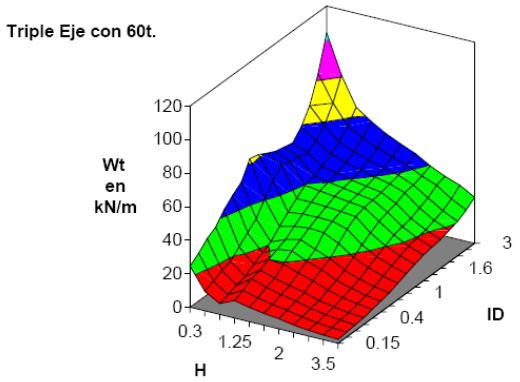
Eje simple de 130 kN (13t).

Carro tres ejes de 600 kN (60t)

Los valores de las cargas producidas sobre el tubo se obtienen de las gráficas, que representan las tablas mostradas en la Norma:







Para profundidades superiores a los 4 m, no se considerarán cargas de tráfico, mientras que para profundidades inferiores a 1 m y en los casos de eje simple de 7t y eje triple de 13t, los valores indicados consideran un coeficiente de impacto, según los valores indicados en la tabla siguiente:

H(m)	*Coeficiente de impacto*
≤0,30	*1,30*
0,30<H≤0,60	*1,20*
0,60<H≤0,90	*1,10*
0,90<H<1,00	*1,00*

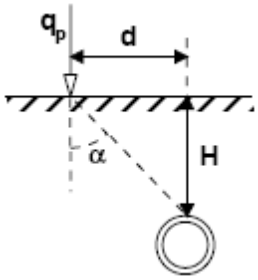
10.2.8. OTRAS CARGAS.

10.2.8.1. CARGAS PUNTUALES

La acción que se produce debido a una carga puntual qp cuyo eje de aplicación se sitúa a una distancia mínima d del eje del tubo, se evalúa según la teoría de Boussinesq:

$$Wp = \frac{3 \cdot OD \cdot q_p \cdot \cos^5 \alpha}{2 \cdot (\pi \cdot H)}$$

$$\cos \alpha = \frac{H}{\left(H^2 + d^2\right)^{1/2}}$$



10.2.8.2. CARGAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS EN SUPERFICIE.

Para instalación en zanja, la repercusión sobre el tubo se calcula de la forma (donde qs es la carga por metro cuadrado):

$$Ws = b \cdot q_s \cdot e^{-2\lambda\mu'(H)}$$

Si la instalación es en terraplén o zanja terraplenada, se asimila a un sobre espesor de relleno de valor equivalente a (donde γ = Peso específico del terreno y qs es la carga por metro cuadrado de superficie):

$Ws = q_s / \gamma$

10.2.9. FACTORES DE APOYO.

FACTORES DE APOYO EN ZANJA Y ZANJA TERRAPLENADA.

APOYO EN HORMIGÓN EN MASA fck ≥ 15 N/mm²

Relleno Compactado, apoyo de 180º 4,0

Relleno Seleccionado sin compactar, apoyo de 180º 3,0

Relleno Compactado, apoyo de 120º 2,8

Relleno Seleccionado sin compactar, apoyo de 120º 2,2

Relleno Compactado, apoyo de 90º 2,3

Relleno Seleccionado sin compactar, apoyo de 90º 2,0

APOYO GRANULAR

Relleno y apoyo de material granular compactado 2,1

Relleno Compactado, apoyo de 180º 1,9

Relleno Compactado, apoyo de 90º 1,7

Relleno seleccionado sin compactar, apoyo de 180º 1,5

APOYO DIRECTO (NO RECOMENDADO) 1,1

En todos los casos, los valores de c dependen del terreno y se obtienen de la siguiente tabla, según sea el valor de D*i* :

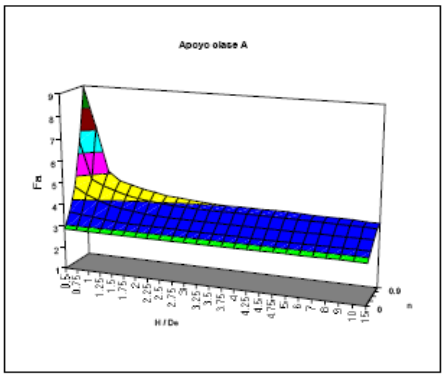
	<0,7	*0,7 a 1,5*	*>1,5*
Suelo	*0,08*	*0,10*	*0,15*
Roca	*0,15*	*0,23*	*0,30*

FACTORES DE APOYO EN TERRAPLÉN.

Los factores de apoyo (Fap), en función del tipo de instalación, se obtienen según norma de las siguientes gráficas, en función del factor n (tal que n·OD=H), y del cociente H/OD (para hr/De<0,5, se toma 0,5).

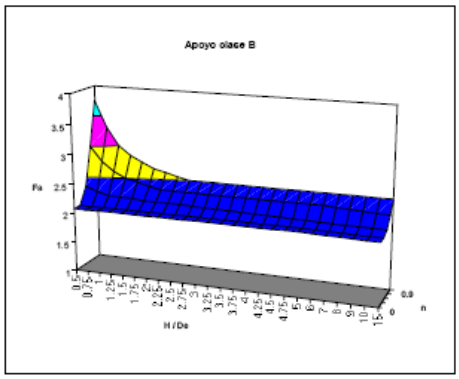
Tipo A:

Base de Hormigón.



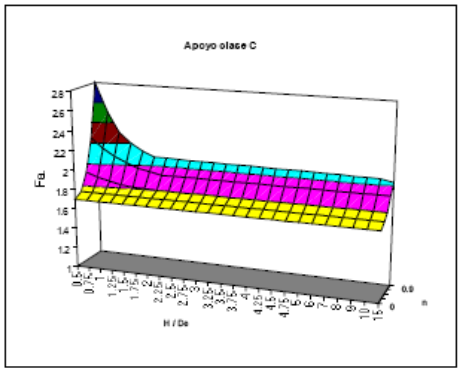
Tipo B:

Base de material granular compactado. (n ≤ 0,6)



Tipo C:

Base de material granular compactado. (n ≤ 0,83)



10.2.10. DETERMINACIÓN DE LA CLASE EXIGIBLE AL TUBO.

La carga de cálculo se obtendrá de la siguiente expresión:

$$CARGA\ DE\ CÁLCULO\ (kN/m^2) = \frac{1{,}5 \cdot q_{total}}{F_{ap} \cdot ID}$$

donde q*total* es la suma de la carga del relleno, la carga del tráfico, el efecto de la carga puntual y el efecto de la carga uniformemente distribuida, expresadas en kN/m.

La clase exigible al tubo se obtendrá, partiendo de la carga de cálculo mínima y según el tipo de tubo, de la siguiente tabla:

	Tubo de hormigón en masa	*Tubo de hormigón armado y tubo de hormigón con fibra de acero*
Carga de cálculo ≤60	*CLASE N*	*CLASE 60*
60<Carga de cálculo≤90	*CLASE N*	*CLASE 90*
90<Carga de cálculo≤135	*CLASE R*	*CLASE 135*
135<Carga de cálculo≤180		*CLASE 180*

CÁLCULO DE LA CLASE RESISTENTE SEGÚN ASTM C76M.

Partiendo de la carga de cálculo obtenida de la siguiente expresión:

$$CARGA\ DE\ CÁLCULO\ (kN/m^2) = \frac{1{,}5 \cdot q_{total}}{F_{ap} \cdot ID}$$

donde qtotal es la suma de las cargas calculadas actuantes sobre el tubo, expresada en kN/m; F*ap* expresa el Factor de Apoyo e ID el diámetro interior del tubo, se calcula la clase resistente mediante la tabla siguiente, escogiendo la mayor posible:

Clase	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*
Carga de cálculo	*60 kN/m²*	*75 kN/m²*	*100 kN/m²*	*150 kN/m²*	*175 kN/m²*

10.3. CONCLUSIONES

En el Apéndice 7.2.10 se adjuntan los cálculos de tuberías para diámetros de 600mm, 800mm, 1.000mm y 1.200 mm con alturas de tierras de 1.0m y 2.5m.

El resumen de los resultados obtenidos se adjunta en la siguiente tabla:

DN(mm)	e (mm)	Ancho zanja (m)	Talud H/V	cama	Relleno riñoneras	Relleno cobertura	hr= altura s/ clave (m)	Carga tráfico	Clase tubo
600	77	1,60	45º	arena	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	1,00	60Tn	60
600	77	1,60	45º	arena	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	2,50	60Tn	135
800	95	1,80	45º	arena	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	1,00	60Tn	60

DN(mm)	e (mm)	Ancho zanja (m)	Talud H/V	cama	Relleno riñoneras	Relleno cobertura	hr= altura s/ clave (m)	Carga tráfico	Clase tubo
800	95	1,80	45º	arena	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	2,50	60Tn	135
1000	110	2,00	45º	hormigón	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	1,00	60Tn	60
1000	110	2,00	45º	hormigón	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	2,50	60Tn	90
1200	125	2,20	45º	hormigón	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	1,00	60Tn	90
1200	125	2,20	45º	hormigón	S. Selec. c/ 95%PM	S.adec. c/ 95%PN	2,50	60Tn	90

A la vista de los resultados obtenidos se opta con carácter general adoptar una clase de 135 para todas las tuberías.

El técnico autor del cálculo:

Fdo.: Rafael Fernández-Ordóñez Cervera

Ingeniero C.C.P. Colegiado nº 11.444

11. APÉNDICE 7.2.1: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO HELICOIDAL EN ZANJA

RESUMEN DE CÁLCULO MECÁNICO DE TUBO DE ACERO EN ZANJAS

			DN y espesor (mm)					
			1300	1500	1600	1800	1900	2000
PN	**Hr**	**Acero**	1321	1524	1626	1829	1930	2032
6	**1,5**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
6	**3,0**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
6	**4,0**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
6	**5,0**	**275**	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
6	**6,0**	**275**	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
6	**7,0**	**275**	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
6	**8,0**	**275**	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
6	**9,0**	**275**	12,50	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
6	**10,0**	**275**	14,50	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
12	**1,5**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
12	**3,0**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
12	**4,0**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
12	**5,0**	**275**	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
12	**6,0**	**275**	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
12	**7,0**	**275**	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
12	**8,0**	**275**	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
12	**9,0**	**275**	12,50	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
12	**10,0**	**275**	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
16	**1,5**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
16	**3,0**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
16	**4,0**	**275**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
16	**5,0**	**275**	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
16	**6,0**	**275**	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
16	**7,0**	**275**	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
16	**8,0**	**275**	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
16	**9,0**	**275**	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
16	**10,0**	**275**	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
20	**1,5**	**355**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
20	**3,0**	**355**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
20	**4,0**	**355**	8,00	9,50	10,00	11,50	13,00	14,00
20	**5,0**	**355**	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
20	**6,0**	**355**	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
20	**7,0**	**355**	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
20	**8,0**	**355**	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
20	**9,0**	**355**	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
20	**10,0**	**355**	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
22	**1,5**	**355**	8,50	9,50	10,50	11,50	13,00	14,00
22	**3,0**	**355**	8,50	9,50	10,50	11,50	13,00	14,00
22	**4,0**	**355**	8,50	9,50	10,50	11,50	13,00	14,00
22	**5,0**	**355**	9,00	10,00	11,00	12,50	14,00	14,50
22	**6,0**	**355**	10,00	10,50	12,00	13,50	14,50	15,00
22	**7,0**	**355**	10,00	11,00	12,50	14,00	15,00	16,00
22	**8,0**	**355**	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
22	**9,0**	**355**	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
22	**10,0**	**355**	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00
25	**1,5**	**355**	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	**3,0**	**355**	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	**4,0**	**355**	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	**5,0**	**355**	9,50	11,00	12,00	13,00	14,00	14,50
25	**6,0**	**355**	9,50	11,00	12,00	13,50	14,50	15,00
25	**7,0**	**355**	10,00	11,00	12,00	14,00	15,00	16,00
25	**8,0**	**355**	11,00	12,50	13,50	15,00	16,00	17,00
25	**9,0**	**355**	13,00	15,00	16,00	18,00	18,50	20,00
25	**10,0**	**355**	14,00	16,00	17,00	19,00	21,00	22,00

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

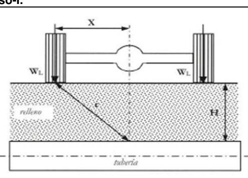
Concepto	Ud.	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-6 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-6 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-6 Hr=9	DN1321 esp=14,5 PN-6 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-12 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-12 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-12 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-12 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	8,00	8,00	8,00	9,00	10,00	10,00	11,00	12,50	14,50	8,00	8,00	8,00	9,00	10,00	10,00	11,00	12,50	14,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.305,00	1.305,00	1.305,00	1.303,00	1.301,00	1.301,00	1.299,00	1.296,00	1.292,00	1.305,00	1.305,00	1.305,00	1.303,00	1.301,00	1.301,00	1.299,00	1.296,00	1.293,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.313,00	1.313,00	1.313,00	1.312,00	1.311,00	1.311,00	1.310,00	1.308,50	1.306,50	1.313,00	1.313,00	1.313,00	1.312,00	1.311,00	1.311,00	1.310,00	1.308,50	1.307,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

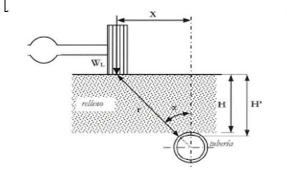
Concepto	Ud.	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-6 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-6 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-6 Hr=9	DN1321 esp=14,5 PN-6 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-12 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-12 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-12 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-12 Hr=10
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	κμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Concepto	Ud.	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-6 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-6 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-6 Hr=9	DN1321 esp=14,5 PN-6 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-12 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-12 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-12 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-12 Hr=10
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	$mm^3.m$	46,89	46,89	46,89	66,76	91,58	91,58	121,89	178,86	279,18	46,89	46,89	46,89	66,76	91,58	91,58	121,89	178,86	251,28
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,35	4,35	4,35	6,21	8,53	8,53	11,39	16,77	26,29	4,35	4,35	4,35	6,21	8,53	8,53	11,39	16,77	23,63
Indice de rigidez (S)		157,89	157,89	157,89	110,64	80,47	80,47	60,32	40,97	26,13	157,89	157,89	157,89	110,64	80,47	80,47	60,32	40,97	29,06
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,08	-0,06	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,08	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	11,36	18,93	26,50	34,07	41,64	49,21	56,78	64,35	0,00	11,36	18,93	26,50	34,07	41,64	49,21	56,78	64,35
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	35,67	59,56	75,50	91,43	107,36	123,29	139,22	155,15	171,08	35,67	59,56	75,50	91,43	107,36	123,29	139,22	155,15	171,08
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Concepto	Ud.	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-6 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-6 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-6 Hr=9	DN1321 esp=14,5 PN-6 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-12 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-12 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-12 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-12 Hr=10
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	7,50	4,70	3,12	2,17	1,58	1,19	0,93	0,74	0,61	7,50	4,70	3,12	2,17	1,58	1,19	0,93	0,74	0,61
Caso-II:																			



Concepto	Ud.	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-6 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-6 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-6 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-6 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-6 Hr=9	DN1321 esp=14,5 PN-6 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-12 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-12 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-12 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-12 Hr=8	DN1321 esp=12,5 PN-12 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-12 Hr=10
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	63,71	86,39	112,46	140,19	168,56	197,23	226,07	255,01	284,00	63,71	86,39	112,46	140,19	168,56	197,23	226,07	255,01	284,00
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	22,30	30,24	39,36	49,06	58,99	69,03	79,12	89,25	99,40	22,30	30,24	39,36	49,06	58,99	69,03	79,12	89,25	99,40
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	79,57	102,24	128,32	156,04	184,41	213,08	241,92	270,86	299,85	79,57	102,24	128,32	156,04	184,41	213,08	241,92	270,86	299,85
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	16,65	16,65	16,65	18,74	20,82	20,82	22,90	26,02	30,19	16,65	16,65	16,65	18,74	20,82	20,82	22,90	26,02	29,14
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76	5,76
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	63.713,71	78.345,68	99.056,07	121.414,20	144.420,92	167.733,86	191.210,02	214.781,08	238.411,05	63.713,71	78.345,68	99.056,07	121.414,20	144.420,92	167.733,86	191.210,02	214.781,08	238.411,05
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	$m^{3 \times m}$	4,7,E-08	4,7,E-08	4,7,E-08	6,7,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	1,8,E-07	2,8,E-07	4,7,E-08	4,7,E-08	4,7,E-08	6,7,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	1,8,E-07	2,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02005	0,02466	0,03117	0,03657	0,04128	0,04794	0,05142	0,05194	0,04889	0,02005	0,02466	0,03117	0,03657	0,04128	0,04794	0,05142	0,05194	0,05106
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,53%	1,88%	2,37%	2,79%	3,15%	3,66%	3,93%	3,97%	3,74%	1,53%	1,88%	2,37%	2,79%	3,15%	3,66%	3,93%	3,97%	3,91%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,52%	2,06%	2,68%	3,21%	3,66%	4,29%	4,63%	4,71%	4,47%	1,52%	2,06%	2,68%	3,21%	3,66%	4,29%	4,63%	4,71%	4,66%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,62	2,13	1,68	1,43	1,27	1,09	1,02	1,01	1,07	2,62	2,13	1,68	1,43	1,27	1,09	1,02	1,01	1,02
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	4,3,E-08	4,3,E-08	4,3,E-08	6,1,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,6,E-07	2,5,E-07	4,3,E-08	4,3,E-08	4,3,E-08	6,1,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,6,E-07	2,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		1,14	2,27	3,03	3,79	4,54	5,30	6,06	6,81	7,57	1,14	2,27	3,03	3,79	4,54	5,30	6,06	6,81	7,57
B´= Coeficiente		0,06	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33	0,06	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	200,19	242,58	268,37	349,68	441,90	471,06	576,95	738,86	972,84	200,19	242,58	268,37	349,68	441,90	471,06	576,95	738,86	921,55
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,32	3,13	2,76	2,96	3,17	2,92	3,15	3,60	4,29	3,32	3,13	2,76	2,96	3,17	2,92	3,15	3,60	4,06
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

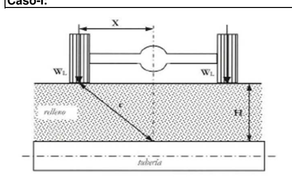
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

		DN1321 esp=8 PN-16 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-16 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-16 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-16 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-16 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-20 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-20 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-20 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-20 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	8,00	8,00	8,00	9,00	10,00	10,00	11,00	13,00	14,00	8,00	8,00	8,00	9,00	10,00	10,00	11,00	13,00	14,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.305,00	1.305,00	1.305,00	1.303,00	1.301,00	1.301,00	1.299,00	1.295,00	1.293,00	1.305,00	1.305,00	1.305,00	1.303,00	1.301,00	1.301,00	1.299,00	1.295,00	1.293,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.313,00	1.313,00	1.313,00	1.312,00	1.311,00	1.311,00	1.310,00	1.308,00	1.307,00	1.313,00	1.313,00	1.313,00	1.312,00	1.311,00	1.311,00	1.310,00	1.308,00	1.307,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

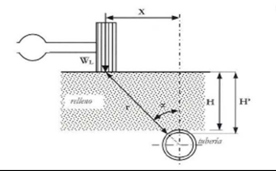
Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Tipo	Kμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

		DN1321 esp=8 PN-16 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-16 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-16 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-16 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-16 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-20 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-20 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-20 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-20 Hr=10
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	46,89	46,89	46,89	66,76	91,58	91,58	121,89	201,19	251,28	46,89	46,89	46,89	66,76	91,58	91,58	121,89	201,19	251,28
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,35	4,35	4,35	6,21	8,53	8,53	11,39	18,88	23,63	4,35	4,35	4,35	6,21	8,53	8,53	11,39	18,88	23,63
Indice de rigidez (S)		157,89	157,89	157,89	110,64	80,47	80,47	60,32	36,38	29,06	157,89	157,89	157,89	110,64	80,47	80,47	60,32	36,38	29,06
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	11,36	18,93	26,50	34,07	41,64	49,21	56,78	64,35	0,00	11,36	18,93	26,50	34,07	41,64	49,21	56,78	64,35
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	35,67	59,56	75,50	91,43	107,36	123,29	139,22	155,15	171,08	35,67	59,56	75,50	91,43	107,36	123,29	139,22	155,15	171,08
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



		DN1321 esp=8 PN-16 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-16 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-16 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-16 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-16 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-20 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-20 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-20 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-20 Hr=10
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	7,50	4,70	3,12	2,17	1,58	1,19	0,93	0,74	0,61	7,50	4,70	3,12	2,17	1,58	1,19	0,93	0,74	0,61
Caso-II:																			



		DN1321 esp=8 PN-16 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-16 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-16 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-16 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-16 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-16 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-16 Hr=10	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=1,5	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=3	DN1321 esp=8 PN-20 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-20 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-20 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-20 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-20 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-20 Hr=10
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	63,71	86,39	112,46	140,19	168,56	197,23	226,07	255,01	284,00	63,71	86,39	112,46	140,19	168,56	197,23	226,07	255,01	284,00
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	22,30	30,24	39,36	49,06	58,99	69,03	79,12	89,25	99,40	22,30	30,24	39,36	49,06	58,99	69,03	79,12	89,25	99,40
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	79,57	102,24	128,32	156,04	184,41	213,08	241,92	270,86	299,85	79,57	102,24	128,32	156,04	184,41	213,08	241,92	270,86	299,85
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	16,65	16,65	16,65	18,74	20,82	20,82	22,90	27,06	29,14	21,50	21,50	21,50	24,19	26,87	26,87	29,56	34,94	37,62
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	63.713,71	78.345,68	99.056,07	121.414,20	144.420,92	167.733,86	191.210,02	214.781,08	238.411,05	63.713,71	78.345,68	99.056,07	121.414,20	144.420,92	167.733,86	191.210,02	214.781,08	238.411,05
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\times m}$	4,7,E-08	4,7,E-08	4,7,E-08	6,7,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07	4,7,E-08	4,7,E-08	4,7,E-08	6,7,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02005	0,02466	0,03117	0,03657	0,04128	0,04794	0,05142	0,04996	0,05106	0,02005	0,02466	0,03117	0,03657	0,04128	0,04794	0,05142	0,04996	0,05106
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,53%	1,88%	2,37%	2,79%	3,15%	3,66%	3,93%	3,82%	3,91%	1,53%	1,88%	2,37%	2,79%	3,15%	3,66%	3,93%	3,82%	3,91%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,52%	2,06%	2,68%	3,21%	3,66%	4,29%	4,63%	4,54%	4,66%	1,52%	2,06%	2,68%	3,21%	3,66%	4,29%	4,63%	4,54%	4,66%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,62	2,13	1,68	1,43	1,27	1,09	1,02	1,05	1,02	2,62	2,13	1,68	1,43	1,27	1,09	1,02	1,05	1,02
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	4,3,E-08	4,3,E-08	4,3,E-08	6,1,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	4,3,E-08	4,3,E-08	4,3,E-08	6,1,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		1,14	2,27	3,03	3,79	4,54	5,30	6,06	6,81	7,57	1,14	2,27	3,03	3,79	4,54	5,30	6,06	6,81	7,57
B´= Coeficiente		0,06	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33	0,06	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	200,19	242,58	268,37	349,68	441,90	471,06	576,95	784,83	921,55	200,19	242,58	268,37	349,68	441,90	471,06	576,95	784,83	921,55
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,32	3,13	2,76	2,96	3,17	2,92	3,15	3,83	4,06	3,32	3,13	2,76	2,96	3,17	2,92	3,15	3,83	4,06
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

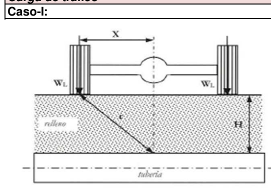
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM		DN1321 esp=8,5 PN-22 Hr=1,5	DN1321 esp=8,5 PN-22 Hr=3	DN1321 esp=8,5 PN-22 Hr=4	DN1321 esp=9 PN-22 Hr=5	DN1321 esp=10 PN-22 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-22 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-22 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-22 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-22 Hr=10	DN1321 esp=9,5 PN-25 Hr=1,5	DN1321 esp=9,5 PN-25 Hr=3	DN1321 esp=9,5 PN-25 Hr=4	DN1321 esp=9,5 PN-25 Hr=5	DN1321 esp=9,5 PN-25 Hr=6	DN1321 esp=10 PN-25 Hr=7	DN1321 esp=11 PN-25 Hr=8	DN1321 esp=13 PN-25 Hr=9	DN1321 esp=14 PN-25 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00	1.321,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93	7,93
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	8,50	8,50	8,50	9,00	10,00	10,00	11,00	13,00	14,00	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	10,00	11,00	13,00	14,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.304,00	1.304,00	1.304,00	1.303,00	1.301,00	1.301,00	1.299,00	1.295,00	1.293,00	1.302,00	1.302,00	1.302,00	1.302,00	1.302,00	1.301,00	1.299,00	1.295,00	1.293,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.312,50	1.312,50	1.312,50	1.312,00	1.311,00	1.311,00	1.310,00	1.308,00	1.307,00	1.311,50	1.311,50	1.311,50	1.311,50	1.311,50	1.311,00	1.310,00	1.308,00	1.307,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

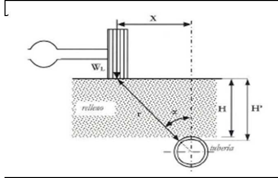
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	56,24	56,24	56,24	66,76	91,58	91,58	121,89	201,19	251,28	78,51	78,51	78,51	78,51	78,51	91,58	121,89	201,19	251,28
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	5,22	5,22	5,22	6,21	8,53	8,53	11,39	18,88	23,63	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	8,53	11,39	18,88	23,63
Indice de rigidez (S)		131,49	131,49	131,49	110,64	80,47	80,47	60,32	36,38	29,06	93,97	93,97	93,97	93,97	93,97	80,47	60,32	36,38	29,06
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	11,36	18,93	26,50	34,07	41,64	49,21	56,78	64,35	0,00	11,36	18,93	26,50	34,07	41,64	49,21	56,78	64,35
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	35,67	59,56	75,50	91,43	107,36	123,29	139,22	155,15	171,08	35,67	59,56	75,50	91,43	107,36	123,29	139,22	155,15	171,08
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	7,50	4,70	3,12	2,17	1,58	1,19	0,93	0,74	0,61	7,50	4,70	3,12	2,17	1,58	1,19	0,93	0,74	0,61
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63	28,05	7,01	3,94	2,52	1,75	1,29	0,99	0,78	0,63
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	63,71	86,39	112,46	140,19	168,56	197,23	226,07	255,01	284,00	63,71	86,39	112,46	140,19	168,56	197,23	226,07	255,01	284,00
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	22,30	30,24	39,36	49,06	58,99	69,03	79,12	89,25	99,40	22,30	30,24	39,36	49,06	58,99	69,03	79,12	89,25	99,40
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	79,57	102,24	128,32	156,04	184,41	213,08	241,92	270,86	299,85	79,57	102,24	128,32	156,04	184,41	213,08	241,92	270,86	299,85
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	22,84	22,84	22,84	24,19	26,87	26,87	29,56	34,94	37,62	25,53	25,53	25,53	25,53	25,53	26,87	29,56	34,94	37,62
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	8,19	9,30	9,30	9,30	9,30	9,30	9,30	9,30	9,30	9,30
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	63.713,71	78.345,68	99.056,07	121.414,20	144.420,92	167.733,86	191.210,02	214.781,08	238.411,05	63.713,71	78.345,68	99.056,07	121.414,20	144.420,92	167.733,86	191.210,02	214.781,08	238.411,05
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\,x\,m}$	5,6,E-08	5,6,E-08	5,6,E-08	6,7,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,01964	0,02415	0,03053	0,03657	0,04128	0,04794	0,05142	0,04996	0,05106	0,01871	0,02301	0,02910	0,03566	0,04242	0,04794	0,05142	0,04996	0,05106
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,50%	1,84%	2,33%	2,79%	3,15%	3,66%	3,93%	3,82%	3,91%	1,43%	1,75%	2,22%	2,72%	3,23%	3,66%	3,93%	3,82%	3,91%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,49%	2,02%	2,63%	3,21%	3,66%	4,29%	4,63%	4,54%	4,66%	1,42%	1,93%	2,51%	3,13%	3,76%	4,29%	4,63%	4,54%	4,66%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,67	2,17	1,72	1,43	1,27	1,09	1,02	1,05	1,02	2,80	2,28	1,80	1,47	1,24	1,09	1,02	1,05	1,02
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	5,1,E-08	5,1,E-08	5,1,E-08	6,1,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		1,14	2,27	3,03	3,79	4,54	5,30	6,06	6,81	7,57	1,14	2,27	3,03	3,79	4,54	5,30	6,06	6,81	7,57
B´= Coeficiente		0,06	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33	0,06	0,11	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	219,56	266,07	294,36	349,68	441,90	471,06	576,95	784,83	921,55	260,17	315,31	348,85	379,79	408,56	471,06	576,95	784,83	921,55
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,65	3,44	3,03	2,96	3,17	2,92	3,15	3,83	4,06	4,32	4,07	3,59	3,22	2,93	2,92	3,15	3,83	4,06
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

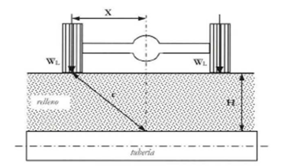
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM		DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-6 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-6 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-6 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-6 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-6 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-6 Hr=10	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-12 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-12 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-12 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-12 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-12 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-12 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	9,50	9,50	9,50	10,00	10,50	11,00	12,50	15,00	16,00	9,50	9,50	9,50	10,00	10,50	11,00	12,50	15,00	16,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.505,00	1.505,00	1.505,00	1.504,00	1.503,00	1.502,00	1.499,00	1.494,00	1.492,00	1.505,00	1.505,00	1.505,00	1.504,00	1.503,00	1.502,00	1.499,00	1.494,00	1.492,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.514,50	1.514,50	1.514,50	1.514,00	1.513,50	1.513,00	1.511,50	1.509,00	1.508,00	1.514,50	1.514,50	1.514,50	1.514,00	1.513,50	1.513,00	1.511,50	1.509,00	1.508,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

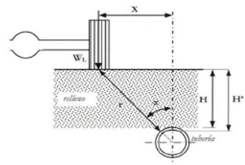
		DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-6 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-6 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-6 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-6 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-6 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-6 Hr=10	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-12 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-12 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-12 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-12 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-12 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-12 Hr=10
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kµ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

		DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-6 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-6 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-6 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-6 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-6 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-6 Hr=10	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-12 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-12 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-12 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-12 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-12 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-12 Hr=10
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	78,51	78,51	78,51	91,58	106,01	121,89	178,86	309,07	375,09	78,51	78,51	78,51	91,58	106,01	121,89	178,86	309,07	375,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,75	4,75	4,75	5,54	6,42	7,39	10,88	18,89	22,97	4,75	4,75	4,75	5,54	6,42	7,39	10,88	18,89	22,97
Indice de rigidez (S)		144,70	144,70	144,70	123,94	106,96	92,94	63,14	36,36	29,90	144,70	144,70	144,70	123,94	106,96	92,94	63,14	36,36	29,90
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,84	16,40	22,97	29,53	36,09	42,65	49,21	55,77	0,00	9,84	16,40	22,97	29,53	36,09	42,65	49,21	55,77
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	41,15	68,72	87,10	105,48	123,86	142,23	160,61	178,99	197,37	41,15	68,72	87,10	105,48	123,86	142,23	160,61	178,99	197,37
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



		DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-6 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-6 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-6 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-6 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-6 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-6 Hr=10	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-12 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-12 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-12 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-12 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-12 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-12 Hr=10
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	8,65	5,42	3,60	2,50	1,82	1,37	1,07	0,86	0,70	8,65	5,42	3,60	2,50	1,82	1,37	1,07	0,86	0,70
Caso-II:																			



		DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-6 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-6 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-6 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-6 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-6 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-6 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-6 Hr=10	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-12 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-12 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-12 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-12 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-12 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-12 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-12 Hr=10
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	73,50	99,67	129,75	161,73	194,46	227,54	260,81	294,19	327,64	73,50	99,67	129,75	161,73	194,46	227,54	260,81	294,19	327,64
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	25,73	34,88	45,41	56,60	68,06	79,64	91,28	102,97	114,67	25,73	34,88	45,41	56,60	68,06	79,64	91,28	102,97	114,67
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	91,79	117,95	148,03	180,02	212,75	245,83	279,10	312,48	345,93	91,79	117,95	148,03	180,02	212,75	245,83	279,10	312,48	345,93
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	17,14	17,14	17,14	18,04	18,95	19,85	22,56	27,07	36,22	17,14	17,14	17,14	18,04	18,95	19,85	22,56	27,07	36,22
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	2,65	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65	6,65	5,30
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	73.504,69	90.385,17	114.278,16	140.072,10	166.614,29	193.509,77	220.593,54	247.786,80	275.048,03	73.504,69	90.385,17	114.278,16	140.072,10	166.614,29	193.509,77	220.593,54	247.786,80	275.048,03
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\times m}$	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	9,2,E-08	1,1,E-07	1,2,E-07	1,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	9,2,E-08	1,1,E-07	1,2,E-07	1,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02291	0,02818	0,03562	0,04285	0,04994	0,05674	0,05995	0,05762	0,05957	0,02291	0,02818	0,03562	0,04285	0,04994	0,05674	0,05995	0,05762	0,05957
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,86%	2,35%	2,83%	3,30%	3,75%	3,97%	3,82%	3,95%	1,51%	1,86%	2,35%	2,83%	3,30%	3,75%	3,97%	3,82%	3,95%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	2,04%	2,66%	3,25%	3,84%	4,39%	4,68%	4,53%	4,71%	1,51%	2,04%	2,66%	3,25%	3,84%	4,39%	4,68%	4,53%	4,71%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,64	2,15	1,70	1,41	1,21	1,07	1,01	1,05	1,01	2,64	2,15	1,70	1,41	1,21	1,07	1,01	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	8,3,E-08	9,6,E-08	1,1,E-07	1,6,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	8,3,E-08	9,6,E-08	1,1,E-07	1,6,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,98	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,91	6,56	0,98	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,91	6,56
B´= Coeficiente		0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,29	0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,29
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	198,35	238,49	263,24	309,45	358,27	409,74	527,10	733,67	848,53	198,35	238,49	263,24	309,45	358,27	409,74	527,10	733,67	848,53
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,29	3,08	2,71	2,62	2,57	2,54	2,88	3,58	3,74	3,29	3,08	2,71	2,62	2,57	2,54	2,88	3,58	3,74
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

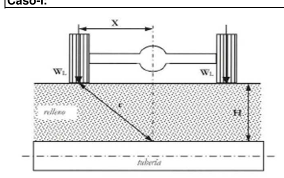
		DN1524 esp=9,5 PN-16 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-16 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-16 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-16 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-16 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-16 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-16 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-16 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-16 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	9,50	9,50	9,50	10,00	10,50	11,00	12,50	15,00	16,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.505,00	1.505,00	1.505,00	1.504,00	1.503,00	1.502,00	1.499,00	1.494,00	1.492,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.514,50	1.514,50	1.514,50	1.514,00	1.513,50	1.513,00	1.511,50	1.509,00	1.508,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m³	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm³.m	78,51	78,51	78,51	91,58	106,01	121,89	178,86	309,07	375,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m²	4,75	4,75	4,75	5,54	6,42	7,39	10,88	18,89	22,97
Indice de rigidez (S)		144,70	144,70	144,70	123,94	106,96	92,94	63,14	36,36	29,90
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m²	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m²	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,84	16,40	22,97	29,53	36,09	42,65	49,21	55,77
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m²	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	41,15	68,72	87,10	105,48	123,86	142,23	160,61	178,99	197,37
Carga de tráfico										
Caso-I:										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m²	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	8,65	5,42	3,60	2,50	1,82	1,37	1,07	0,86	0,70
Caso-II:										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m²	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m²	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m²	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	73,50	99,67	129,75	161,73	194,46	227,54	260,81	294,19	327,64
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	25,73	34,88	45,41	56,60	68,06	79,64	91,28	102,97	114,67
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	91,79	117,95	148,03	180,02	212,75	245,83	279,10	312,48	345,93
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	17,14	17,14	17,14	18,04	18,95	19,85	22,56	27,07	36,22
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	8,87	8,87	8,87	8,87	8,87	8,87	8,87	8,87	7,07
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_{α})		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	73.504,69	90.385,17	114.278,16	140.072,10	166.614,29	193.509,77	220.593,54	247.786,80	275.048,03
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	$m^{3 x m}$	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	9,2,E-08	1,1,E-07	1,2,E-07	1,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02291	0,02818	0,03562	0,04285	0,04994	0,05674	0,05995	0,05762	0,05957
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,86%	2,35%	2,83%	3,30%	3,75%	3,97%	3,82%	3,95%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	2,04%	2,66%	3,25%	3,84%	4,39%	4,68%	4,53%	4,71%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,64	2,15	1,70	1,41	1,21	1,07	1,01	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	8,3,E-08	9,6,E-08	1,1,E-07	1,6,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,98	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,91	6,56
B´= Coeficiente		0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,29
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m²	198,35	238,49	263,24	309,45	358,27	409,74	527,10	733,67	848,53
Presión exterior total (q_e)	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,29	3,08	2,71	2,62	2,57	2,54	2,88	3,58	3,74
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

		DN1524 esp=9,5 PN-20 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-20 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-20 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-20 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-20 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-20 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-20 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-20 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-20 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	9,50	9,50	9,50	10,00	10,50	11,00	12,50	15,00	16,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.505,00	1.505,00	1.505,00	1.504,00	1.503,00	1.502,00	1.499,00	1.494,00	1.492,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.514,50	1.514,50	1.514,50	1.514,00	1.513,50	1.513,00	1.511,50	1.509,00	1.508,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B
Módulo de elasticidad del suelo (E_s)	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m³	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm³.m	78,51	78,51	78,51	91,58	106,01	121,89	178,86	309,07	375,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m²	4,75	4,75	4,75	5,54	6,42	7,39	10,88	18,89	22,97
Indice de rigidez (S)		144,70	144,70	144,70	123,94	106,96	92,94	63,14	36,36	29,90
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
Coeficiente de Marston (C_z)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m²	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m²	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,84	16,40	22,97	29,53	36,09	42,65	49,21	55,77
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m²	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	41,15	68,72	87,10	105,48	123,86	142,23	160,61	178,99	197,37
Carga de tráfico										
Caso-I:										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m²	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	8,65	5,42	3,60	2,50	1,82	1,37	1,07	0,86	0,70
Caso-II:										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m²	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m²	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m²	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	73,50	99,67	129,75	161,73	194,46	227,54	260,81	294,19	327,64
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	25,73	34,88	45,41	56,60	68,06	79,64	91,28	102,97	114,67
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	91,79	117,95	148,03	180,02	212,75	245,83	279,10	312,48	345,93
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	22,13	22,13	22,13	23,29	24,46	25,62	29,12	34,94	36,22
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	8,59	8,59	8,59	8,59	8,59	8,59	8,59	8,59	8,83
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_{α})		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	73.504,69	90.385,17	114.278,16	140.072,10	166.614,29	193.509,77	220.593,54	247.786,80	275.048,03
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	$m^{3 x m}$	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	9,2,E-08	1,1,E-07	1,2,E-07	1,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02291	0,02818	0,03562	0,04285	0,04994	0,05674	0,05995	0,05762	0,05957
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,86%	2,35%	2,83%	3,30%	3,75%	3,97%	3,82%	3,95%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	2,04%	2,66%	3,25%	3,84%	4,39%	4,68%	4,53%	4,71%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax})	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,64	2,15	1,70	1,41	1,21	1,07	1,01	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	8,3,E-08	9,6,E-08	1,1,E-07	1,6,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,98	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,91	6,56
B´= Coeficiente		0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,29
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m²	198,35	238,49	263,24	309,45	358,27	409,74	527,10	733,67	848,53
Presión exterior total (q_e)	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,29	3,08	2,71	2,62	2,57	2,54	2,88	3,58	3,74
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

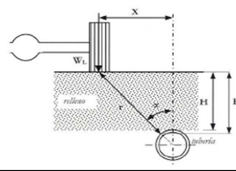
Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Tipo	Kμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Caso-I:



Caso-II:



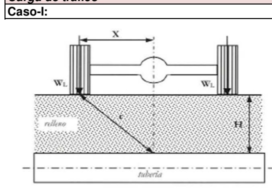
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

Concepto	Ud.	DN1524 esp=9,5 PN-22 Hr=1,5	DN1524 esp=9,5 PN-22 Hr=3	DN1524 esp=9,5 PN-22 Hr=4	DN1524 esp=10 PN-22 Hr=5	DN1524 esp=10,5 PN-22 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-22 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-22 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-22 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-22 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	9,50	9,50	9,50	10,00	10,50	11,00	12,50	15,00	16,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.505,00	1.505,00	1.505,00	1.504,00	1.503,00	1.502,00	1.499,00	1.494,00	1.492,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.514,50	1.514,50	1.514,50	1.514,00	1.513,50	1.513,00	1.511,50	1.509,00	1.508,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B
(tabla de compactación)										
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m³	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm³.m	78,51	78,51	78,51	91,58	106,01	121,89	178,86	309,07	375,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m²	4,75	4,75	4,75	5,54	6,42	7,39	10,88	18,89	22,97
Indice de rigidez (S)		144,70	144,70	144,70	123,94	106,96	92,94	63,14	36,36	29,90
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m²	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m²	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,84	16,40	22,97	29,53	36,09	42,65	49,21	55,77
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m²	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	41,15	68,72	87,10	105,48	123,86	142,23	160,61	178,99	197,37
Carga de tráfico										
Caso-I:										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m²	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	8,65	5,42	3,60	2,50	1,82	1,37	1,07	0,86	0,70
Caso-II:										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m²	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m²	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m²	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	73,50	99,67	129,75	161,73	194,46	227,54	260,81	294,19	327,64
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	25,73	34,88	45,41	56,60	68,06	79,64	91,28	102,97	114,67
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	91,79	117,95	148,03	180,02	212,75	245,83	279,10	312,48	345,93
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	22,13	22,13	22,13	23,29	24,46	25,62	29,12	34,94	36,22
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	9,44	9,72
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	73.504,69	90.385,17	114.278,16	140.072,10	166.614,29	193.509,77	220.593,54	247.786,80	275.048,03
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³ ˣ ᵐ	7,9,E-08	7,9,E-08	7,9,E-08	9,2,E-08	1,1,E-07	1,2,E-07	1,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02291	0,02818	0,03562	0,04285	0,04994	0,05674	0,05995	0,05762	0,05957
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,86%	2,35%	2,83%	3,30%	3,75%	3,97%	3,82%	3,95%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	2,04%	2,66%	3,25%	3,84%	4,39%	4,68%	4,53%	4,71%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,64	2,15	1,70	1,41	1,21	1,07	1,01	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³	7,1,E-08	7,1,E-08	7,1,E-08	8,3,E-08	9,6,E-08	1,1,E-07	1,6,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,98	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,91	6,56
B´= Coeficiente		0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,29
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m²	198,35	238,49	263,24	309,45	358,27	409,74	527,10	733,67	848,53
Presión exterior total (q_e)	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,29	3,08	2,71	2,62	2,57	2,54	2,88	3,58	3,74
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

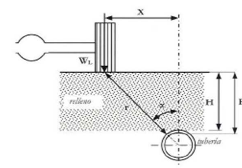
Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Tipo	Kµ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Caso-I:



Caso-II:



Concepto	Ud.	DN1524 esp=11 PN-25 Hr=1,5	DN1524 esp=11 PN-25 Hr=3	DN1524 esp=11 PN-25 Hr=4	DN1524 esp=11 PN-25 Hr=5	DN1524 esp=11 PN-25 Hr=6	DN1524 esp=11 PN-25 Hr=7	DN1524 esp=12,5 PN-25 Hr=8	DN1524 esp=15 PN-25 Hr=9	DN1524 esp=16 PN-25 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00	1.524,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14	9,14
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	12,50	15,00	16,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.502,00	1.502,00	1.502,00	1.502,00	1.502,00	1.502,00	1.499,00	1.494,00	1.492,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.513,00	1.513,00	1.513,00	1.513,00	1.513,00	1.513,00	1.511,50	1.509,00	1.508,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m³	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm³.m	121,89	121,89	121,89	121,89	121,89	121,89	178,86	309,07	375,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m²	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	7,39	10,88	18,89	22,97
Indice de rigidez (S)		92,94	92,94	92,94	92,94	92,94	92,94	63,14	36,36	29,90
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m²	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m²	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,84	16,40	22,97	29,53	36,09	42,65	49,21	55,77
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m²	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	41,15	68,72	87,10	105,48	123,86	142,23	160,61	178,99	197,37
Carga de tráfico										
Caso-I:										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m²	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	8,65	5,42	3,60	2,50	1,82	1,37	1,07	0,86	0,70
Caso-II:										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m²	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	32,36	8,09	4,55	2,91	2,02	1,49	1,14	0,90	0,73
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m²	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m²	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	73,50	99,67	129,75	161,73	194,46	227,54	260,81	294,19	327,64
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	25,73	34,88	45,41	56,60	68,06	79,64	91,28	102,97	114,67
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	91,79	117,95	148,03	180,02	212,75	245,83	279,10	312,48	345,93
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	25,62	25,62	25,62	25,62	25,62	25,62	29,12	34,94	36,22
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	10,73	11,04
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	73.504,69	90.385,17	114.278,16	140.072,10	166.614,29	193.509,77	220.593,54	247.786,80	275.048,03
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³ ˣ ᵐ	1,2,E-07	1,2,E-07	1,2,E-07	1,2,E-07	1,2,E-07	1,2,E-07	1,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02155	0,02650	0,03351	0,04107	0,04885	0,05674	0,05995	0,05762	0,05957
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,42%	1,75%	2,21%	2,71%	3,23%	3,75%	3,97%	3,82%	3,95%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,42%	1,92%	2,51%	3,12%	3,75%	4,39%	4,68%	4,53%	4,71%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax})	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,81	2,28	1,81	1,47	1,24	1,07	1,01	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³	1,1,E-07	1,1,E-07	1,1,E-07	1,1,E-07	1,1,E-07	1,1,E-07	1,6,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,98	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,91	6,56
B´= Coeficiente		0,06	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,29
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m²	248,05	298,30	329,26	357,94	384,66	409,74	527,10	733,67	848,53
Presión exterior total (q_e)	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		4,12	3,85	3,39	3,03	2,76	2,54	2,88	3,58	3,74
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

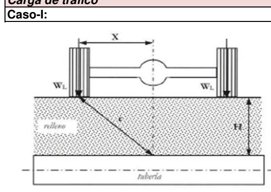
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM		DN1626 esp=10 PN-6 Hr=1,5	DN1626 esp=10 PN-6 Hr=3	DN1626 esp=10 PN-6 Hr=4	DN1626 esp=11 PN-6 Hr=5	DN1626 esp=12 PN-6 Hr=6	DN1626 esp=12,5 PN-6 Hr=7	DN1626 esp=13,5 PN-6 Hr=5	DN1626 esp=16 PN-6 Hr=6	DN1626 esp=17 PN-6 Hr=7	DN1626 esp=10 PN-12 Hr=1,5	DN1626 esp=10 PN-12 Hr=3	DN1626 esp=10 PN-12 Hr=4	DN1626 esp=11 PN-12 Hr=5	DN1626 esp=12 PN-12 Hr=6	DN1626 esp=12,5 PN-12 Hr=7	DN1626 esp=13,5 PN-12 Hr=8	DN1626 esp=16 PN-12 Hr=9	DN1626 esp=17 PN-12 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	10,00	10,00	10,00	11,00	12,00	12,50	13,50	16,00	17,00	10,00	10,00	10,00	11,00	12,00	12,50	13,50	16,00	17,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.606,00	1.606,00	1.606,00	1.604,00	1.602,00	1.601,00	1.599,00	1.594,00	1.592,00	1.606,00	1.606,00	1.606,00	1.604,00	1.602,00	1.601,00	1.599,00	1.594,00	1.592,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.616,00	1.616,00	1.616,00	1.615,00	1.614,00	1.613,50	1.612,50	1.610,00	1.609,00	1.616,00	1.616,00	1.616,00	1.615,00	1.614,00	1.613,50	1.612,50	1.610,00	1.609,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	7,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

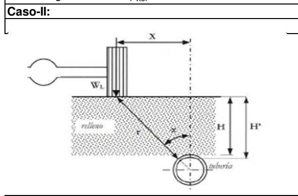
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kµ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	3,50	4,50	5,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	91,58	91,58	91,58	121,89	158,24	178,86	225,31	375,09	449,91	91,58	91,58	91,58	121,89	158,24	178,86	225,31	375,09	449,91
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,56	4,56	4,56	6,08	7,90	8,94	11,28	18,87	22,68	4,56	4,56	4,56	6,08	7,90	8,94	11,28	18,87	22,68
Indice de rigidez (S)		150,72	150,72	150,72	113,03	86,90	76,81	60,86	36,39	30,28	150,72	150,72	150,72	113,03	86,90	76,81	60,86	36,39	30,28
Criterio de rigidez (R_I)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	3,50	4,50	5,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	35,00	45,00	55,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,23	15,38	21,53	27,68	33,83	21,53	27,68	33,83	0,00	9,23	15,38	21,53	27,68	33,83	39,98	46,13	52,28
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,77	0,75	0,74	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	69,21	81,27	93,33	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	43,90	73,32	92,93	112,54	132,15	151,75	112,54	132,15	151,75	43,90	73,32	92,93	112,54	132,15	151,75	171,36	190,97	210,58
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	7,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	5,15	6,13	7,11	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	1,64	1,19	0,90	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	9,23	5,78	3,84	2,67	1,94	1,46	2,67	1,94	1,46	9,23	5,78	3,84	2,67	1,94	1,46	1,14	0,91	0,75
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	7,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	7,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	1,91	1,33	0,97	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	3,11	2,16	1,59	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	3,11	2,16	1,59	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	106,12	127,60	149,30	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	78,42	106,34	138,43	172,55	207,47	242,77	172,55	207,47	242,77	78,42	106,34	138,43	172,55	207,47	242,77	278,27	313,88	349,57
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	27,45	37,22	48,45	60,39	72,62	84,97	60,39	72,62	84,97	27,45	37,22	48,45	60,39	72,62	84,97	97,39	109,86	122,35
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	118,12	139,60	161,30	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	97,94	125,85	157,94	192,06	226,98	262,28	192,06	226,98	262,28	97,94	125,85	157,94	192,06	226,98	262,28	297,78	333,39	369,08
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	16,91	16,91	16,91	18,60	20,30	21,14	22,83	33,95	27,71	16,91	16,91	16,91	18,60	20,30	21,14	22,83	33,95	27,71
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	2,83	3,68	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	5,66	7,36
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	78.424,29	96.434,57	121.926,70	149.447,01	177.765,64	206.461,21	149.447,01	177.765,64	206.461,21	78.424,29	96.434,57	121.926,70	149.447,01	177.765,64	206.461,21	235.357,67	264.370,95	293.456,75
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\times m}$	9,2,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	1,6,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	9,2,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	1,6,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02456	0,03020	0,03818	0,04515	0,05152	0,05849	0,04027	0,04135	0,04493	0,02456	0,03020	0,03818	0,04515	0,05152	0,05849	0,06342	0,06150	0,06386
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,52%	1,87%	2,36%	2,80%	3,19%	3,62%	2,50%	2,57%	2,79%	1,52%	1,87%	2,36%	2,80%	3,19%	3,62%	3,93%	3,82%	3,97%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	2,05%	2,67%	3,22%	3,71%	4,25%	2,88%	3,00%	3,29%	1,51%	2,05%	2,67%	3,22%	3,71%	4,25%	4,64%	4,54%	4,74%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,63	2,14	1,69	1,43	1,25	1,10	1,60	1,56	1,43	2,63	2,14	1,69	1,43	1,25	1,10	1,02	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	8,3,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,4,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	8,3,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,4,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,92	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	3,08	3,69	4,31	0,92	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	4,92	5,54	6,15
B´= Coeficiente		0,05	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,14	0,17	0,20	0,05	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,27
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,77	0,75	0,74	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	189,80	227,36	250,68	314,92	386,35	437,90	430,77	600,68	702,24	189,80	227,36	250,68	314,92	386,35	437,90	521,03	711,37	817,65
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	118,12	139,60	161,30	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,15	2,94	2,58	2,67	2,77	2,71	3,65	4,30	4,35	3,15	2,94	2,58	2,67	2,77	2,71	2,85	3,47	3,60
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

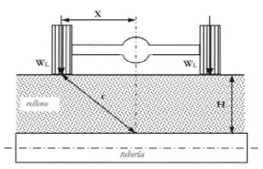
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

		DN1626 esp=10 PN-16 Hr=1,5	DN1626 esp=10 PN-16 Hr=3	DN1626 esp=10 PN-16 Hr=4	DN1626 esp=11 PN-16 Hr=5	DN1626 esp=12 PN-16 Hr=6	DN1626 esp=12,5 PN-16 Hr=7	DN1626 esp=13,5 PN-16 Hr=8	DN1626 esp=16 PN-16 Hr=9	DN1626 esp=17 PN-16 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	10,00	10,00	10,00	11,00	12,00	12,50	13,50	16,00	17,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.606,00	1.606,00	1.606,00	1.604,00	1.602,00	1.601,00	1.599,00	1.594,00	1.592,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.616,00	1.616,00	1.616,00	1.615,00	1.614,00	1.613,50	1.612,50	1.610,00	1.609,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Depresión por golpe de ariete =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B

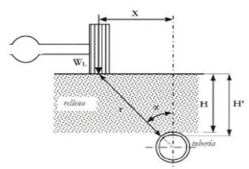
Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Proctor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Proctor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Proctor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso específico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (υ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	91,58	91,58	91,58	121,89	158,24	178,86	225,31	375,09	449,91
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,56	4,56	4,56	6,08	7,90	8,94	11,28	18,87	22,68
Indice de rigidez (S)		150,72	150,72	150,72	113,03	86,90	76,81	60,86	36,39	30,28
Criterio de rigidez (R_I)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,23	15,38	21,53	27,68	33,83	39,98	46,13	52,28
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_t)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	43,90	73,32	92,93	112,54	132,15	151,75	171,36	190,97	210,58
Carga de tráfico										
Caso-I:										

Tipo	μ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	9,23	5,78	3,84	2,67	1,94	1,46	1,14	0,91	0,75
Caso-II:										



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	78,42	106,34	138,43	172,55	207,47	242,77	278,27	313,88	349,57
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	27,45	37,22	48,45	60,39	72,62	84,97	97,39	109,86	122,35
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	97,94	125,85	157,94	192,06	226,98	262,28	297,78	333,39	369,08
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	16,91	16,91	16,91	18,60	20,30	21,14	22,83	33,95	27,71
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	9,46	9,46	9,46	9,46	9,46	9,46	9,46	7,54	9,82
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación ($k'_{(1)}$)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	78.424,29	96.434,57	121.926,70	149.447,01	177.765,64	206.461,21	235.357,67	264.370,95	293.456,75
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\,x\,m}$	9,2,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	1,6,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02456	0,03020	0,03818	0,04515	0,05152	0,05849	0,06342	0,06150	0,06386
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,52%	1,87%	2,36%	2,80%	3,19%	3,62%	3,93%	3,82%	3,97%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	2,05%	2,67%	3,22%	3,71%	4,25%	4,64%	4,54%	4,74%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,63	2,14	1,69	1,43	1,25	1,10	1,02	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	8,3,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,4,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,92	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	4,92	5,54	6,15
B´= Coeficiente		0,05	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,27
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	189,80	227,36	250,68	314,92	386,35	437,90	521,03	711,37	817,65
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,15	2,94	2,58	2,67	2,77	2,71	2,85	3,47	3,60
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

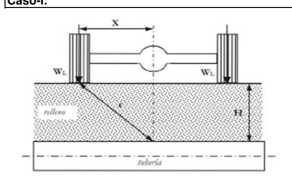
		DN1626 esp=10 PN-20 Hr=1,5	DN1626 esp=10 PN-20 Hr=3	DN1626 esp=10 PN-20 Hr=4	DN1626 esp=11 PN-20 Hr=5	DN1626 esp=12 PN-20 Hr=6	DN1626 esp=12,5 PN-20 Hr=7	DN1626 esp=13,5 PN-20 Hr=8	DN1626 esp=16 PN-20 Hr=9	DN1626 esp=17 PN-20 Hr=10	DN1626 esp=10,5 PN-22 Hr=1,5	DN1626 esp=10,5 PN-22 Hr=3	DN1626 esp=10,5 PN-22 Hr=4	DN1626 esp=11 PN-22 Hr=5	DN1626 esp=12 PN-22 Hr=6	DN1626 esp=12,5 PN-22 Hr=7	DN1626 esp=13,5 PN-22 Hr=8	DN1626 esp=16 PN-22 Hr=9	DN1626 esp=17 PN-22 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	10,00	10,00	10,00	11,00	12,00	12,50	13,50	16,00	17,00	10,50	10,50	10,50	11,00	12,00	12,50	13,50	16,00	17,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.606,00	1.606,00	1.606,00	1.604,00	1.602,00	1.601,00	1.599,00	1.594,00	1.592,00	1.605,00	1.605,00	1.605,00	1.604,00	1.602,00	1.601,00	1.599,00	1.594,00	1.592,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.616,00	1.616,00	1.616,00	1.615,00	1.614,00	1.613,50	1.612,50	1.610,00	1.609,00	1.615,50	1.615,50	1.615,50	1.615,00	1.614,00	1.613,50	1.612,50	1.610,00	1.609,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

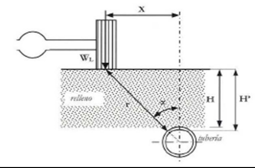
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	91,58	91,58	91,58	121,89	158,24	178,86	225,31	375,09	449,91	106,01	106,01	106,01	121,89	158,24	178,86	225,31	375,09	449,91
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,56	4,56	4,56	6,08	7,90	8,94	11,28	18,87	22,68	5,28	5,28	5,28	6,08	7,90	8,94	11,28	18,87	22,68
Indice de rigidez (S)		150,72	150,72	150,72	113,03	86,90	76,81	60,86	36,39	30,28	130,08	130,08	130,08	113,03	86,90	76,81	60,86	36,39	30,28
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,23	15,38	21,53	27,68	33,83	39,98	46,13	52,28	0,00	9,23	15,38	21,53	27,68	33,83	39,98	46,13	52,28
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	43,90	73,32	92,93	112,54	132,15	151,75	171,36	190,97	210,58	43,90	73,32	92,93	112,54	132,15	151,75	171,36	190,97	210,58
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			

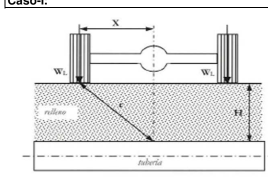
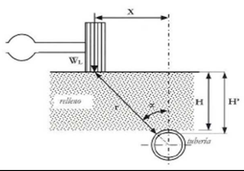


Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	9,23	5,78	3,84	2,67	1,94	1,46	1,14	0,91	0,75	9,23	5,78	3,84	2,67	1,94	1,46	1,14	0,91	0,75
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	78,42	106,34	138,43	172,55	207,47	242,77	278,27	313,88	349,57	78,42	106,34	138,43	172,55	207,47	242,77	278,27	313,88	349,57
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	27,45	37,22	48,45	60,39	72,62	84,97	97,39	109,86	122,35	27,45	37,22	48,45	60,39	72,62	84,97	97,39	109,86	122,35
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	97,94	125,85	157,94	192,06	226,98	262,28	297,78	333,39	369,08	97,94	125,85	157,94	192,06	226,98	262,28	297,78	333,39	369,08
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	21,83	21,83	21,83	24,02	26,20	27,29	29,47	33,95	36,07	22,92	22,92	22,92	24,02	26,20	27,29	29,47	33,95	36,07
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	9,16	9,43	9,43	10,08	10,08	10,08	10,08	10,08	10,08	10,08	10,37	10,37
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	78.424,29	96.434,57	121.926,70	149.447,01	177.765,64	206.461,21	235.357,67	264.370,95	293.456,75	78.424,29	96.434,57	121.926,70	149.447,01	177.765,64	206.461,21	235.357,67	264.370,95	293.456,75
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\times m}$	9,2,E-08	9,2,E-08	9,2,E-08	1,2,E-07	1,6,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	1,1,E-07	1,1,E-07	1,1,E-07	1,2,E-07	1,6,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02456	0,03020	0,03818	0,04515	0,05152	0,05849	0,06342	0,06150	0,06386	0,02414	0,02968	0,03753	0,04515	0,05152	0,05849	0,06342	0,06150	0,06386
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,52%	1,87%	2,36%	2,80%	3,19%	3,62%	3,93%	3,82%	3,97%	1,49%	1,84%	2,32%	2,80%	3,19%	3,62%	3,93%	3,82%	3,97%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	2,05%	2,67%	3,22%	3,71%	4,25%	4,64%	4,54%	4,74%	1,49%	2,02%	2,63%	3,22%	3,71%	4,25%	4,64%	4,54%	4,74%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,63	2,14	1,69	1,43	1,25	1,10	1,02	1,05	1,01	2,68	2,18	1,72	1,43	1,25	1,10	1,02	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	8,3,E-08	8,3,E-08	8,3,E-08	1,1,E-07	1,4,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	9,6,E-08	9,6,E-08	9,6,E-08	1,1,E-07	1,4,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,92	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	4,92	5,54	6,15	0,92	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	4,92	5,54	6,15
B´= Coeficiente		0,05	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,27	0,05	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,27
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	189,80	227,36	250,68	314,92	386,35	437,90	521,03	711,37	817,65	204,45	244,92	270,04	314,92	386,35	437,90	521,03	711,37	817,65
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,15	2,94	2,58	2,67	2,77	2,71	2,85	3,47	3,60	3,39	3,16	2,78	2,67	2,77	2,71	2,85	3,47	3,60
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

		DN1626 esp=12 PN-25 Hr=1,5	DN1626 esp=12 PN-25 Hr=3	DN1626 esp=12 PN-25 Hr=4	DN1626 esp=12 PN-25 Hr=5	DN1626 esp=12 PN-25 Hr=6	DN1626 esp=12 PN-25 Hr=7	DN1626 esp=13,5 PN-25 Hr=8	DN1626 esp=16 PN-25 Hr=9	DN1626 esp=17 PN-25 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00	1.626,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,50	16,00	17,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.602,00	1.602,00	1.602,00	1.602,00	1.602,00	1.602,00	1.599,00	1.594,00	1.592,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.614,00	1.614,00	1.614,00	1.614,00	1.614,00	1.614,00	1.612,50	1.610,00	1.609,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	158,24	158,24	158,24	158,24	158,24	158,24	225,31	375,09	449,91
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	11,28	18,87	22,68
Indice de rigidez (S)		86,90	86,90	86,90	86,90	86,90	86,90	60,86	36,39	30,28
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	9,23	15,38	21,53	27,68	33,83	39,98	46,13	52,28
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	43,90	73,32	92,93	112,54	132,15	151,75	171,36	190,97	210,58
Carga de tráfico										
Caso-I:										
										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	9,23	5,78	3,84	2,67	1,94	1,46	1,14	0,91	0,75
Caso-II:										
										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	34,52	8,63	4,85	3,11	2,16	1,59	1,21	0,96	0,78
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	78,42	106,34	138,43	172,55	207,47	242,77	278,27	313,88	349,57
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	27,45	37,22	48,45	60,39	72,62	84,97	97,39	109,86	122,35
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	97,94	125,85	157,94	192,06	226,98	262,28	297,78	333,39	369,08
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	26,20	29,47	33,95	36,07
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,78	11,78
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	78.424,29	96.434,57	121.926,70	149.447,01	177.765,64	206.461,21	235.357,67	264.370,95	293.456,75
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3 \times m}$	1,6,E-07	1,6,E-07	1,6,E-07	1,6,E-07	1,6,E-07	1,6,E-07	2,3,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02273	0,02795	0,03534	0,04332	0,05152	0,05984	0,06342	0,06150	0,06386
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,41%	1,73%	2,19%	2,68%	3,19%	3,71%	3,93%	3,82%	3,97%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,40%	1,90%	2,48%	3,09%	3,71%	4,34%	4,64%	4,54%	4,74%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,84	2,31	1,83	1,49	1,25	1,08	1,02	1,05	1,01
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	2,1,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,92	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	4,92	5,54	6,15
B´= Coeficiente		0,05	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,22	0,25	0,27
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	250,66	300,31	331,12	359,70	386,35	411,39	521,03	711,37	817,65
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		4,16	3,88	3,41	3,05	2,77	2,55	2,85	3,47	3,60
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Tipo	Kμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

		DN1829 esp=11,5 PN-6 Hr=1,5	DN1829 esp=11,5 PN-6 Hr=3	DN1829 esp=11,5 PN-6 Hr=4	DN1829 esp=12,5 PN-6 Hr=5	DN1829 esp=13,5 PN-6 Hr=6	DN1829 esp=14 PN-6 Hr=7	DN1829 esp=15 PN-6 Hr=8	DN1829 esp=18 PN-6 Hr=9	DN1829 esp=19 PN-6 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	11,50	11,50	11,50	12,50	13,50	14,00	15,00	18,00	19,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.806,00	1.806,00	1.804,00	1.802,00	1.801,00	1.799,00	1.793,00	1.791,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.817,50	1.817,50	1.816,50	1.815,50	1.815,00	1.814,00	1.811,00	1.810,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	265,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	132,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado		B	B	B	B	B	B	B	B	B
Módulo de elasticidad del suelo (E_s)	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	139,27	139,27	139,27	178,86	225,31	251,28	309,07	534,07	628,11
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,87	4,87	4,87	6,27	7,91	8,83	10,87	18,88	22,24
Indice de rigidez (S)		140,98	140,98	140,98	109,60	86,86	77,82	63,17	36,37	30,88
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	8,20	13,67	19,14	24,60	30,07	35,54	41,01	46,47
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	49,38	82,47	104,53	126,59	148,64	170,70	192,76	214,82	236,87
Carga de tráfico										
Caso-I:										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,38	6,50	4,32	3,00	2,18	1,65	1,28	1,03	0,84
Caso-II:										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	88,22	119,61	155,71	194,09	233,37	273,08	313,01	353,07	393,21
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	30,88	41,86	54,50	67,93	81,68	95,58	109,55	123,57	137,62
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	110,16	141,56	177,66	216,04	255,32	295,03	334,96	375,02	415,16
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	132,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	17,29	17,29	17,29	18,79	20,30	21,05	22,55	26,08	27,53
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	4,14	4,14
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	88.215,27	108.474,07	137.148,79	168.104,90	199.959,02	232.237,11	264.741,20	297.376,67	330.093,73
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3 \times m}$	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	3,1,E-07	5,3,E-07	6,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02742	0,03371	0,04263	0,05057	0,05795	0,06595	0,07196	0,06917	0,07237
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,85%	2,35%	2,78%	3,19%	3,63%	3,97%	3,82%	4,00%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,50%	2,04%	2,65%	3,20%	3,71%	4,26%	4,68%	4,54%	4,77%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax})	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,65	2,16	1,71	1,44	1,25	1,10	1,01	1,05	1,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	1,3,E-07	1,3,E-07	1,3,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	2,3,E-07	2,8,E-07	4,9,E-07	5,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,82	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92	5,47
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	188,31	223,98	246,41	303,55	366,38	412,14	484,15	673,42	765,96
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,13	2,89	2,54	2,57	2,62	2,56	2,64	3,28	3,37
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

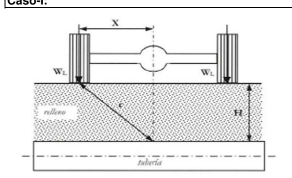
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

		DN1829 esp=11,5 PN-12 Hr=1,5	DN1829 esp=11,5 PN-12 Hr=3	DN1829 esp=11,5 PN-12 Hr=4	DN1829 esp=12,5 PN-12 Hr=5	DN1829 esp=13,5 PN-12 Hr=6	DN1829 esp=14 PN-12 Hr=7	DN1829 esp=15 PN-12 Hr=8	DN1829 esp=18 PN-12 Hr=9	DN1829 esp=19 PN-12 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	11,50	11,50	11,50	12,50	13,50	14,00	15,00	18,00	19,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.806,00	1.806,00	1.804,00	1.802,00	1.801,00	1.799,00	1.793,00	1.791,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.817,50	1.817,50	1.816,50	1.815,50	1.815,00	1.814,00	1.811,00	1.810,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	265,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	132,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B
(tabla de compactación)										
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m³	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm³.m	139,27	139,27	139,27	178,86	225,31	251,28	309,07	534,07	628,11
Rigidez anular (R_A)	kN/m²	4,87	4,87	4,87	6,27	7,91	8,83	10,87	18,88	22,24
Indice de rigidez (S)		140,98	140,98	140,98	109,60	86,86	77,82	63,17	36,37	30,88
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m²	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m²	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	8,20	13,67	19,14	24,60	30,07	35,54	41,01	46,47
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m²	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	49,38	82,47	104,53	126,59	148,64	170,70	192,76	214,82	236,87
Carga de tráfico										
Caso-I:										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m²	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,38	6,50	4,32	3,00	2,18	1,65	1,28	1,03	0,84
Caso-II:										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m²	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m²	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m²	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	88,22	119,61	155,71	194,09	233,37	273,08	313,01	353,07	393,21
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	30,88	41,86	54,50	67,93	81,68	95,58	109,55	123,57	137,62
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	110,16	141,56	177,66	216,04	255,32	295,03	334,96	375,02	415,16
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	132,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	17,29	17,29	17,29	18,79	20,30	21,05	22,55	26,08	27,53
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	8,28	8,28
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	88.215,27	108.474,07	137.148,79	168.104,90	199.959,02	232.237,11	264.741,20	297.376,67	330.093,73
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	$m^{3 \times m}$	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	3,1,E-07	5,3,E-07	6,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02742	0,03371	0,04263	0,05057	0,05795	0,06595	0,07196	0,06917	0,07237
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,85%	2,35%	2,78%	3,19%	3,63%	3,97%	3,82%	4,00%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,50%	2,04%	2,65%	3,20%	3,71%	4,26%	4,68%	4,54%	4,77%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,65	2,16	1,71	1,44	1,25	1,10	1,01	1,05	1,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³	1,3,E-07	1,3,E-07	1,3,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	2,3,E-07	2,8,E-07	4,9,E-07	5,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,82	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92	5,47
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m²	188,31	223,98	246,41	303,55	366,38	412,14	484,15	673,42	765,96
Presión exterior total (q_e)	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,13	2,89	2,54	2,57	2,62	2,56	2,64	3,28	3,37
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

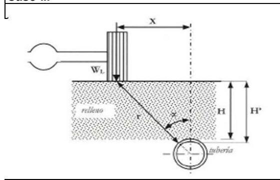
Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Tipo	Kµ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Caso-I:



Caso-II:



		DN1829 esp=11,5 PN-16 Hr=1,5	DN1829 esp=11,5 PN-16 Hr=3	DN1829 esp=11,5 PN-16 Hr=4	DN1829 esp=12,5 PN-16 Hr=5	DN1829 esp=13,5 PN-16 Hr=6	DN1829 esp=14 PN-16 Hr=7	DN1829 esp=15 PN-16 Hr=8	DN1829 esp=18 PN-16 Hr=9	DN1829 esp=19 PN-16 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES										
MATERIALES										
Diametro exterior (D_e)	mm	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	11,50	11,50	11,50	12,50	13,50	14,00	15,00	18,00	19,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.806,00	1.806,00	1.804,00	1.802,00	1.801,00	1.799,00	1.793,00	1.791,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.817,50	1.817,50	1.816,50	1.815,50	1.815,00	1.814,00	1.811,00	1.810,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	265,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	132,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN										
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS										
CONDICIONES DE INSTALACIÓN										
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo										
Grupo de suelo		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B
(tabla de compactación)										
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m³	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación										
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática										
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES										
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO										
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA										
Momento de inercia a flexión (I)	mm³.m	139,27	139,27	139,27	178,86	225,31	251,28	309,07	534,07	628,11
Rigidez anular (R_A)	kN/m²	4,87	4,87	4,87	6,27	7,91	8,83	10,87	18,88	22,24
Indice de rigidez (S)		140,98	140,98	140,98	109,60	86,86	77,82	63,17	36,37	30,88
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS										
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:										
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m²	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m²	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	8,20	13,67	19,14	24,60	30,07	35,54	41,01	46,47
Carga del terreno:										
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m²	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	49,38	82,47	104,53	126,59	148,64	170,70	192,76	214,82	236,87
Carga de tráfico										
Caso-I:										
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m²	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,38	6,50	4,32	3,00	2,18	1,65	1,28	1,03	0,84
Caso-II:										
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m²	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Depresión										
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m²	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales										
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m²	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	88,22	119,61	155,71	194,09	233,37	273,08	313,01	353,07	393,21
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	30,88	41,86	54,50	67,93	81,68	95,58	109,55	123,57	137,62
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	110,16	141,56	177,66	216,04	255,32	295,03	334,96	375,02	415,16
RESULTADOS DEL CÁLCULO										
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA										
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	132,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	17,29	17,29	17,29	18,79	20,30	21,05	22,55	26,08	27,53
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	10,64	10,64	10,64	10,64	10,64	10,64	10,64	11,04	11,04
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)										
D1= Coef. Deformación diferida.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	88.215,27	108.474,07	137.148,79	168.104,90	199.959,02	232.237,11	264.741,20	297.376,67	330.093,73
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	$m^{3 \times m}$	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	3,1,E-07	5,3,E-07	6,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02742	0,03371	0,04263	0,05057	0,05795	0,06595	0,07196	0,06917	0,07237
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,85%	2,35%	2,78%	3,19%	3,63%	3,97%	3,82%	4,00%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,50%	2,04%	2,65%	3,20%	3,71%	4,26%	4,68%	4,54%	4,77%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax})	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,65	2,16	1,71	1,44	1,25	1,10	1,01	1,05	1,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm									
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA										
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³	1,3,E-07	1,3,E-07	1,3,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	2,3,E-07	2,8,E-07	4,9,E-07	5,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,82	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92	5,47
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m²	188,31	223,98	246,41	303,55	366,38	412,14	484,15	673,42	765,96
Presión exterior total (q_e)	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,13	2,89	2,54	2,57	2,62	2,56	2,64	3,28	3,37
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si

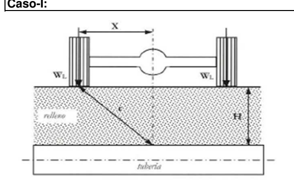
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM		DN1829 esp=11,5 PN-20 Hr=1,5	DN1829 esp=11,5 PN-20 Hr=3	DN1829 esp=11,5 PN-20 Hr=4	DN1829 esp=12,5 PN-20 Hr=5	DN1829 esp=13,5 PN-20 Hr=6	DN1829 esp=14 PN-20 Hr=7	DN1829 esp=15 PN-20 Hr=8	DN1829 esp=18 PN-20 Hr=9	DN1829 esp=19 PN-20 Hr=10	DN1829 esp=11,5 PN-22 Hr=1,5	DN1829 esp=11,5 PN-22 Hr=3	DN1829 esp=11,5 PN-22 Hr=4	DN1829 esp=12,5 PN-22 Hr=5	DN1829 esp=13,5 PN-22 Hr=6	DN1829 esp=14 PN-22 Hr=7	DN1829 esp=15 PN-22 Hr=8	DN1829 esp=18 PN-22 Hr=9	DN1829 esp=19 PN-22 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	11,50	11,50	11,50	12,50	13,50	14,00	15,00	18,00	19,00	11,50	11,50	11,50	12,50	13,50	14,00	15,00	18,00	19,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.806,00	1.806,00	1.804,00	1.802,00	1.801,00	1.799,00	1.793,00	1.791,00	1.806,00	1.806,00	1.806,00	1.804,00	1.802,00	1.801,00	1.799,00	1.793,00	1.791,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.817,50	1.817,50	1.816,50	1.815,50	1.815,00	1.814,00	1.811,00	1.810,00	1.817,50	1.817,50	1.817,50	1.816,50	1.815,50	1.815,00	1.814,00	1.811,00	1.810,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

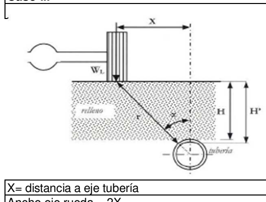
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	139,27	139,27	139,27	178,86	225,31	251,28	309,07	534,07	628,11	139,27	139,27	139,27	178,86	225,31	251,28	309,07	534,07	628,11
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	4,87	4,87	4,87	6,27	7,91	8,83	10,87	18,88	22,24	4,87	4,87	4,87	6,27	7,91	8,83	10,87	18,88	22,24
Indice de rigidez (S)		140,98	140,98	140,98	109,60	86,86	77,82	63,17	36,37	30,88	140,98	140,98	140,98	109,60	86,86	77,82	63,17	36,37	30,88
Criterio de rigidez (R_I)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	8,20	13,67	19,14	24,60	30,07	35,54	41,01	46,47	0,00	8,20	13,67	19,14	24,60	30,07	35,54	41,01	46,47
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	49,38	82,47	104,53	126,59	148,64	170,70	192,76	214,82	236,87	49,38	82,47	104,53	126,59	148,64	170,70	192,76	214,82	236,87
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,38	6,50	4,32	3,00	2,18	1,65	1,28	1,03	0,84	10,38	6,50	4,32	3,00	2,18	1,65	1,28	1,03	0,84
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	88,22	119,61	155,71	194,09	233,37	273,08	313,01	353,07	393,21	88,22	119,61	155,71	194,09	233,37	273,08	313,01	353,07	393,21
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	30,88	41,86	54,50	67,93	81,68	95,58	109,55	123,57	137,62	30,88	41,86	54,50	67,93	81,68	95,58	109,55	123,57	137,62
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	110,16	141,56	177,66	216,04	255,32	295,03	334,96	375,02	415,16	110,16	141,56	177,66	216,04	255,32	295,03	334,96	375,02	415,16
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	22,32	22,32	22,32	24,26	26,20	27,17	29,11	33,95	35,84	22,32	22,32	22,32	24,26	26,20	27,17	29,11	33,95	35,84
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,30	10,60	10,60	11,33	11,33	11,33	11,33	11,33	11,33	11,33	11,66	11,66
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	88.215,27	108.474,07	137.148,79	168.104,90	199.959,02	232.237,11	264.741,20	297.376,67	330.093,73	88.215,27	108.474,07	137.148,79	168.104,90	199.959,02	232.237,11	264.741,20	297.376,67	330.093,73
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\times m}$	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	3,1,E-07	5,3,E-07	6,3,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,4,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	3,1,E-07	5,3,E-07	6,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02742	0,03371	0,04263	0,05057	0,05795	0,06595	0,07196	0,06917	0,07237	0,02742	0,03371	0,04263	0,05057	0,05795	0,06595	0,07196	0,06917	0,07237
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,51%	1,85%	2,35%	2,78%	3,19%	3,63%	3,97%	3,82%	4,00%	1,51%	1,85%	2,35%	2,78%	3,19%	3,63%	3,97%	3,82%	4,00%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,50%	2,04%	2,65%	3,20%	3,71%	4,26%	4,68%	4,54%	4,77%	1,50%	2,04%	2,65%	3,20%	3,71%	4,26%	4,68%	4,54%	4,77%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,65	2,16	1,71	1,44	1,25	1,10	1,01	1,05	1,00	2,65	2,16	1,71	1,44	1,25	1,10	1,01	1,05	1,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	1,3,E-07	1,3,E-07	1,3,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	2,3,E-07	2,8,E-07	4,9,E-07	5,7,E-07	1,3,E-07	1,3,E-07	1,3,E-07	1,6,E-07	2,1,E-07	2,3,E-07	2,8,E-07	4,9,E-07	5,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,82	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92	5,47	0,82	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92	5,47
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24	0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	188,31	223,98	246,41	303,55	366,38	412,14	484,15	673,42	765,96	188,31	223,98	246,41	303,55	366,38	412,14	484,15	673,42	765,96
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,13	2,89	2,54	2,57	2,62	2,56	2,64	3,28	3,37	3,13	2,89	2,54	2,57	2,62	2,56	2,64	3,28	3,37
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

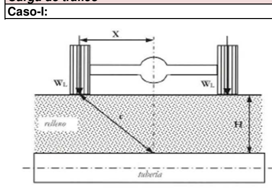
		DN1829 esp=13 PN-25 Hr=1,5	DN1829 esp=13 PN-25 Hr=3	DN1829 esp=13 PN-25 Hr=4	DN1829 esp=13 PN-25 Hr=5	DN1829 esp=13,5 PN-25 Hr=6	DN1829 esp=14 PN-25 Hr=7	DN1829 esp=15 PN-25 Hr=8	DN1829 esp=18 PN-25 Hr=9	DN1829 esp=19 PN-25 Hr=10	DN1930 esp=13 PN-6 Hr=1,5	DN1930 esp=13 PN-6 Hr=3	DN1930 esp=13 PN-6 Hr=4	DN1930 esp=14 PN-6 Hr=5	DN1930 esp=14,5 PN-6 Hr=6	DN1930 esp=15 PN-6 Hr=7	DN1930 esp=16 PN-6 Hr=8	DN1930 esp=18,5 PN-6 Hr=9	DN1930 esp=21 PN-6 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.829,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	10,97	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	13,00	13,00	13,00	13,00	13,50	14,00	15,00	18,00	19,00	13,00	13,00	13,00	14,00	14,50	15,00	16,00	18,50	21,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.803,00	1.803,00	1.803,00	1.803,00	1.802,00	1.801,00	1.799,00	1.793,00	1.791,00	1.904,00	1.904,00	1.904,00	1.902,00	1.901,00	1.900,00	1.898,00	1.893,00	1.888,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.816,00	1.816,00	1.816,00	1.816,00	1.815,50	1.815,00	1.814,00	1.811,00	1.810,00	1.917,00	1.917,00	1.917,00	1.916,00	1.915,50	1.915,00	1.914,00	1.911,50	1.909,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

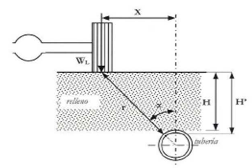
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	κμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	201,19	201,19	201,19	201,19	225,31	251,28	309,07	534,07	628,11	201,19	201,19	201,19	251,28	279,18	309,07	375,09	579,82	848,08
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	7,05	7,05	7,05	7,05	7,91	8,83	10,87	18,88	22,24	6,00	6,00	6,00	7,50	8,34	9,24	11,23	17,43	25,60
Indice de rigidez (S)		97,36	97,36	97,36	97,36	86,86	77,82	63,17	36,37	30,88	114,52	114,52	114,52	91,55	82,33	74,31	61,14	39,40	26,83
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	8,20	13,67	19,14	24,60	30,07	35,54	41,01	46,47	0,00	7,77	12,95	18,13	23,32	28,50	33,68	38,86	44,04
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	49,38	82,47	104,53	126,59	148,64	170,70	192,76	214,82	236,87	52,11	87,02	110,30	133,58	156,85	180,13	203,40	226,68	249,95
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,38	6,50	4,32	3,00	2,18	1,65	1,28	1,03	0,84	10,96	6,86	4,56	3,17	2,30	1,74	1,36	1,08	0,89
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	38,83	9,71	5,46	3,49	2,43	1,78	1,37	1,08	0,87	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	88,22	119,61	155,71	194,09	233,37	273,08	313,01	353,07	393,21	93,09	126,22	164,31	204,81	246,26	288,16	330,29	372,57	414,93
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	30,88	41,86	54,50	67,93	81,68	95,58	109,55	123,57	137,62	32,58	44,18	57,51	71,68	86,19	100,86	115,60	130,40	145,22
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	110,16	141,56	177,66	216,04	255,32	295,03	334,96	375,02	415,16	116,25	149,38	187,47	227,97	269,42	311,32	353,45	395,73	438,09
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	25,23	25,23	25,23	25,23	26,20	27,17	29,11	33,95	35,84	18,52	18,52	18,52	19,95	20,66	21,37	28,60	25,40	28,83
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	12,88	12,88	12,88	12,88	12,88	12,88	12,88	13,25	13,25	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21	4,21	3,36	4,37	4,37
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	88.215,27	108.474,07	137.148,79	168.104,90	199.959,02	232.237,11	264.741,20	297.376,67	330.093,73	93.086,65	114.464,16	144.722,34	177.387,90	211.001,04	245.061,58	279.360,59	313.798,24	348.321,97
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\times m}$	2,0,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	3,1,E-07	5,3,E-07	6,3,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	5,8,E-07	8,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02606	0,03205	0,04052	0,04966	0,05795	0,06595	0,07196	0,06917	0,07237	0,02818	0,03465	0,04381	0,05188	0,06056	0,06897	0,07536	0,07495	0,07223
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,44%	1,76%	2,23%	2,73%	3,19%	3,63%	3,97%	3,82%	4,00%	1,47%	1,81%	2,29%	2,71%	3,16%	3,60%	3,94%	3,92%	3,78%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,43%	1,94%	2,52%	3,15%	3,71%	4,26%	4,68%	4,54%	4,77%	1,46%	1,99%	2,58%	3,11%	3,68%	4,22%	4,64%	4,65%	4,52%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,79	2,27	1,79	1,46	1,25	1,10	1,01	1,05	1,00	2,72	2,21	1,75	1,48	1,27	1,11	1,02	1,02	1,06
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	1,8,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	2,1,E-07	2,3,E-07	2,8,E-07	4,9,E-07	5,7,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	5,3,E-07	7,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,82	1,64	2,19	2,73	3,28	3,83	4,37	4,92	5,47	0,78	1,55	2,07	2,59	3,11	3,63	4,15	4,66	5,18
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	227,03	270,06	297,11	322,29	366,38	412,14	484,15	673,42	765,96	205,32	243,39	267,48	324,70	367,45	411,66	480,17	630,69	802,26
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,77	3,49	3,06	2,73	2,62	2,56	2,64	3,28	3,37	3,41	3,14	2,75	2,75	2,63	2,55	2,62	3,08	3,53
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

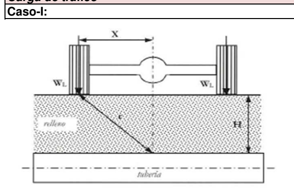
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM		DN1930 esp=13 PN-12 Hr=1,5	DN1930 esp=13 PN-12 Hr=3	DN1930 esp=13 PN-12 Hr=4	DN1930 esp=14 PN-12 Hr=5	DN1930 esp=14,5 PN-12 Hr=6	DN1930 esp=15 PN-12 Hr=7	DN1930 esp=16 PN-12 Hr=8	DN1930 esp=18,5 PN-12 Hr=9	DN1930 esp=21 PN-12 Hr=10	DN1930 esp=13 PN-16 Hr=1,5	DN1930 esp=13 PN-16 Hr=3	DN1930 esp=13 PN-16 Hr=4	DN1930 esp=14 PN-16 Hr=5	DN1930 esp=14,5 PN-16 Hr=6	DN1930 esp=15 PN-16 Hr=7	DN1930 esp=16 PN-16 Hr=8	DN1930 esp=18,5 PN-16 Hr=9	DN1930 esp=21 PN-16 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	13,00	13,00	13,00	14,00	14,50	15,00	16,00	18,50	21,00	13,00	13,00	13,00	14,00	14,50	15,00	16,00	18,50	21,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.904,00	1.904,00	1.904,00	1.902,00	1.901,00	1.900,00	1.898,00	1.893,00	1.888,00	1.904,00	1.904,00	1.904,00	1.902,00	1.901,00	1.900,00	1.898,00	1.893,00	1.888,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.917,00	1.917,00	1.917,00	1.916,00	1.915,50	1.915,00	1.914,00	1.911,50	1.909,00	1.917,00	1.917,00	1.917,00	1.916,00	1.915,50	1.915,00	1.914,00	1.911,50	1.909,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00	265,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

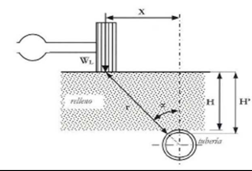
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	$mm^3.m$	201,19	201,19	201,19	251,28	279,18	309,07	375,09	579,82	848,08	201,19	201,19	201,19	251,28	279,18	309,07	375,09	579,82	848,08
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	6,00	6,00	6,00	7,50	8,34	9,24	11,23	17,43	25,60	6,00	6,00	6,00	7,50	8,34	9,24	11,23	17,43	25,60
Indice de rigidez (S)		114,52	114,52	114,52	91,55	82,33	74,31	61,14	39,40	26,83	114,52	114,52	114,52	91,55	82,33	74,31	61,14	39,40	26,83
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	7,77	12,95	18,13	23,32	28,50	33,68	38,86	44,04	0,00	7,77	12,95	18,13	23,32	28,50	33,68	38,86	44,04
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	52,11	87,02	110,30	133,58	156,85	180,13	203,40	226,68	249,95	52,11	87,02	110,30	133,58	156,85	180,13	203,40	226,68	249,95
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,96	6,86	4,56	3,17	2,30	1,74	1,36	1,08	0,89	10,96	6,86	4,56	3,17	2,30	1,74	1,36	1,08	0,89
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	93,09	126,22	164,31	204,81	246,26	288,16	330,29	372,57	414,93	93,09	126,22	164,31	204,81	246,26	288,16	330,29	372,57	414,93
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	32,58	44,18	57,51	71,68	86,19	100,86	115,60	130,40	145,22	32,58	44,18	57,51	71,68	86,19	100,86	115,60	130,40	145,22
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	116,25	149,38	187,47	227,97	269,42	311,32	353,45	395,73	438,09	116,25	149,38	187,47	227,97	269,42	311,32	353,45	395,73	438,09
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	18,52	18,52	18,52	19,95	20,66	21,37	28,60	25,40	28,83	18,52	18,52	18,52	19,95	20,66	21,37	28,60	25,40	28,83
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	6,71	8,74	8,74	11,23	11,23	11,23	11,23	11,23	11,23	8,95	11,65	11,65
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	93.086,65	114.464,16	144.722,34	177.387,90	211.001,04	245.061,58	279.360,59	313.798,24	348.321,97	93.086,65	114.464,16	144.722,34	177.387,90	211.001,04	245.061,58	279.360,59	313.798,24	348.321,97
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	$m^{3\,x\,m}$	2,0,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	5,8,E-07	8,5,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	5,8,E-07	8,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02818	0,03465	0,04381	0,05188	0,06056	0,06897	0,07536	0,07495	0,07223	0,02818	0,03465	0,04381	0,05188	0,06056	0,06897	0,07536	0,07495	0,07223
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,47%	1,81%	2,29%	2,71%	3,16%	3,60%	3,94%	3,92%	3,78%	1,47%	1,81%	2,29%	2,71%	3,16%	3,60%	3,94%	3,92%	3,78%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,46%	1,99%	2,58%	3,11%	3,68%	4,22%	4,64%	4,65%	4,52%	1,46%	1,99%	2,58%	3,11%	3,68%	4,22%	4,64%	4,65%	4,52%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,72	2,21	1,75	1,48	1,27	1,11	1,02	1,02	1,06	2,72	2,21	1,75	1,48	1,27	1,11	1,02	1,02	1,06
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	1,8,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	5,3,E-07	7,7,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	5,3,E-07	7,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,78	1,55	2,07	2,59	3,11	3,63	4,15	4,66	5,18	0,78	1,55	2,07	2,59	3,11	3,63	4,15	4,66	5,18
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	205,32	243,39	267,48	324,70	367,45	411,66	480,17	630,69	802,26	205,32	243,39	267,48	324,70	367,45	411,66	480,17	630,69	802,26
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,41	3,14	2,75	2,75	2,63	2,55	2,62	3,08	3,53	3,41	3,14	2,75	2,75	2,63	2,55	2,62	3,08	3,53
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

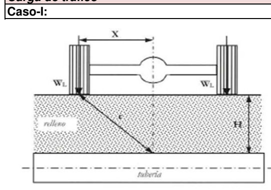
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM		DN1930 esp=13 PN-20 Hr=1,5	DN1930 esp=13 PN-20 Hr=3	DN1930 esp=13 PN-20 Hr=4	DN1930 esp=14 PN-20 Hr=5	DN1930 esp=14,5 PN-20 Hr=6	DN1930 esp=15 PN-20 Hr=7	DN1930 esp=16 PN-20 Hr=8	DN1930 esp=18,5 PN-20 Hr=9	DN1930 esp=21 PN-20 Hr=10	DN1930 esp=13 PN-22 Hr=1,5	DN1930 esp=13 PN-22 Hr=3	DN1930 esp=13 PN-22 Hr=4	DN1930 esp=14 PN-22 Hr=5	DN1930 esp=14,5 PN-22 Hr=6	DN1930 esp=15 PN-22 Hr=7	DN1930 esp=16 PN-22 Hr=8	DN1930 esp=18,5 PN-22 Hr=9	DN1930 esp=21 PN-22 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	13,00	13,00	13,00	14,00	14,50	15,00	16,00	18,50	21,00	13,00	13,00	13,00	14,00	14,50	15,00	16,00	18,50	21,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.904,00	1.904,00	1.904,00	1.902,00	1.901,00	1.900,00	1.898,00	1.893,00	1.888,00	1.904,00	1.904,00	1.904,00	1.902,00	1.901,00	1.900,00	1.898,00	1.893,00	1.888,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.917,00	1.917,00	1.917,00	1.916,00	1.915,50	1.915,00	1.914,00	1.911,50	1.909,00	1.917,00	1.917,00	1.917,00	1.916,00	1.915,50	1.915,00	1.914,00	1.911,50	1.909,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	345,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

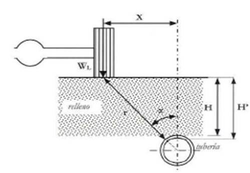
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kµ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	201,19	201,19	201,19	251,28	279,18	309,07	375,09	579,82	848,08	201,19	201,19	201,19	251,28	279,18	309,07	375,09	579,82	848,08
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	6,00	6,00	6,00	7,50	8,34	9,24	11,23	17,43	25,60	6,00	6,00	6,00	7,50	8,34	9,24	11,23	17,43	25,60
Indice de rigidez (S)		114,52	114,52	114,52	91,55	82,33	74,31	61,14	39,40	26,83	114,52	114,52	114,52	91,55	82,33	74,31	61,14	39,40	26,83
Criterio de rigidez (R_I)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	7,77	12,95	18,13	23,32	28,50	33,68	38,86	44,04	0,00	7,77	12,95	18,13	23,32	28,50	33,68	38,86	44,04
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	52,11	87,02	110,30	133,58	156,85	180,13	203,40	226,68	249,95	52,11	87,02	110,30	133,58	156,85	180,13	203,40	226,68	249,95
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



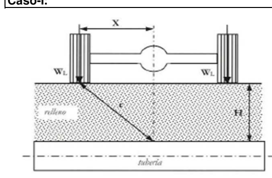
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,96	6,86	4,56	3,17	2,30	1,74	1,36	1,08	0,89	10,96	6,86	4,56	3,17	2,30	1,74	1,36	1,08	0,89
Caso-II:																			



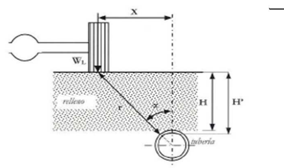
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	93,09	126,22	164,31	204,81	246,26	288,16	330,29	372,57	414,93	93,09	126,22	164,31	204,81	246,26	288,16	330,29	372,57	414,93
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	32,58	44,18	57,51	71,68	86,19	100,86	115,60	130,40	145,22	32,58	44,18	57,51	71,68	86,19	100,86	115,60	130,40	145,22
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	116,25	149,38	187,47	227,97	269,42	311,32	353,45	395,73	438,09	116,25	149,38	187,47	227,97	269,42	311,32	353,45	395,73	438,09
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	23,91	23,91	23,91	25,75	26,67	27,59	28,60	33,07	37,54	23,91	23,91	23,91	25,75	26,67	27,59	28,60	33,07	37,54
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	10,87	10,87	10,87	10,87	10,87	10,87	11,19	11,19	11,19	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	12,31	12,31	12,31
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	93.086,65	114.464,16	144.722,34	177.387,90	211.001,04	245.061,58	279.360,59	313.798,24	348.321,97	93.086,65	114.464,16	144.722,34	177.387,90	211.001,04	245.061,58	279.360,59	313.798,24	348.321,97
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\,x\,m}$	2,0,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	5,8,E-07	8,5,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,0,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	5,8,E-07	8,5,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02818	0,03465	0,04381	0,05188	0,06056	0,06897	0,07536	0,07495	0,07223	0,02818	0,03465	0,04381	0,05188	0,06056	0,06897	0,07536	0,07495	0,07223
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,47%	1,81%	2,29%	2,71%	3,16%	3,60%	3,94%	3,92%	3,78%	1,47%	1,81%	2,29%	2,71%	3,16%	3,60%	3,94%	3,92%	3,78%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,46%	1,99%	2,58%	3,11%	3,68%	4,22%	4,64%	4,65%	4,52%	1,46%	1,99%	2,58%	3,11%	3,68%	4,22%	4,64%	4,65%	4,52%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,72	2,21	1,75	1,48	1,27	1,11	1,02	1,02	1,06	2,72	2,21	1,75	1,48	1,27	1,11	1,02	1,02	1,06
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	1,8,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	5,3,E-07	7,7,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	1,8,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	5,3,E-07	7,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,78	1,55	2,07	2,59	3,11	3,63	4,15	4,66	5,18	0,78	1,55	2,07	2,59	3,11	3,63	4,15	4,66	5,18
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	205,32	243,39	267,48	324,70	367,45	411,66	480,17	630,69	802,26	205,32	243,39	267,48	324,70	367,45	411,66	480,17	630,69	802,26
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,41	3,14	2,75	2,75	2,63	2,55	2,62	3,08	3,53	3,41	3,14	2,75	2,75	2,63	2,55	2,62	3,08	3,53
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

		DN1930 esp=14 PN-25 Hr=1,5	DN1930 esp=14 PN-25 Hr=3	DN1930 esp=14 PN-25 Hr=4	DN1930 esp=14 PN-25 Hr=5	DN1930 esp=14,5 PN-25 Hr=6	DN1930 esp=15 PN-25 Hr=7	DN1930 esp=16 PN-25 Hr=8	DN1930 esp=18,5 PN-25 Hr=9	DN1930 esp=21 PN-25 Hr=10	DN2032 esp=14 PN-6 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-6 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-6 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-6 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-6 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-6 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-6 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-6 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-6 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	1.930,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	14,00	14,00	14,00	14,00	14,50	15,00	16,00	18,50	21,00	14,00	14,00	14,00	14,50	15,00	16,00	17,00	20,00	22,00
Diametro interior (D_i)	mm	1.902,00	1.902,00	1.902,00	1.902,00	1.901,00	1.900,00	1.898,00	1.893,00	1.888,00	2.004,00	2.004,00	2.004,00	2.003,00	2.002,00	2.000,00	1.998,00	1.992,00	1.988,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.916,00	1.916,00	1.916,00	1.916,00	1.915,50	1.915,00	1.914,00	1.911,50	1.909,00	2.018,00	2.018,00	2.018,00	2.017,50	2.017,00	2.016,00	2.015,00	2.012,00	2.010,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	345,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00	265,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	2,93	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	251,28	251,28	251,28	251,28	279,18	309,07	375,09	579,82	848,08	251,28	251,28	251,28	279,18	309,07	375,09	449,91	732,60	975,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	7,50	7,50	7,50	7,50	8,34	9,24	11,23	17,43	25,60	6,42	6,42	6,42	7,14	7,91	9,61	11,55	18,89	25,22
Indice de rigidez (S)		91,55	91,55	91,55	91,55	82,33	74,31	61,14	39,40	26,83	106,96	106,96	106,96	96,20	86,83	71,44	59,47	36,36	27,24
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	7,77	12,95	18,13	23,32	28,50	33,68	38,86	44,04	0,00	7,38	12,30	17,22	22,15	27,07	31,99	36,91	41,83
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	52,11	87,02	110,30	133,58	156,85	180,13	203,40	226,68	249,95	54,86	91,62	116,13	140,63	165,14	189,65	214,15	238,66	263,16
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	10,96	6,86	4,56	3,17	2,30	1,74	1,36	1,08	0,89	11,54	7,22	4,80	3,34	2,42	1,83	1,43	1,14	0,93
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	40,98	10,24	5,76	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	93,09	126,22	164,31	204,81	246,26	288,16	330,29	372,57	414,93	98,01	132,89	173,00	215,64	259,28	303,39	347,75	392,26	436,86
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	32,58	44,18	57,51	71,68	86,19	100,86	115,60	130,40	145,22	34,30	46,51	60,55	75,47	90,75	106,19	121,71	137,29	152,90
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	116,25	149,38	187,47	227,97	269,42	311,32	353,45	395,73	438,09	122,39	157,27	197,38	240,02	283,66	327,77	372,13	416,64	461,24
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	25,75	25,75	25,75	25,75	26,67	27,59	28,60	33,07	37,54	18,95	18,95	18,95	19,62	20,30	27,17	22,17	26,08	28,69
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	13,59	13,59	13,59	13,59	13,59	13,59	13,99	13,99	13,99	4,43	4,43	4,43	4,43	4,43	3,53	4,60	4,60	4,60
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	93.086,65	114.464,16	144.722,34	177.387,90	211.001,04	245.061,58	279.360,59	313.798,24	348.321,97	98.006,25	120.513,56	152.370,88	186.762,80	222.152,39	258.013,02	294.124,72	330.382,40	366.730,70
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\,x\,m}$	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	5,8,E-07	8,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	7,3,E-07	9,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02722	0,03348	0,04232	0,05188	0,06056	0,06897	0,07536	0,07495	0,07223	0,02938	0,03612	0,04567	0,05507	0,06438	0,07203	0,07883	0,07683	0,07652
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,42%	1,75%	2,21%	2,71%	3,16%	3,60%	3,94%	3,92%	3,78%	1,46%	1,79%	2,26%	2,73%	3,19%	3,57%	3,91%	3,82%	3,81%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,42%	1,92%	2,50%	3,11%	3,68%	4,22%	4,64%	4,65%	4,52%	1,45%	1,97%	2,56%	3,14%	3,71%	4,19%	4,61%	4,53%	4,55%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,82	2,29	1,81	1,48	1,27	1,11	1,02	1,02	1,06	2,75	2,23	1,77	1,47	1,25	1,12	1,02	1,05	1,05
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	2,3,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	5,3,E-07	7,7,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	6,7,E-07	8,9,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,78	1,55	2,07	2,59	3,11	3,63	4,15	4,66	5,18	0,74	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,94	4,43	4,92
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	229,90	272,55	299,53	324,70	367,45	411,66	480,17	630,69	802,26	208,85	246,75	270,89	309,60	349,56	410,26	475,56	641,41	777,20
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,82	3,52	3,08	2,75	2,63	2,55	2,62	3,08	3,53	3,47	3,19	2,79	2,62	2,50	2,54	2,60	3,13	3,42
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Tipo	κμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

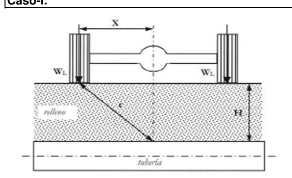
		DN2032 esp=14 PN-12 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-12 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-12 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-12 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-12 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-12 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-12 Hr=10	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-16 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-16 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-16 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-16 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-16 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-16 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	14,00	14,00	14,00	14,50	15,00	16,00	17,00	20,00	22,00	14,00	14,00	14,00	14,50	15,00	16,00	17,00	20,00	22,00
Diametro interior (D_i)	mm	2.004,00	2.004,00	2.004,00	2.003,00	2.002,00	2.000,00	1.998,00	1.992,00	1.988,00	2.004,00	2.004,00	2.004,00	2.003,00	2.002,00	2.000,00	1.998,00	1.992,00	1.988,00
Diámetro medio (D_m)	mm	2.018,00	2.018,00	2.018,00	2.017,50	2.017,00	2.016,00	2.015,00	2.012,00	2.010,00	2.018,00	2.018,00	2.018,00	2.017,50	2.017,00	2.016,00	2.015,00	2.012,00	2.010,00
Material de la conducción		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00	265,00	265,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	345,00	265,00	265,00	265,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	132,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	132,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación: Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

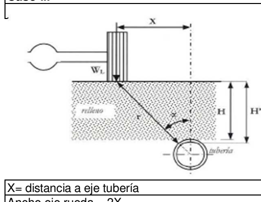
		DN2032 esp=14 PN-12 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-12 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-12 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-12 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-12 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-12 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-12 Hr=10	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-16 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-16 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-16 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-16 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-16 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-16 Hr=10
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m³	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kµ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

		DN2032 esp=14 PN-12 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-12 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-12 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-12 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-12 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-12 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-12 Hr=10	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-16 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-16 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-16 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-16 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-16 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-16 Hr=10
Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm³.m	251,28	251,28	251,28	279,18	309,07	375,09	449,91	732,60	975,09	251,28	251,28	251,28	279,18	309,07	375,09	449,91	732,60	975,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m²	6,42	6,42	6,42	7,14	7,91	9,61	11,55	18,89	25,22	6,42	6,42	6,42	7,14	7,91	9,61	11,55	18,89	25,22
Indice de rigidez (S)		106,96	106,96	106,96	96,20	86,83	71,44	59,47	36,36	27,24	106,96	106,96	106,96	96,20	86,83	71,44	59,47	36,36	27,24
Criterio de rigidez (R_l)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m²	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m²	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	7,38	12,30	17,22	22,15	27,07	31,99	36,91	41,83	0,00	7,38	12,30	17,22	22,15	27,07	31,99	36,91	41,83
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m²	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	54,86	91,62	116,13	140,63	165,14	189,65	214,15	238,66	263,16	54,86	91,62	116,13	140,63	165,14	189,65	214,15	238,66	263,16
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



		DN2032 esp=14 PN-12 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-12 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-12 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-12 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-12 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-12 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-12 Hr=10	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-16 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-16 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-16 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-16 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-16 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-16 Hr=10
Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m²	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	11,54	7,22	4,80	3,34	2,42	1,83	1,43	1,14	0,93	11,54	7,22	4,80	3,34	2,42	1,83	1,43	1,14	0,93
Caso-II:																			



		DN2032 esp=14 PN-12 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-12 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-12 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-12 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-12 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-12 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-12 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-12 Hr=10	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-16 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-16 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-16 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-16 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-16 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-16 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-16 Hr=10
X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m²	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m²	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m²	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	98,01	132,89	173,00	215,64	259,28	303,39	347,75	392,26	436,86	98,01	132,89	173,00	215,64	259,28	303,39	347,75	392,26	436,86
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	34,30	46,51	60,55	75,47	90,75	106,19	121,71	137,29	152,90	34,30	46,51	60,55	75,47	90,75	106,19	121,71	137,29	152,90
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	122,39	157,27	197,38	240,02	283,66	327,77	372,13	416,64	461,24	122,39	157,27	197,38	240,02	283,66	327,77	372,13	416,64	461,24
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	132,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	172,50	132,50	132,50	132,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	18,95	18,95	18,95	19,62	20,30	27,17	22,17	26,08	28,69	18,95	18,95	18,95	19,62	20,30	27,17	22,17	26,08	28,69
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	8,87	8,87	8,87	8,87	8,87	7,07	9,20	9,20	9,20	11,82	11,82	11,82	11,82	11,82	9,42	12,27	12,27	12,27
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	98.006,25	120.513,56	152.370,88	186.762,80	222.152,39	258.013,02	294.124,72	330.382,40	366.730,70	98.006,25	120.513,56	152.370,88	186.762,80	222.152,39	258.013,02	294.124,72	330.382,40	366.730,70
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³ ˣ ᵐ	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	7,3,E-07	9,8,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	7,3,E-07	9,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02938	0,03612	0,04567	0,05507	0,06438	0,07203	0,07883	0,07683	0,07652	0,02938	0,03612	0,04567	0,05507	0,06438	0,07203	0,07883	0,07683	0,07652
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,46%	1,79%	2,26%	2,73%	3,19%	3,57%	3,91%	3,82%	3,81%	1,46%	1,79%	2,26%	2,73%	3,19%	3,57%	3,91%	3,82%	3,81%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,45%	1,97%	2,56%	3,14%	3,71%	4,19%	4,61%	4,53%	4,55%	1,45%	1,97%	2,56%	3,14%	3,71%	4,19%	4,61%	4,53%	4,55%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,75	2,23	1,77	1,47	1,25	1,12	1,02	1,05	1,05	2,75	2,23	1,77	1,47	1,25	1,12	1,02	1,05	1,05
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m³	2,3,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	6,7,E-07	8,9,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	6,7,E-07	8,9,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,74	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,94	4,43	4,92	0,74	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,94	4,43	4,92
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m²	208,85	246,75	270,89	309,60	349,56	410,26	475,56	641,41	777,20	208,85	246,75	270,89	309,60	349,56	410,26	475,56	641,41	777,20
Presión exterior total (q_e)	kN/m²	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,47	3,19	2,79	2,62	2,50	2,54	2,60	3,13	3,42	3,47	3,19	2,79	2,62	2,50	2,54	2,60	3,13	3,42
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

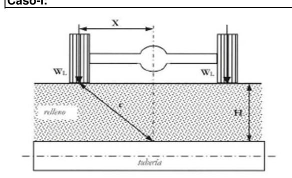
CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM		DN2032 esp=14 PN-20 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-20 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-20 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-20 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-20 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-20 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-20 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-20 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-20 Hr=10	DN2032 esp=14 PN-22 Hr=1,5	DN2032 esp=14 PN-22 Hr=3	DN2032 esp=14 PN-22 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-22 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-22 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-22 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-22 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-22 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-22 Hr=10
RESUMEN RESULTADOS																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES																			
MATERIALES																			
Diametro exterior (D_e)	mm	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	14,00	14,00	14,00	14,50	15,00	16,00	17,00	20,00	22,00	14,00	14,00	14,00	14,50	15,00	16,00	17,00	20,00	22,00
Diametro interior (D_i)	mm	2.004,00	2.004,00	2.004,00	2.003,00	2.002,00	2.000,00	1.998,00	1.992,00	1.988,00	2.004,00	2.004,00	2.004,00	2.003,00	2.002,00	2.000,00	1.998,00	1.992,00	1.988,00
Diámetro medio (D_m)	mm	2.018,00	2.018,00	2.018,00	2.017,50	2.017,00	2.016,00	2.015,00	2.012,00	2.010,00	2.018,00	2.018,00	2.018,00	2.017,50	2.017,00	2.016,00	2.015,00	2.012,00	2.010,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	345,00	345,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	345,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN																			
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS																			
CONDICIONES DE INSTALACIÓN																			
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_r) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo																			
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Protor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Protor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Protor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

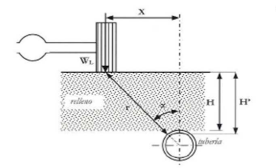
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*µ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	Kµ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación																			
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática																			
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
CÁLCULO DE ACCIONES																			
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO																			
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA																			
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	251,28	251,28	251,28	279,18	309,07	375,09	449,91	732,60	975,09	251,28	251,28	251,28	279,18	309,07	375,09	449,91	732,60	975,09
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	6,42	6,42	6,42	7,14	7,91	9,61	11,55	18,89	25,22	6,42	6,42	6,42	7,14	7,91	9,61	11,55	18,89	25,22
Indice de rigidez (S)		106,96	106,96	106,96	96,20	86,83	71,44	59,47	36,36	27,24	106,96	106,96	106,96	96,20	86,83	71,44	59,47	36,36	27,24
Criterio de rigidez (R_i)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS																			
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:																			
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	7,38	12,30	17,22	22,15	27,07	31,99	36,91	41,83	0,00	7,38	12,30	17,22	22,15	27,07	31,99	36,91	41,83
Carga del terreno:																			
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_r)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	54,86	91,62	116,13	140,63	165,14	189,65	214,15	238,66	263,16	54,86	91,62	116,13	140,63	165,14	189,65	214,15	238,66	263,16
Carga de tráfico																			
Caso-I:																			



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	11,54	7,22	4,80	3,34	2,42	1,83	1,43	1,14	0,93	11,54	7,22	4,80	3,34	2,42	1,83	1,43	1,14	0,93
Caso-II:																			



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97
Depresión																			
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales																			
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	98,01	132,89	173,00	215,64	259,28	303,39	347,75	392,26	436,86	98,01	132,89	173,00	215,64	259,28	303,39	347,75	392,26	436,86
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	34,30	46,51	60,55	75,47	90,75	106,19	121,71	137,29	152,90	34,30	46,51	60,55	75,47	90,75	106,19	121,71	137,29	152,90
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	122,39	157,27	197,38	240,02	283,66	327,77	372,13	416,64	461,24	122,39	157,27	197,38	240,02	283,66	327,77	372,13	416,64	461,24
RESULTADOS DEL CÁLCULO																			
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA																			
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	172,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	24,46	24,46	24,46	25,33	26,21	27,17	28,86	33,96	37,35	24,46	24,46	24,46	25,33	26,21	27,17	28,86	33,96	37,35
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,78	11,78	11,78	11,78	12,59	12,59	12,59	12,59	12,59	12,96	12,96	12,96	12,96
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)																			
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación (k'_α)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	98.006,25	120.513,56	152.370,88	186.762,80	222.152,39	258.013,02	294.124,72	330.382,40	366.730,70	98.006,25	120.513,56	152.370,88	186.762,80	222.152,39	258.013,02	294.124,72	330.382,40	366.730,70
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3 \times m}$	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	7,3,E-07	9,8,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	7,3,E-07	9,8,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02938	0,03612	0,04567	0,05507	0,06438	0,07203	0,07883	0,07683	0,07652	0,02938	0,03612	0,04567	0,05507	0,06438	0,07203	0,07883	0,07683	0,07652
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,46%	1,79%	2,26%	2,73%	3,19%	3,57%	3,91%	3,82%	3,81%	1,46%	1,79%	2,26%	2,73%	3,19%	3,57%	3,91%	3,82%	3,81%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,45%	1,97%	2,56%	3,14%	3,71%	4,19%	4,61%	4,53%	4,55%	1,45%	1,97%	2,56%	3,14%	3,71%	4,19%	4,61%	4,53%	4,55%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,75	2,23	1,77	1,47	1,25	1,12	1,02	1,05	1,05	2,75	2,23	1,77	1,47	1,25	1,12	1,02	1,05	1,05
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm																		
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA																			
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	2,3,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	6,7,E-07	8,9,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,3,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	6,7,E-07	8,9,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,74	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,94	4,43	4,92	0,74	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,94	4,43	4,92
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	208,85	246,75	270,89	309,60	349,56	410,26	475,56	641,41	777,20	208,85	246,75	270,89	309,60	349,56	410,26	475,56	641,41	777,20
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99
Cs=Seguridad mínima admisible		3,47	3,19	2,79	2,62	2,50	2,54	2,60	3,13	3,42	3,47	3,19	2,79	2,62	2,50	2,54	2,60	3,13	3,42
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO S275-UNE CON ESPESOR OPTIMIZADO CON ESCALONES DE 0,5 MM

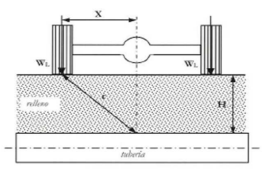
		DN2032 esp=14,5 PN-25 Hr=1,5	DN2032 esp=14,5 PN-25 Hr=3	DN2032 esp=14,5 PN-25 Hr=4	DN2032 esp=14,5 PN-25 Hr=5	DN2032 esp=15 PN-25 Hr=6	DN2032 esp=16 PN-25 Hr=7	DN2032 esp=17 PN-25 Hr=8	DN2032 esp=20 PN-25 Hr=9	DN2032 esp=22 PN-25 Hr=10	DN2540 esp=20 PN-25 Hr=1,5	DN2540 esp=20 PN-25 Hr=3	DN2540 esp=20 PN-25 Hr=4
RESUMEN RESULTADOS													
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
CARACTERÍSTICAS GENERALES													
MATERIALES													
Diametro exterior (D_e)	mm	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.032,00	2.540,00	2.540,00	2.540,00
Espesor mínimo por condición de esbeltez X% =Diámetro/esp <200	0,60%	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	12,19	15,24	15,24	15,24
Espesor de cálculo (normalizado s/ norma UNE 10224)	mm	14,50	14,50	14,50	14,50	15,00	16,00	17,00	20,00	22,00	20,00	20,00	20,00
Diametro interior (D_i)	mm	2.003,00	2.003,00	2.003,00	2.003,00	2.002,00	2.000,00	1.998,00	1.992,00	1.988,00	2.500,00	2.500,00	2.500,00
Diámetro medio (D_m)	mm	2.017,50	2.017,50	2.017,50	2.017,50	2.017,00	2.016,00	2.015,00	2.012,00	2.010,00	2.520,00	2.520,00	2.520,00
Material de la conducción		Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
Material de la conducción		355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	345,00	345,00	345,00	345,00	345,00	345,00	345,00
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
PRESIÓN													
Presión max. (1Atm=0,1 Mpa=10 mca; 1 Bar=0,1Mpa)	MPa	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Depresión por golpe de ariere =Pv	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
TUBOS ENTERRADOS													
CONDICIONES DE INSTALACIÓN													
Colocación (Z= Zanja; E= Entibada)		Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
Altura de cobertura (h_t) s/clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00
Talud V/H		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
s=Separación tubo-zanja (m)		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
B=Ancho de zanja (m)	m	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,54	3,54	3,54
Ángulo apoyo º		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Semiángulo de apoyo de la tubería	rad	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Tipo de suelo													
Grupo de suelo • SC1. Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos. • SC2. Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares). • SC3. Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares). • SC4. Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL). • SC5. Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).		SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4	SC4
Tipo de compactado: B= Baja (<85%) ;M= Moderada (85-95% PN); A=Alta (>95%)		B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Proctor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Proctor 40-70% Den. rel.	Alta >-95% Proctor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

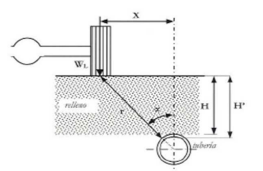
Módulo de elasticidad del suelo (E_s). Criterios generales : Buena compactación = 5 Mpa; Compactación media = 2MPa; Mala compactación =1 Mpa	MPa	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Peso especifico del terreno (γ_t) (18-20 KN/m3)	kN/m^3	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Coeficiente de Poisson (ϑ_s)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
K*μ´= s/ tabla		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Tipo	K*μ´
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

Coeficiente de cizalladura (k_1) (Valor general=0,15)		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Entibación													
Presencia de blindaje		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Espesor de blindaje	m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B=D+2b+1.0 para Dn > 600 mm		3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,03	3,54	3,54	3,54
(B-De)/b		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K2 entibación		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Coeficiente de presión horizontal (k_2) (zanja=0,35; Entibación s/ tabla)		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Presencia freática													
Profundidad de agua desde terreno	m	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Altura de agua s/ clave del tubo	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50
CÁLCULO DE ACCIONES													
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO													
COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA													
Momento de inercia a flexión (I)	mm^3.m	279,18	279,18	279,18	279,18	309,07	375,09	449,91	732,60	975,09	732,60	732,60	732,60
Rigidez anular (R_A)	kN/m^2	7,14	7,14	7,14	7,14	7,91	9,61	11,55	18,89	25,22	9,61	9,61	9,61
Indice de rigidez (S)		96,20	96,20	96,20	96,20	86,83	71,44	59,47	36,36	27,24	71,44	71,44	71,44
Criterio de rigidez (R_I)		-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,09	-0,09	-0,09
Flexible¿?		(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)	(C. flexible)
CARGAS													
Coeficiente de mayoración de cargas (C)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeficiente de Marston (C_z) (Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga hidrostática:													
Hw= altura de NF s/ clave tubería	m	0,00	1,50	2,50	3,50	4,50	5,50	6,50	7,50	8,50	0,00	1,50	2,50
&w=Densidad del agua	kN/m^2	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m^2	0,00	15,00	25,00	35,00	45,00	55,00	65,00	75,00	85,00	0,00	15,00	25,00
Cargas verticales de agua (q_a)	kN/m	0,00	7,38	12,30	17,22	22,15	27,07	31,99	36,91	41,83	0,00	5,91	9,84
Carga del terreno:													
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79
qt*Ff=Cargas verticales de relleno (q_t)=C*f*Cz*Hr*gt*Ff	kN/m^2	27,00	45,09	57,15	69,21	81,27	93,33	105,39	117,45	129,51	27,00	45,09	57,15
qt*Ff=carga vertical del relleno	kN/m	54,86	91,62	116,13	140,63	165,14	189,65	214,15	238,66	263,16	68,58	114,53	145,16
Carga de tráfico													
Caso-I:													



Tipo de tráfico (ligero=160; Medio =390; Pesado=600)	KN	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Coeficiente de impacto (C_i) =1+0,3/hr (de 1,0 a 1,5 función del pavimento)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=distancia al punto de aplicación (m)	m	1,95	3,25	4,19	5,15	6,13	7,11	8,10	9,09	10,08	1,95	3,25	4,19
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m^2	5,68	3,56	2,36	1,64	1,19	0,90	0,70	0,56	0,46	5,68	3,56	2,36
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso I	kN/m	11,54	7,22	4,80	3,34	2,42	1,83	1,43	1,14	0,93	14,42	9,03	6,00
Caso-II:													



X= distancia a eje tubería		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ancho eje rueda = 2X		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Nº ejes		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hr= Altura tierras s/ clave tubería	m	1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00
Carga puntual ruedas	KN	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
r=(x^2+(H+D/2)^2)^0,5-D/2		1,50	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	1,50	3,00	4,00
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m^2	21,23	5,31	2,99	1,91	1,33	0,97	0,75	0,59	0,48	21,23	5,31	2,99
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) caso II	kN/m	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97	53,93	13,48	7,58
Sobrecargas de trafico (q_{tc}) adoptada = max (Qtc caso-I, qtc-casoII)	kN/m	43,14	10,79	6,07	3,88	2,70	1,98	1,52	1,20	0,97	53,93	13,48	7,58
Depresión													
Pv= depresión debido a posible golpe de ariete	kN/m^2	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Cargas totales													
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m^2	48,23	65,40	85,14	106,12	127,60	149,30	171,14	193,04	214,99	48,23	65,40	85,14
Presión vertical (q_v)=qa+qt*Ff+qtc	kN/m	98,01	132,89	173,00	215,64	259,28	303,39	347,75	392,26	436,86	122,51	166,11	216,24
Presión horizontal (q_h) = k2*qv	kN/m	34,30	46,51	60,55	75,47	90,75	106,19	121,71	137,29	152,90	42,88	58,14	75,69
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14
Presión exterior total (q_e) =qv+Pv	kN/m	122,39	157,27	197,38	240,02	283,66	327,77	372,13	416,64	461,24	152,99	196,59	246,72
RESULTADOS DEL CÁLCULO													
HIPÓTESIS-I: PRESIÓN INTERIOR POSITIVA													
Tensión admisible (σ_{adm})	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50	172,50
Presión resistida (P_r) =PMA (Presión máx. de diseño)	Atm	25,33	25,33	25,33	25,33	26,21	27,17	28,86	33,96	37,35	27,17	27,17	27,17
Presión máxima de trabajo (P_t)	Atm	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm	14,31	14,31	14,31	14,31	14,31	14,72	14,72	14,72	14,72	18,41	18,41	18,41
HIPÓTESIS-II: FLEXIÓN TRANSVERSAL (deformación máx. a acciones exteriores)													
D1= Coef. Deformación diferida. d1 = Es el factor que tiene en cuenta las deformaciones que aumentan con el tiempo y se puede considerar uno utilizando un módulo de reacción del terreno apropiado y un módulo de elasticidad a largo plazo. Con este valor se considera la reducción de volumen que, a lo largo del tiempo, va a tener el terreno de los laterales. Dicho valor oscila entre 1 y 1,5 y se suele tomar igual a 1,2.		1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coeficiente de deformación ($k'_{,,}$)		0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
qt(tierras)+qtc(trafico)	N/m	98.006,25	120.513,56	152.370,88	186.762,80	222.152,39	258.013,02	294.124,72	330.382,40	366.730,70	122.507,81	150.641,95	190.463,60
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m$^{3\times m}$	2,8,E-07	2,8,E-07	2,8,E-07	2,8,E-07	3,1,E-07	3,8,E-07	4,5,E-07	7,3,E-07	9,8,E-07	7,3,E-07	7,3,E-07	7,3,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
d= deformación transversal	m	0,02890	0,03553	0,04493	0,05507	0,06438	0,07203	0,07883	0,07683	0,07652	0,03420	0,04206	0,05317
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,43%	1,76%	2,23%	2,73%	3,19%	3,57%	3,91%	3,82%	3,81%	1,36%	1,67%	2,11%
Ovalización vertical calculada (O_v)	%	1,43%	1,93%	2,52%	3,14%	3,71%	4,19%	4,61%	4,53%	4,55%	1,35%	1,83%	2,39%
Ovalización maxima admisible (O_{vmax}) : 5% para tubería con revestimiento interior y exterior flexible; 3-4% para tubería con revestimiento exterior flexible e interior de mortero; 2% para tubería con revestimiento interior y exterior de mortero	%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Seguridad calculada		2,79	2,27	1,80	1,47	1,25	1,12	1,02	1,05	1,05	2,95	2,40	1,90
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
emin>=	mm												
HIPÓTESIS III:PANDEO TRANSVERSAL. ACCIONES EXTERNAS Y PRESIÓN INTERNA NEGATIVA													
Módulo de elasticidad del tubo (Et)	N/m2	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11	2,1,E+11
I=e^3/12 momento de inercia transversal por unidad de longitud de la pared de la tuberia	m^3	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,5,E-07	2,8,E-07	3,4,E-07	4,1,E-07	6,7,E-07	8,9,E-07	6,7,E-07	6,7,E-07	6,7,E-07
Módulo de elasticidad del suelo (Es).	N/m2	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06	5,0,E+06
H/D		0,74	1,48	1,97	2,46	2,95	3,44	3,94	4,43	4,92	0,59	1,18	1,57
B´= Coeficiente		0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,04	0,06	0,08
Ff=Factor de flotación=1-0,33 Hw/Hr		1,00	0,84	0,79	0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	1,00	0,84	0,79
Presión critica de pandeo (P_{cr})	kN/m^2	220,34	260,33	285,80	309,60	349,56	410,26	475,56	641,41	777,20	238,27	277,22	302,85
Presión exterior total (q_e)	kN/m^2	60,23	77,40	97,14	118,12	139,60	161,30	183,14	205,04	226,99	60,23	77,40	97,14
Cs=Seguridad mínima admisible		3,66	3,36	2,94	2,62	2,50	2,54	2,60	3,13	3,42	3,96	3,58	3,12
Cs mínimo (Función de la relación H/D==>2,5 o 3,0)		3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	2,50	2,50
Cumple¿?		si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

12. APÉNDICE 7.2.2: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE ACERO HELICOIDAL AÉREAS EN TOMAS Y ARQUETA DE TUDELA.

El cálculo mecánico de las tuberías aéreas incluye el cálculo de refuerzo y alas de monja.

RESUMEN DE CÁLCULOS EN TOMAS

TOMA-11: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

Tubería aérea

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma2	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalím.
		Tub. DN 2032 e=14-S275, PMD=8,6Atm	Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=8,6Atm	Tub. DN 1524 e=9,5-S275, PMD=8,6Atm	Tub. DN 324 e=4-S275, PMD=8,6Atm	Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=8,6Atm	Tub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=8,6Atm
D ext	mm	2.032,00	1.829,00	1.524,00	324,00	219,10	1.321,00
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	6,64	6,64	6,64	6,64	6,64	6,64
PMD	Atm	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63
espesor =e	mm	14,00	11,50	9,50	4,00	4,00	9,50
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Refuerzos en piezas T: Alas de monja y baberos

		pieza T 2032/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275	pieza T 2032/324 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275	pieza T 2032/812,8 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275	pieza T 1524/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275	T en Toma DN3 - bypass (200mm)	T -principal DN3 - boca hombre (800mm)
D=Diámetro ext. Tubería	mm	2.032	2.032	2.032	1.524	1.829	1.829
Ty=esp. Tubería	mm	14,00	14,00	14,00	9,50	11,50	11,50
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.524	324	813	1.524	219	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,50	4,00	6,00	9,50	4,00	6,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	45	90
PMD	Atm	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas							
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		n/a	n/a		n/a	n/a
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		n/a	n/a		n/a	n/a
w=Ancho de corona (mm)	mm		n/a	n/a		n/a	n/a
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde proceda)							
Ala (dw)	mm	360,00			400,00		
Ala (db)	mm	360,00			400,00		
Ala (dt)	mm	520,00			840,00		
espesor(t)	mm	50,00			50,00		

TOMA-12: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

		Tub. Principal	Tub principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalím.
		Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=19,7Atm	Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=19,7Atm	Tub. DN 711,2 e=6-S275, PMD=19,7Atm	Tub. DN 324 e=4-S275, PMD=19,7Atm	Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=19,7Atm	Tub. DN 508 e=5-S275, PMD=19,7Atm
D ext	mm	1.829,00	1.829,00	711,20	324,00	219,10	508,00
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	13,10	13,10	13,10	13,10	13,10	13,10
PMD	Atm	19,65	19,65	19,65	19,65	19,65	19,65
espesor =e	mm	11,50	11,50	6,00	4,00	4,00	5,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

		pieza T 1829/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/323 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275	pieza T 711,2/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275	T en Toma DN1 - bypass (300mm)	pieza T 1829/323 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	1.829	1.829	711	711	1.829	1.829
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	11,50	11,50	6,00	6,00	12	12
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	711	323	813	711	258	323	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	4,00	6,00	6,00	4,00	4	6
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90
PMD	Atm	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas								
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		14,50	14,50		6,50	14,50	15,00
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		700,00	1.700,00		500,00	700,00	1.600,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		190,00	450,00		130,00	190,00	400,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde proceda)								
Ala (dw)	mm	540,00			260,00			
Ala (db)	mm	540,00			260,00			
Ala (dt)	mm	280,00			220,00			
espesor(t)	mm	50,00			50,00			

TOMA-13: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub Caudalím.
		Tub. DN 1829 e=11,5-S355, PMD=25,5Atm	Tub. DN 1829 e=10-S355, PMD=25,5Atm	Tub. DN 1016 e=9-S355, PMD=25,5Atm	Tub. DN 324 e=4-S355, PMD=25,5Atm	Tub. DN 219,1 e=4-S355, PMD=25,5Atm	Tub. DN 812,8 e=6-S355, PMD=25,5Atm
D ext	mm	1.829,00	1.829,00	1.016,00	324,00	219,10	812,80
Tipo de acero		S355	S355	S355	S355	S355	S355
Presión interna	Atm	19,61	19,61	19,61	19,61	19,61	19,61
PMD	Atm	25,49	25,49	25,49	25,49	25,49	25,49
espesor =e	mm	11,50	10,00	9,00	4,00	4,00	6,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

		pieza T 1829/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355	pieza T 1829/323 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355	pieza T 1016/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355	T en Toma DN1 - bypass (300mm)	pieza T 1829/323 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	1.829	1.829	1.016	1.016	1.829	1.829
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	11,50	11,50	9,00	9,00	10	10
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016	323	813	1.016	323	323	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,00	4,00	6,00	9,00	4,00	4	6
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90
PMD	Atm	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5	25,5
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-A	Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-A
Refuerzos de coronas								
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		14,50	18,50		6,50	16,00	20,00
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		600,00	1.500,00		600,00	700,00	1.700,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		140,00	350,00		140,00	190,00	450,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde proceda)								
Ala (dw)	mm	740,00			400,00			
Ala (db)	mm	740,00			400,00			
Ala (dt)	mm	340,00			320,00			
espesor(t)	mm	60,00			50,00			

TOMA-17: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalím.
		Sin válvulas Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulas Tub. DN 1626 e=10-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulas Tub. DN 1016 e=8-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulas Tub. DN 324 e=4-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulas Tub. DN 812,8 e=6-S275, PMD=17,1Atm
D ext	mm	1.829,00	1.626,00	1.016,00	324,00	219,10	812,80
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40	11,40
PMD	Atm	17,10	17,10	17,10	17,10	17,10	17,10
espesor =e	mm	11,50	10,00	8,00	4,00	4,00	6,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

		pieza T 1829/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275	pieza T 1829/323 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275	pieza T 1016/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275	T en Toma DN1 - bypass	pieza T 1626/323 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275	pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	1.829	1.829	1.016	1.016	1.626	1.626
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	11,50	11,50	8,00	8,00	10	10
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016	323	813	1.016	219	323	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8,00	4,00	6,00	8,00	4,00	4	6
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90
PMD	Atm	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17	17
Refuerzo recomendado		babero tabla-A	babero tabla-B	babero tabla-B	Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas								
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm	15,00	11,00	11,50		6,50	10,00	12,00
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm	1.900	600,00	1.500,00		500,00	700,00	1.500,00
w=Ancho de corona (mm)	mm	450	140,00	350,00		150,00	190,00	350,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde proceda)								
Ala (dw)	mm	560,00			280,00			
Ala (db)	mm	560,00			280,00			
Ala (dt)	mm	360,00			260,00			
espesor(t)	mm	50,00			50,00			

Nota : Auque no sea necesario, se opta por considerar refuerzo de baberos en derivación : W=300 e=6 mm

RESUMEN DE CÁLCULOS EN TOMAS

TOMA-18: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

Tubería aérea

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro
		Sin válvulas Tub. DN 1623 e=10-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 1623 e=11,5-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 324 e=4-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 1321 e=8-S275, PMD=16,5Atm
D ext	mm	1.623,00	1.829,00	1.623,00	324,00	219,10	1.321,00
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70	12,70
PMD	Atm	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51	16,51
espesor =e	mm	10,00	11,50	11,50	4,00	4,00	8,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Refuerzos en piezas T: Alas de monja y ba

		pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	pieza T 1623/323 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	pieza T 1623/812,8 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	T en Toma DN1 - bypass	pieza T 1829/323 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	pieza T 1829/219,1 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.623	1.623	1.623	1.623	1.623	1.829	1.829	1.829
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	10,00	10,00	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.623	323	813	1.623	219	323	219	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,50	4,00	6,00	11,50	4,00	4,00	4,00	6,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90	90
PMD	Atm	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas									
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		9,50	9,50		7,50	10,50	10,00	10,50
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		600,00	1.500,00		500,00	700,00	500,00	1.700,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		140,00	350,00		150,00	190,00	150,00	450,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde									
Ala (dw)	mm	380,00			380,00				
Ala (db)	mm	380,00			380,00				
Ala (dt)	mm	300,00			300,00				
espesor(t)	mm	50,00			50,00				

Nota : Auque no sea necesario, se opta por co

TOMA-19: CÁLCULOS MECÁNICOS

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Bypass
		Sin válvulas Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 1524 e=10-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 1524 e=10-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=16,5Atm
D ext	mm	1.829,00	1.524,00	1.524,00	219,10
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	12,70	12,70	12,70	12,70
PMD	Atm	16,51	16,51	16,51	16,51
espesor =e	mm	11,50	10,00	10,00	4,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00

		pieza T 1829/1524 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	pieza T 1829/323 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275	T en Toma DN1 - bypass
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	1.829	1.829	1.524
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	11,50	11,50	10,00
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.524	323	813	219
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	4,00	6,00	4,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90
PMD	Atm	16,5	16,5	16,5	16,5
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas					
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		10,50	10,50	8,00
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		600,00	1.500,00	500,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		140,00	350,00	150,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde					
Ala (dw)	mm	620,00			
Ala (db)	mm	620,00			
Ala (dt)	mm	400,00			
espesor(t)	mm	50,00			

TOMA-20: CÁLCULOS MECÁNICOS

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Bypass	Bypass
		Sin válvulas Tub. DN 1524 e=9,5-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 1321 e=8-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 1118 e=8-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=16,8Atm
D ext	mm	1.524,00	1.321,00	1.118,00	219,10	914,40
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90
PMD	Atm	16,77	16,77	16,77	16,77	16,77
espesor =e	mm	9,50	8,00	8,00	4,00	8,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

		pieza T 1524/1118 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275	pieza T 1524/219,1 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275	pieza T 1524/812,8 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275	pieza T 1524/812,8 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275	pieza T 1524/812,8 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275	T DN3 -DN3
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.524	1.524	1.524	1.321	1.321	1.118
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	9,50	9,50	8	8	8,00
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.118	219	813	219	813	1.118
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8,00	4,00	6,00	4	6	8,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90
PMD	Atm	16,8	16,8	16,8	17	17	16,8
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-A	babero tabla-B	babero tabla-A	Ala monja
Refuerzos de coronas							
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		9,00	9,50	8,00	9,50	n/a
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		500,00	1.500,00	500,00	1.500,00	n/a
w=Ancho de corona (mm)	mm		150,00	350,00	150,00	350,00	n/a
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde							
Ala (dw)	mm	340,00					380,00
Ala (db)	mm	340,00					380,00
Ala (dt)	mm	260,00					280,00
espesor(t)	mm	50,00					50,00

TOMA-21: CÁLCULOS MECÁNICOS

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma
		Sin válvulas Tub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=15Atm	Sin válvulas Tub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=15Atm	Sin válvulas Tub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=15Atm
D ext	mm	1.321,00	1.321,00	1.321,00
Tipo de acero		S275	S275	S275
Presión interna	Atm	0,40	11,50	11,50
PMD	Atm	14,95	14,95	14,95
espesor =e	mm	9,50	9,50	9,50
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00

		pieza T 1321/323 en 90º PMD=15Atm-Acero S275	pieza T 1321/812,8 en 90º PMD=15Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	1.321
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	9,50
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	6,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90
PMD	Atm	15,0	15,0
Refuerzo recomendado		babero tabla-B	babero tabla-A
Refuerzos de coronas			
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm	6,50	6,50
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm	600,00	1.500,00
w=Ancho de corona (mm)	mm	140,00	350,00

DERIVACIÓN CORELLA: CÁLCULOS MECÁNICOS

		Tub. Principal	Deriv. Toma-16	Deriv. Toma-17	Desagüe	Bypass
		Sin válvulas Tub. DN 1930 e=13-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 324 e=4-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=14,7Atm
D ext	mm	1.930,00	1.829,00	1.829,00	324,00	219,10
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	11,30	11,30	0,00	11,30	11,30
PMD	Atm	14,69	14,69	14,69	14,69	14,69
espesor =e	mm	13,00	11,50	11,50	0,00	4,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

		pieza T 1930/1829 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275	pieza T 1930/323 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275	pieza T 1930/812,8 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/323 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/219,1 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.930	1.930	1.930	1.829	1.829	1.829
Ty=esp. Tubería	mm	13,00	13,00	13,00	11,50	11,50	11,50
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.829	323	813	323	219	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,50	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90
PMD	Atm	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas							
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		7,50	7,50	8,00	7,50	8,00
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		600,00	1.500,00	700,00	500,00	1.700,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		140,00	350,00	190,00	150,00	450,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde							
Ala (dw)	mm	740,00					
Ala (db)	mm	740,00					
Ala (dt)	mm	460,00					
espesor(t)	mm	50,00					

RESUMEN DE CÁLCULOS EN TOMAS

Tubería aérea

TOMA-16: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

		Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro
		Sin válvulas Tub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 1626 e=10-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 1321 e=10-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 324 e=4-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulas Tub. DN 1118 e=8-S275, PMD=13,7Atm
D ext	mm	1.829,00	1.626,00	1.321,00	324,00	219,10	1.118,00
Tipo de acero		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	Atm	10,50	10,50	0,00	10,50	10,50	10,50
PMD	Atm	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65	13,65
espesor =e	mm	11,50	10,00	10,00	4,00	4,00	8,00
Separación máx. entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

TOMA-14 y 15: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

	Tub. Principal	Toma-14	Toma-15	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro	Tub. Caudalímetro
	Sin válvulas Tub. DN 1626 e=10-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulas Tub. DN 914,4 e=10-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulas Tub. DN 1321 e=10-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulas Tub. DN 324 e=4-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulas Tub. DN 711 e=6-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulas Tub. DN 1118 e=8-S275, PMD=14,6Atm
D ext	1.626,00	914,40	1.321,00	324,00	219,10	711,00	1.118,00
Tipo de acero	S275	S275	S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	11,20	11,20	0,00	11,20	11,20	11,20	11,20
PMD	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56	14,56
espesor =e	10,00	10,00	10,00	4,00	4,00	6,00	8,00
Separación máx. entre apoyos	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

ARQUETA DE TUDELA

	Tub-1 entrante arqueta	Tub-2 entrante arqueta	Tub-3 a Presa	Tub-4 presa-DC	Tub-5 desagüe Howell	Desagüe	Bypass tubos
	Sin válvulas Tub. DN 1626 e=10-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 761 e=6-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 2235 e=14,2-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 1930 e=12-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 609,6 e=6-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 323,9 e=4-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulas Tub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=14,8Atm
D ext	1.626,00	761,00	2.235,00	1.930,00	609,60	323,90	219,10
Tipo de acero	S275	S275	S275	S275	S275	S275	S275
Presión interna	11,40	11,40	0,00	11,40	11,40	11,40	11,40
PMD	14,82	14,82	14,82	14,82	14,82	14,82	14,82
espesor =e	10,00	6,00	14,20	12,00	6,00	4,00	4,00
Separación máx. entre apoyos	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Refuerzos en piezas T: Alas de monja y ba

TOMA-16

		pieza T 1829/1321 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/323 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/219,1 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275	pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275	T en Toma DN2 - bypass	pieza T 1626/323 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275	pieza T 1626/219,1 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275	pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	1.829	1.829	1.829	1.321	1.626	1.626	1.626
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	11,50	12	11,50	10,00	10,00	10,00	10,00
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.321	323	219	813	219	323	219	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	4,00	4	6,00	4,00	4,00	4,00	6,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90	90
PMD	Atm	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas									
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		600,00	500,00	1.500,00	500,00	700,00	500,00	1.600,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		140,00	150,00	350,00	150,00	190,00	150,00	400,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde									
Ala (dw)	mm	540,00							
Ala (db)	mm	540,00							
Ala (dt)	mm	360,00							
espesor(t)	mm	50,00							

TOMA-14 y 15

		pieza T 1626/914,4 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275	pieza T 1626/323 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275	pieza T 1626/219,1 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275	pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275	pieza T 914,4/219,1 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275	pieza T 1321/219,1 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	1.626	1.626	1.626	914	1.321,0
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,0
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	914	323	219	813	219	219,1
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	4,00	4,00	6,00	4,00	4,0
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90,0
PMD	Atm	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B
Refuerzos de coronas							
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		7,00	7,00	7,50	n/a	6,50
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		600,00	500,00	1.500,00	n/a	500,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		140,00	150,00	350,00	n/a	150,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde							
Ala (dw)	mm	380,00					
Ala (db)	mm	380,00					
Ala (dt)	mm	280,00					
espesor(t)	mm	50,00					

ARQUETA

		pieza T 1626/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 1626/323 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 1626/219,1 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 2235/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 1626/761 en 45º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 761/323,9 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 761/219,1 en 45º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 812,8/761 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 2235/1930 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275	pieza T 1930/812,9 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	1.626	1.626	1.626	2.235	1.626,0	761,0	761,0	812,8	2.235,0	1.930,0
Ty=esp. Tubería	mm	10	10,00	10,00	10,00	14,20	10,0	6,0	6,0	6,0	14,2	12,0
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.626	323	219	813	1.626	761,0	323,9	219,1	761,0	1.930,0	812,9
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10	4,00	4,00	6,00	10,00	6,0	6,0	4,0	6,0	12,0	6,0
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	45,0	90,0	45,0	90,0	90,0	90,0
PMD	Atm	15	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
Refuerzo recomendado		Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	babero tabla-B	Ala monja	Ala monja	babero tabla-B	babero tabla-B	Wrapper-1	Ala monja	babero tabla-B
Refuerzos de coronas												
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm		7,50	7,00	7,50		n/a	6,50	6,50	6,50		9,00
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm		600,00	500,00	1.500,00		n/a	600,00	600,00	1.400,00		1.500,00
w=Ancho de corona (mm)	mm		140,00	150,00	350,00		n/a	140,00	200,00	320,00		350,00
Refuerzos de ALA de monja (sólo donde												
Ala (dw)	mm	620,00				680,00	400,00				960,00	
Ala (db)	mm	620,00				680,00	800,00				960,00	
Ala (dt)	mm	400,00				420,00	500,00				560,00	
espesor(t)	mm	50,00				50,00	50,00				50,00	

Nota : Auque no sea necesario, se opta por co

TOMA-11: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma2	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalím.
	Sin válvulasTub. DN 2032 e=14-S275, PMD=8,6Atm	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=8,6Atm	Sin válvulasTub. DN 1524 e=9,5-S275, PMD=8,6Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=8,6Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=8,6Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=8,6Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	2.004,00	1.806,00	1.505,00	316,00	211,10	1.302,00
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	2.032,00	1.829,00	1.524,00	324,00	219,10	1.321,00
Diámetro medio (D_m)	mm	2.018,00	1.817,50	1.514,50	320,00	215,10	1.311,50
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión	mca	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40
Coef. Seguridad adoptado		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna	mca	86,32	86,32	86,32	86,32	86,32	86,32
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	6,38	5,74	4,78	1,02	0,69	4,15
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	12,19	10,97	9,14	1,94	1,31	7,93
e min por depresión interior	mm	7,56	6,81	5,67	1,21	0,82	4,92
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	14,00	11,50	9,50	4,00	4,00	9,50
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO

CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	251,28	139,27	78,51	5,86	5,86	78,51
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	6,42	4,87	4,75	37,56	123,67	7,31
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		145,14	159,04	160,42	81,00	54,78	139,05
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3

ACCIONES

Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	6,96	5,15	3,55	0,32	0,21	3,07
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	31,54	25,62	17,79	0,78	0,35	13,31
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	10,35	9,31	7,76	1,65	1,12	6,73
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	0,05	0,05	0,04	0,01	0,01	0,04
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	6,32	5,69	4,74	1,01	0,68	4,11
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	48,85	40,08	29,10	2,75	1,68	23,11
Qth=Qvh	KN/m	6,32	5,69	4,74	1,01	0,68	4,11
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	49,26	40,48	29,48	2,93	1,81	23,47
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	147,78	121,45	88,44	8,78	5,43	70,42
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	49,26	40,48	29,48	2,93	1,81	23,47

B) RESULTADOS DEL CÁLCULO

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	2.004,00	1.806,00	1.505,00	316,00	211,10	1.302,00
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	2.032,00	1.829,00	1.524,00	324,00	219,10	1.321,00
Diámetro medio (Dm)	mm	2.018,00	1.817,50	1.514,50	320,00	215,10	1.311,50
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	14,00	11,50	9,50	4,00	4,00	9,50
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

B,0: LONGITUD PREVIA MAXIMA

Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	59,01	53,14	46,18	15,79	12,46	43,14
q = Carga lineal	N/m	49.259,63	40.483,69	29.479,60	2.928,31	1.810,76	23.473,98
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,045183	0,027114	0,012960	0,000051	0,000016	0,008416
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA

Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	18,95	17,29	17,14	33,95	50,21	19,78
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coef.seguridad Pr/Pt		2.194,95	2.003,11	1.985,91	3.933,11	5.816,19	2.291,09
		si	si	si	si	si	si

B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA

Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,15	0,12	0,11	0,90	2,97	0,18
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,077	0,058	0,057	0,451	1,484	0,088
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si

B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO

Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,045183	0,027114	0,012960	0,000051	0,000016	0,008416
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	49.259,63	40.483,69	29.479,60	2.928,31	1.810,76	23.473,98
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,001	0,001	0,002	0,057	0,116	0,003
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,001	0,001	0,002	0,057	0,116	0,003
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,41%	0,46%	0,55%	2,57%	3,80%	0,63%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		7.609,68	5.556,53	3.647,30	145,85	71,65	2.974,47

B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO

D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	11,11	10,81	7,63	0,09	0,02	4,31
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	6.872	5.081	3.497	313	212	3.031
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	1.077,02	884,70	730,84	307,72	307,72	730,84

E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	2,29E-07	1,27E-07	7,14E-08	5,33E-09	5,33E-09	7,14E-08
Deformación % = D/ Dext		0,55%	0,59%	0,50%	0,03%	0,01%	0,33%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	26,45	32,91	35,18	16,61	9,16	27,09	
q=carga lineal (N/m)		49.259,63	40.483,69	29.479,60	2.928,31	1.810,76	23.473,98	
*R=q*L/2*		73.889,44	60.725,54	44.219,41	4.392,47	2.716,13	35.210,97	
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	73,89	60,73	44,22	4,39	2,72	35,21	
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	73,89	60,73	44,22	4,39	2,72	35,21	
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	62,64	68,64	69,24	34,96	23,64	60,02	-0,59
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	0,83	1,02	1,30	6,91	9,51	1,38	
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	36,94	30,36	22,11	2,20	1,36	17,61	
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-36,94	-30,36	-22,11	-2,20	-1,36	-17,61	
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	42,94	51,09	53,79	32,26	24,59	43,48	
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	42.938,65	51.090,73	53.791,76	32.259,48	24.587,86	43.479,61	
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	
Coef. Seguridad		3,20	2,69	2,56	4,26	5,59	3,16	
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	

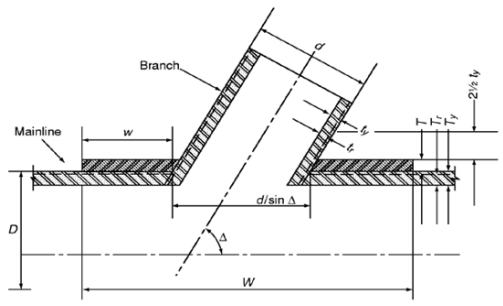
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería

σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	42.938,65	51.090,73	53.791,76	32.259,48	24.587,86	43.479,61
σ_a=Tensión axial =$(qt+0,5)*\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	109.950,92	116.472,58	118.633,41	101.407,58	95.270,29	110.383,69
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	95.978,06	101.121,00	102.887,99	89.737,48	85.665,03	96.309,89
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,87	2,72	2,67	3,06	3,21	2,86
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,43	1,36	1,34	1,53	1,61	1,43
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-11: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

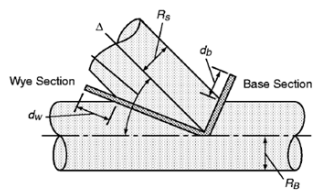
PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

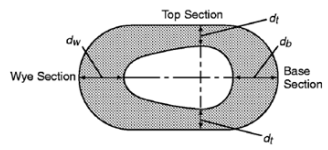
	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a desagüe (DN=300mm)				T- Toma DN1 a boca hombre (DN 800)				T- Toma a derivación				T en Toma DN3 - bypass (200mm)				T -principal DN3 - boca hombre (800mm)			
	pieza T 2032/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275				pieza T 2032/324 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275				pieza T 2032/812,8 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275				pieza T 1524/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 45º PMD=8,6Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	2.032	in	80,000	mm	2.032	in	80,000	mm	2.032	in	80,000	mm	1.524	in	60,000	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	14,00	in	0,551	mm	14,00	in	0,551	mm	14,00	in	0,551	mm	9,50	in	0,374	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.524	in	60,000	mm	324	in	12,756	mm	813	in	32,000	mm	1.524	in	60,000	mm	219	in	8,626	mm	813	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,50	in	0,374	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	9,50	in	0,374	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	45	Rad	0,785	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	8,63	PSI	122,78	Atm= Kg/cm2	8,63	PSI	122,78	Atm= Kg/cm2	8,63	PSI	122,78	Atm= Kg/cm2	8,63	PSI	122,78	Atm= Kg/cm2	8,63	PSI	122,78	Atm= Kg/cm2	8,63	PSI	122,78
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				5.524,90				249,71				1.571,53				7.366,53				253,73				1.745,95
d/D=				0,75				0,16				0,40				1,00				0,12				0,44
Refuerzo recomendado				Wrapper-1				babero tabla-B				babero tabla-B				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00025				0,00400				0,00064								0,00394				0,00057
M=M1*PDV				1,38				1,00				1,00								1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,38	in	0,251	mm	6,38	in	0,251	mm	6,38	in	0,251	mm					5,74	in	0,226	mm	5,74	in	0,226
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	4,78	in	0,188	mm	1,02	in	0,040	mm	2,55	in	0,100	mm					0,69	in	0,027	mm	2,55	in	0,100
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	13.258,77	in2	20,55	mm2	2.015,53	in2	3,12	mm2	5.107,71	in2	7,92	mm2					1.713,94	in2	2,66	mm2	4.597,44	in2	7,13
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	11.694,74	in2	18,127	mm2	2.468,13	in2	3,826	mm2	6.206,95	in2	9,621	mm2					1.785,52	in2	2,768	mm2	4.715,22	in2	7,309
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.564,03	in2	2,42	mm2	-452,60	in2	-0,70	mm2	-1.099,23	in2	-1,70	mm2					-71,58	in2	-0,11	mm2	-117,77	in2	-0,18
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	762,00	in	30,00	mm	162,00	in	6,38	mm	406,40	in	16,00	mm					154,93	in	6,10	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	1,03	in	0,040	mm	-1,40	in	-0,055	mm	-1,35	in	-0,053	mm					-0,23	in	-0,009	mm	-0,14	in	-0,006
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	2.545,08	in	100,20	mm	541,08	in	21,30	mm	1.357,38	in	53,44	mm					517,46	in	20,37	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	3.048,00	in	120,00	mm	648,00	in	25,51	mm	1.625,60	in	64,00	mm					619,71	in	24,40	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm					0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	120,31	in	4,737	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm					0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	508,00	in	20,000	mm	108,00	in	4,252	mm	270,93	in	10,667	mm					103,28	in	4,066	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	2.540,00	in	100,000	mm	540,00	in	21,260	mm	1.354,67	in	53,333	mm					361,50	in	14,232	mm	1.354,67	in	53,333
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**				**n/a**				**n/a**								**n/a**				**n/a**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**2.800**				**n/a**				**n/a**								**n/a**				**n/a**		
w=Ancho de corona (mm)		**640**				**n/a**				**n/a**								**n/a**				**n/a**		

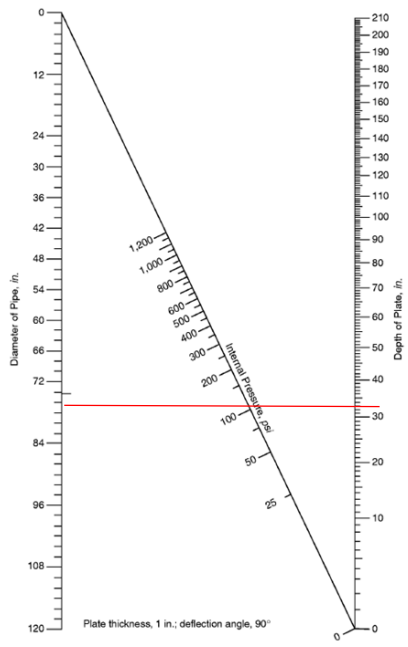
TOMA-11: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 2032/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275*** *(NOTA SE OPTA POR INCLUIR ALA DE MONJA)*







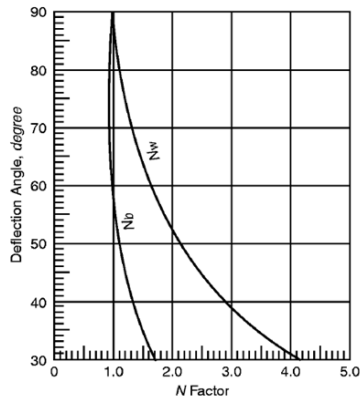
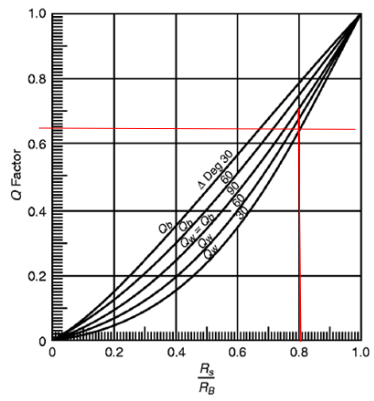
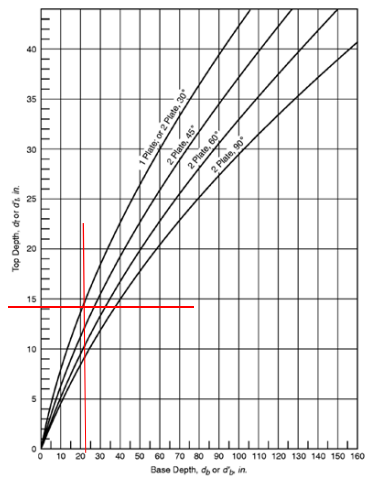


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





	T- Toma DN2 a derivación DN3			
	pieza T 2032/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	14,00	in	0,551
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.524	in	60,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,50	in	0,374
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	8,63	PSI	122,78
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	863,60	in	34

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	863,60	in	34,00
db=Nb x d	mm	863,60	in	34,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,75
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,64
Qb			Grafico-3	0,64
d´w=dw x qw	mm	552,70	in	21,76
d´b=db x Qb	mm	552,70	in	21,76

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	351,81	in	13,85
d´b (ajustado)=	mm	351,81	in	13,85
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

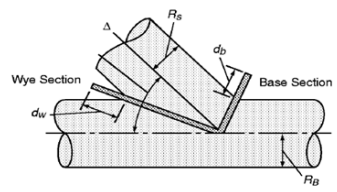
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

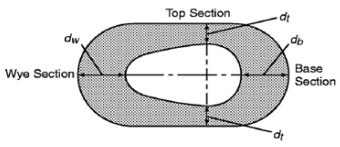
d´b (ajustado)=	mm	351,81	in	13,85
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	508,00	in	20,00

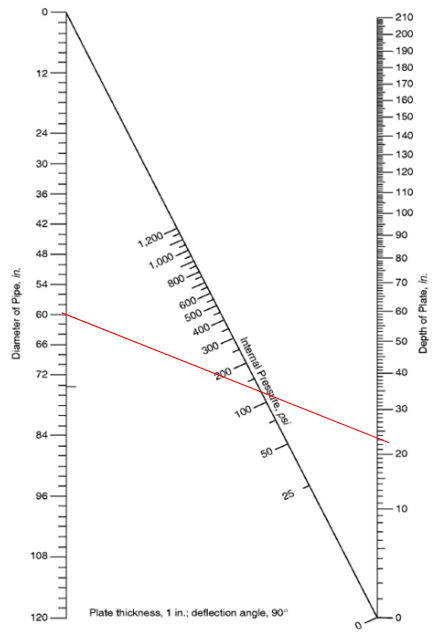
RESUMEN

Ala (dw)	mm	360,00
Ala (db)	mm	360,00
Ala (dt)	mm	520,00
espesor(t)	mm	50,00

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1524/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275***







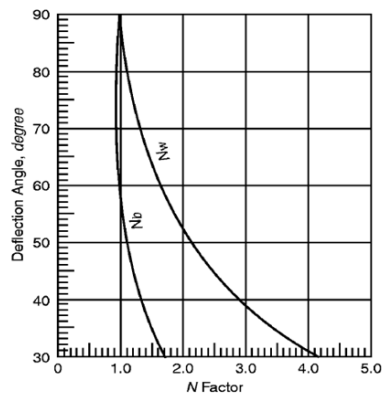
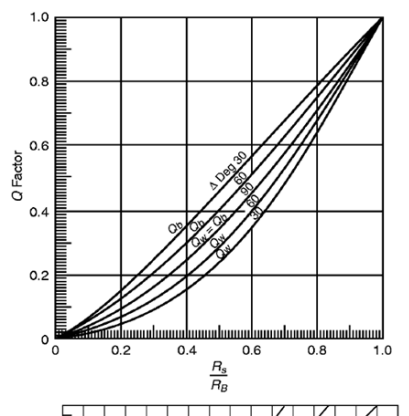
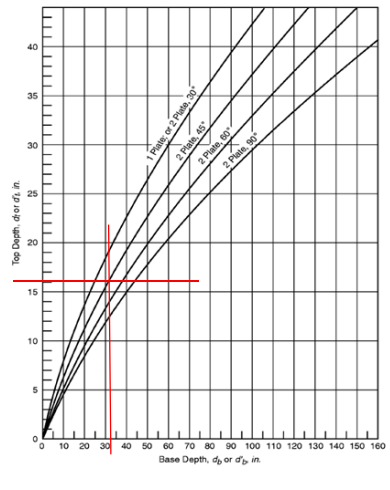


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





	T- Toma DN2 a derivación DN3			
	pieza T 1524/1524 en 90º PMD=8,6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.524	in	60,000
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	in	0,374
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.524	in	60,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,50	in	0,374
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	8,63	PSI	122,78
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	609,60	in	24

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	609,60	in	24,00
db=Nb x d	mm	609,60	in	24,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	609,60	in	24,00
d´b=db x Qb	mm	609,60	in	24,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	388,02	in	15,28
d´b (ajustado)=	mm	388,02	in	15,28
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	388,02	in	15,28
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			45,00
Gráfico d´t=	mm	825,50	in	32,50

RESUMEN

Ala (dw)	mm	400,00
Ala (db)	mm	400,00
Ala (dt)	mm	840,00
espesor(t)	mm	50,00

TOMA-12: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalím.
	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=19,7Atm	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=19,7Atm	Sin válvulasTub. DN 711,2 e=6-S275, PMD=19,7Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=19,7Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=19,7Atm	Sin válvulasTub. DN 508 e=5-S275, PMD=19,7Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.806,00	699,20	316,00	211,10	498,00
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.829,00	711,20	324,00	219,10	508,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.817,50	705,20	320,00	215,10	503,00
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión	mca	131,00	131,00	131,00	131,00	131,00	131,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	13,07	13,07	5,08	2,32	2,36	2,36
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	10,97	10,97	4,27	1,94	1,31	3,05
e min por depresión interior	mm	6,78	6,78	2,64	1,20	0,81	1,89
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	11,50	6,00	4,00	4,00	5,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO							
CONDICIONES DE INSTALACIÓN							
Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	139,27	139,27	19,78	5,86	5,86	11,45
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,87	4,87	11,84	37,56	123,67	18,89
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		159,04	159,04	118,53	81,00	54,78	101,60
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3
ACCIONES							
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	5,15	5,15	1,04	0,32	0,21	0,62
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	25,62	25,62	3,84	0,78	0,35	1,95
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, ...	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	9,31	9,31	3,62	1,65	0,30	0,30
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,33	0,33
Qp=Carga peatonal	KN/m	15,52	0,11	0,04	0,02	0,02	0,02
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	5,69	5,69	2,21	1,01	0,68	1,58
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	46,29	40,08	8,50	2,75	0,86	2,87
Qth=Qvh	KN/m	5,69	5,69	2,21	1,01	0,68	1,58
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	46,64	40,48	8,79	2,93	1,10	3,27
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	139,92	121,45	26,36	8,78	3,30	9,82
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	46,64	40,48	8,79	2,93	1,10	3,27
B) RESULTADOS DEL CÁLCULO							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.806,00	1.806,00	699,20	316,00	211,10	498,00
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.829,00	711,20	324,00	219,10	508,00
Diámetro medio (Dm)	mm	1.817,50	1.817,50	705,20	320,00	215,10	503,00
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	11,50	6,00	4,00	4,00	5,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B,0: LONGITUD PREVIA MAXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	50,69	53,14	27,62	15,79	14,72	25,76
q = Carga lineal	N/m	46.639,43	40.483,69	8.786,87	2.928,31	1.098,66	3.273,78
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,027114	0,027114	0,000826	0,000051	0,000016	0,000250
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	17,29	17,29	23,20	33,95	50,21	27,07
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Coef.seguridad Pr/Pt		879,94	879,94	1.180,67	1.727,77	2.554,98	1.377,45
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,06	0,06	0,14	0,45	1,48	0,23
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,029	0,029	0,071	0,225	0,742	0,113
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,027114	0,027114	0,000826	0,000051	0,000016	0,000250
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	46.639,43	40.483,69	8.786,87	2.928,31	1.098,66	3.273,78
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,001	0,011	0,057	0,071	0,013
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,001	0,011	0,057	0,071	0,013
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,46%	0,46%	1,17%	2,57%	3,80%	1,64%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		4.823,15	5.556,53	780,24	145,85	118,09	633,30
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO							
D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	10,81	10,81	0,91	0,09	0,02	0,34
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	5.081	5.081	1.031	313	212	614
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	884,70	884,70	461,58	307,72	307,72	384,65

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	1,27E-07	1,27E-07	1,80E-08	5,33E-09	5,33E-09	1,04E-08
Deformación % = D/ Dext		0,59%	0,59%	0,13%	0,03%	0,01%	0,07%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	37,91	32,91	24,46	16,61	5,56	12,62
q=carga lineal (N/m)		46.639,43	40.483,69	8.786,87	2.928,31	1.098,66	3.273,78
*R=q*L/2*		69.959,15	60.725,54	13.180,30	4.392,47	1.647,99	4.910,67
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	60,73	13,18	4,39	1,65	4,91
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	60,73	13,18	4,39	1,65	4,91
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	156,26	156,26	116,46	79,58	53,82	99,82
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,18	1,02	2,84	6,91	5,77	2,50
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	34,98	30,36	6,59	2,20	0,82	2,46
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-34,98	-30,36	-6,59	-2,20	-0,82	-2,46
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	78,15	72,99	56,41	43,42	24,79	40,07
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	78.154,20	72.994,99	56.409,77	43.415,20	24.786,59	40.072,50
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		1,76	1,88	2,44	3,17	5,55	3,43
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

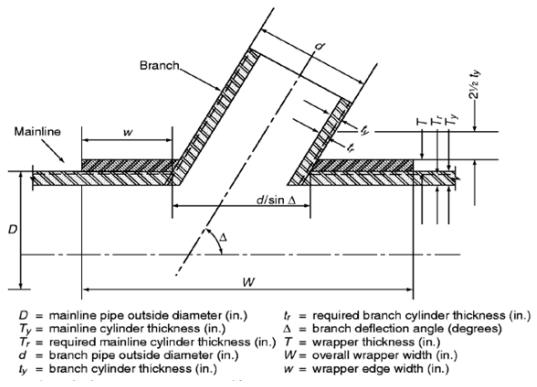
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería

σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	78.154,20	72.994,99	56.409,77	43.415,20	24.786,59	40.072,50
σ_a=Tensión axial =(qt+0,5)*σ_{c+ot}	kN/m^2	138.123,36	133.995,99	120.727,81	110.332,16	95.429,27	107.658,00
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	119.963,41	116.198,79	104.628,10	96.270,31	85.765,70	94.243,97
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,29	2,37	2,63	2,86	3,21	2,92
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,15	1,18	1,31	1,43	1,60	1,46
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-12: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

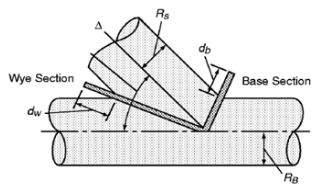
	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a bypass-1 o desagüe-1 (DN=300mm)				T- Toma DN2 a boca hombre				T- Toma DN2 a derivación toma DN2				T en Toma DN1 - bypass (300mm)			
	pieza T 1829/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275				pieza T 711,2/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275				pieza T 711,2/258 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	711	in	28,000	mm	711	in	28,000
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	711	in	28,000	mm	323	in	12,717	mm	812,8	in	32,000	mm	711	in	28,000	mm	258	in	10,157
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																				
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				3.042,98				627,65				3.974,50				7.825,66				1.029,86
d/D=				0,39				0,18				0,44				1,00				0,36
Refuerzo recomendado		Se opta por ALA Monja		babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				Ala monja				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00033				0,00159				0,00025								0,00097
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00								1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	13,07	in	0,515	mm	13,07	in	0,515	mm	13,07	in	0,515					mm	5,08	in	0,200
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	5,08	in	0,200	mm	2,31	in	0,091	mm	5,81	in	0,229					mm	1,84	in	0,073
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	9.137,87	in2	14,16	mm2	4.116,75	in2	6,38	mm2	10.465,68	in2	16,22					mm2	1.270,46	in2	1,97
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	-1.069,53	in2	-1,658	mm2	-460,41	in2	-0,714	mm2	-1.250,72	in2	-1,939					mm2	272,67	in2	0,423
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	10.207,40	in2	15,82	mm2	4.577,15	in2	7,09	mm2	11.716,40	in2	18,16					mm2	997,79	in2	1,55
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																				
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	355,60	in	14,00	mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00					mm	129,00	in	5,08
T=esp. Min=Aw/2w	mm	14,35	in	0,565	mm	14,17	in	0,558	mm	14,41	in	0,568					mm	3,87	in	0,152
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.187,70	in	46,76	mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44					mm	430,86	in	16,96
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.422,40	in	56,00	mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00					mm	516,00	in	20,31
Selección de espesores																				
Espesor de chapa seleccionado	mm	14,50	in	0,571	mm	14,50	in	0,571	mm	14,50	in	0,571					mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	351,98	in	13,857	mm	157,83	in	6,214	mm	404,01	in	15,906					mm	76,75	in	3,022
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	237,07	in	9,333	mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667					mm	86,00	in	3,386
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	1.415,16	in	55,715	mm	638,67	in	25,144	mm	1.620,83	in	63,812					mm	411,51	in	16,201
Resumen																				
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**14,50**				**14,50**				**14,50**								**6,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.500**				**700**				**1.700**								**500**		
W=Ancho de corona (mm)		**400**				**190**				**450**								**130**		

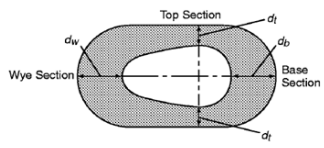
TOMA-12: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

	T- principal DN3 a bypass-1 o desagüe-1 (DN=300mm)				T- principal DN3 a boca hombre			
	pieza T 1829/323 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	813	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4	in	0,157	mm	6	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				627,65				3.974,50
d/D=				0,18				0,44
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00159				0,00025
M=M1*PDV				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	13,07	in	0,515	mm	13,07	in	0,515
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	2,31	in	0,091	mm	5,81	in	0,229
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	4.116,75	in2	6,38	mm2	10.465,68	in2	16,22
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	-460,41	in2	-0,714	mm2	-1.250,72	in2	-1,939
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	4.577,15	in2	7,09	mm2	11.716,40	in2	18,16
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	14,17	in	0,558	mm	14,41	in	0,568
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores								
Espesor de chapa seleccionado	mm	14,50	in	0,571	mm	15,00	in	0,591
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	157,83	in	6,214	mm	390,55	in	15,376
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	638,67	in	25,144	mm	1.593,89	in	62,752
Resumen								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**14,50**				**15,00**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**700**				**1.600**		
W=Ancho de corona (mm)		**190**				**400**		

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1829/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275***





	T- Toma DN2 a derivación DN3			
	pieza T 1829/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	12	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	711	in	28,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= mm 1.498,60 in 59

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.498,60	in	59,00
db=Nb x d	mm	1.498,60	in	59,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,39
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,55
Qb			Grafico-3	0,55
d´w=dw x qw	mm	824,23	in	32,45
d´b=db x Qb	mm	824,23	in	32,45

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	524,64	in	20,66
d´b (ajustado)=	mm	524,64	in	20,66
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

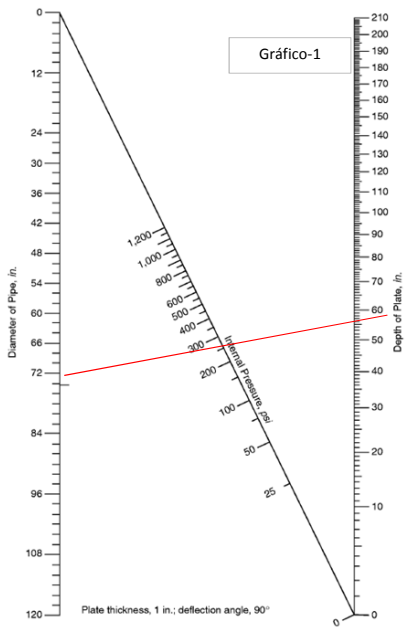
Paso-5: Cálculo de dt

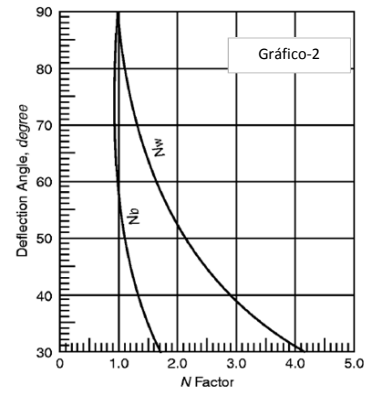
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

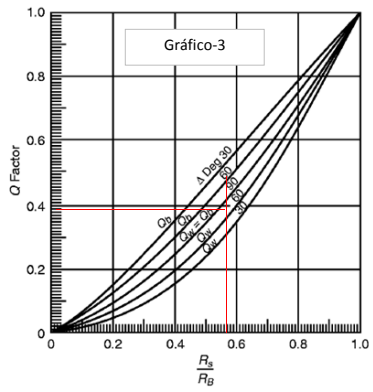
d´b (ajustado)=	mm	524,64	in	20,66
Nº platos del gráfico				2,00
Ángulo				45,00
Gráfico d´t=	mm	279,40	in	11,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	540,00
Ala (db)	mm	540,00
Ala (dt)	mm	280,00
espesor(t)	mm	50,00







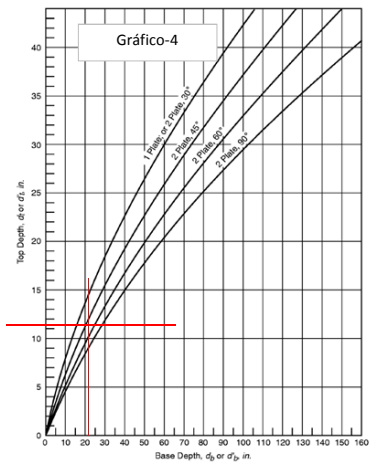
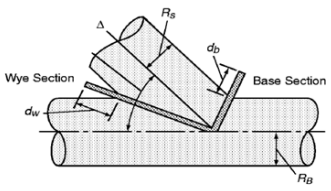
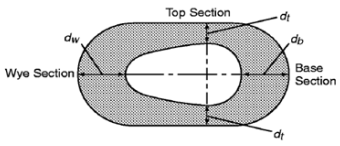


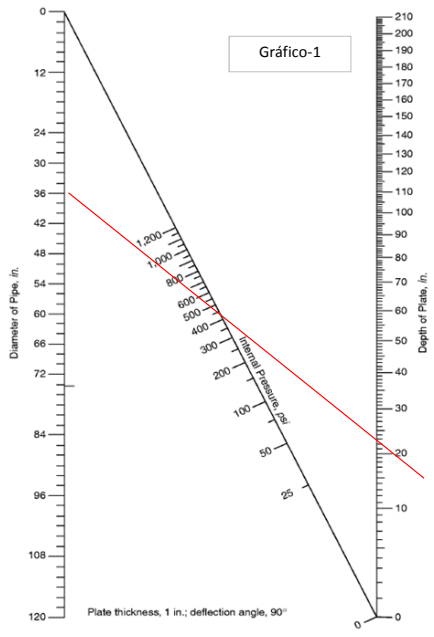
Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 711,2/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275***







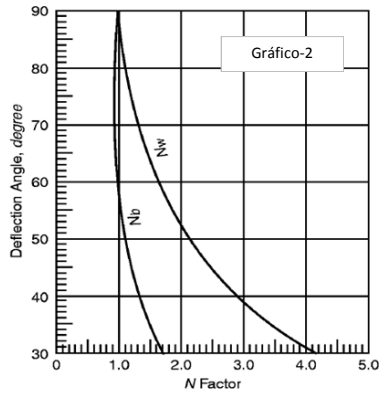
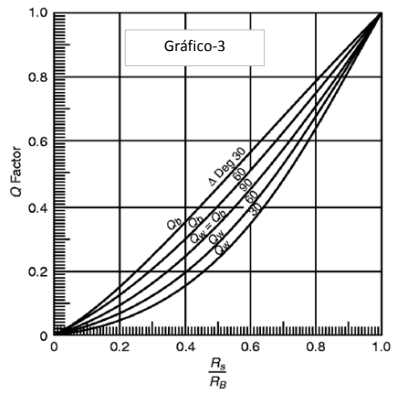
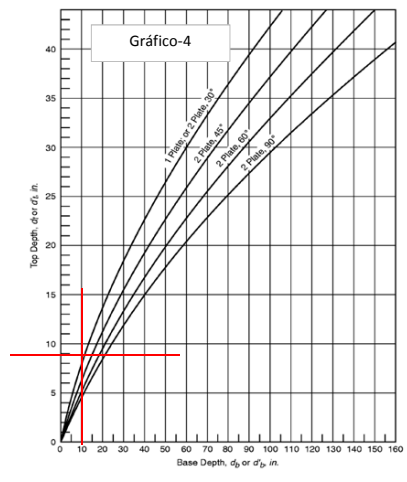


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





	T- Toma DN2 a derivación DN3			
	pieza T 711,2/711,2 en 90º PMD=19,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	711	in	28,000
Ty=esp. Tubería	mm	6,00	in	0,236
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	711	in	28,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	19,65	PSI	279,49
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	381,00	in	15

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	381,00	in	15,00
db=Nb x d	mm	381,00	in	15,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	381,00	in	15,00
d´b=db x Qb	mm	381,00	in	15,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	242,51	in	9,55
d´b (ajustado)=	mm	242,51	in	9,55
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	242,51	in	9,55
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo				90,00
Gráfico d´t=	mm	215,90	in	8,50

RESUMEN

Ala (dw)	mm	260,00
Ala (db)	mm	260,00
Ala (dt)	mm	220,00
espesor(t)	mm	50,00

TOMA-13: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub Caudalím.
	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S355, PMD=25,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1829 e=10-S355, PMD=25,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1016 e=9-S355, PMD=25,5Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S355, PMD=25,5Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S355, PMD=25,5Atm	Sin válvulasTub. DN 812,8 e=6-S355, PMD=25,5Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN							
Material de la conducción		S355	S355	S355	S355	S355	S355
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.809,00	998,00	316,00	211,10	800,80
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.829,00	1.016,00	324,00	219,10	812,80
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.819,00	1.007,00	320,00	215,10	806,80
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión	mca	196,05	196,05	196,05	196,05	196,05	196,05
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	254,87	254,87	254,87	254,87	254,87	254,87
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	13,13	13,13	7,29	2,33	1,57	5,84
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	10,97	10,97	6,10	1,94	1,31	4,88
e min por depresión interior	mm	7,30	7,30	4,06	1,29	0,87	3,24
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	9,00	4,00	4,00	6,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00	355,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO							
CONDICIONES DE INSTALACIÓN							
Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	139,27	91,58	66,76	5,86	5,86	19,78
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,87	3,20	13,73	37,56	123,67	7,91
ε =(235/ fy)^0,5		0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Límite de esbletez = d/t <50s^2		159,04	182,90	112,89	81,00	54,78	135,47
Clase-1: 50ε ^2		21,91	21,91	21,91	21,91	21,91	21,91
Clase-1: 70ε ^2		30,67	30,67	30,67	30,67	30,67	30,67
Clase-1: 90ε ^2		39,44	39,44	39,44	39,44	39,44	39,44
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-3
ACCIONES							
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	5,15	4,48	2,23	0,32	0,21	1,19
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	25,62	25,70	7,82	0,78	0,35	5,04
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	9,31	9,31	5,17	1,65	1,12	4,14
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	15,52	15,52	0,06	0,00	0,00	0,00
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	4,84	4,84	3,16	1,01	0,68	2,53
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		60,00	60,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	46,29	45,71	15,23	2,75	1,68	10,37
Qth=Qvh	KN/m	4,84	4,84	3,16	1,01	0,68	2,53
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	46,54	45,96	15,55	2,93	1,81	10,67
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	139,63	137,89	46,66	8,78	5,43	32,02
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	46,54	45,96	15,55	2,93	1,81	10,67
B) RESULTADOS DEL CÁLCULO							
Material de la conducción		S355	S355	S355	S355	S355	S355
Diametro interior (Di)	mm	1.806,00	1.809,00	998,00	316,00	211,10	800,80
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.829,00	1.016,00	324,00	219,10	812,80
Diámetro medio (Dm)	mm	1.817,50	1.819,00	1.007,00	320,00	215,10	806,80
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	9,00	4,00	4,00	6,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	50,72	48,66	37,32	15,79	12,46	29,61
q = Carga lineal	N/m	46.544,39	45.964,48	15.554,26	2.928,31	1.810,76	10.672,18
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,027114	0,023636	0,003609	0,000051	0,000016	0,001237
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50	177,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	22,32	19,41	31,45	43,83	64,81	26,21
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Coef.seguridad Pr/Pt		875,79	761,56	1.233,86	1.719,62	2.542,94	1.028,22
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,12	0,08	0,16	0,45	1,48	0,09
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,058	0,038	0,082	0,225	0,742	0,047
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,027114	0,023636	0,003609	0,000051	0,000016	0,001237
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	46.544,39	45.964,48	15.554,26	2.928,31	1.810,76	10.672,18
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,002	0,004	0,057	0,116	0,009
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,002	0,004	0,057	0,116	0,009
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,46%	0,46%	0,82%	2,57%	3,80%	1,03%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		4.832,99	4.266,13	1.925,14	145,85	71,65	961,98
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO							

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273,0	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508,0	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1.016,0	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1.321,0	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1.524,0	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1.626,0	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1.829,0	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1.930,0	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2.032,0	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

SPÍRA	
SPIRAL	
Nominal Çap	Standa Dış Çap
Nominal Diameter	Standa O.D.
inch mm.	mm.
8 200	219.1
10 250	273.0
12 300	323.9
14 350	355.6
16 400	406.4
18 450	457.2
20 500	508.0
22 550	558.8
24 600	609.6
26 650	660.4
28 700	711.2
30 750	762.0
32 800	812.8
34 850	863.6
36 900	914.4
40 1000	1016.0
44 1100	1118.0
48 1200	1219.0
52 1300	1321.0
56 1400	1422.0
60 1500	1524.0
64 1600	1626.0
68 1700	1727.0
72 1800	1829.0
80 2000	2032.0
88 2200	2235.0
100 2500	2540.0
120 3000	3048.0

D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	10,81	14,29	1,68	0,09	0,02	1,55
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	5.081	4.418	2.209	313	212	1.178
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	884,70	769,30	692,37	307,72	307,72	461,58
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	1,27E-07	8,33E-08	6,08E-08	5,33E-09	5,33E-09	1,80E-08
Deformación % = D/ Dext		0,59%	0,78%	0,17%	0,03%	0,01%	0,19%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	37,83	51,00	19,01	16,61	9,16	30,69
q=carga lineal (N/m)		46.544,39	45.964,48	15.554,26	2.928,31	1.810,76	10.672,18
*R=q*L/2*		69.816,59	68.946,72	23.331,39	4.392,47	2.716,13	16.008,27
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,82	68,95	23,33	4,39	2,72	16,01
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,82	68,95	23,33	4,39	2,72	16,01
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	202,67	233,07	143,86	103,22	69,80	172,63
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,18	1,33	1,64	6,91	9,51	2,63
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	34,91	34,47	11,67	2,20	1,36	8,00
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-34,91	-34,47	-11,67	-2,20	-1,36	-8,00
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	89,68	110,60	56,62	49,32	36,13	76,47
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	89.677,76	110.601,58	56.616,80	49.324,66	36.127,92	76.474,53
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		177.500,00	177.500,00	177.500,00	177.500,00	177.500,00	177.500,00
Coef. Seguridad		1,98	1,60	3,14	3,60	4,91	2,32
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

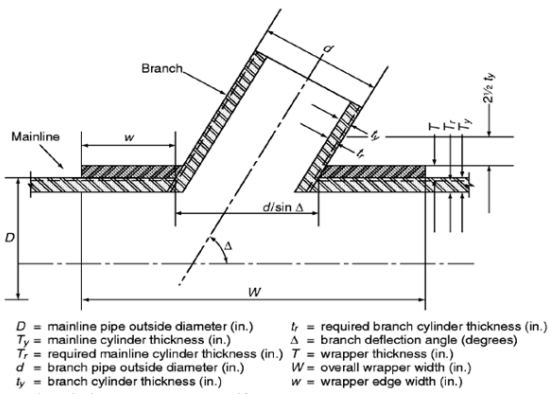
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería

σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	89.677,76	110.601,58	56.616,80	49.324,66	36.127,92	76.474,53
σ_a=Tensión axial =(qt+0,5)*$\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	147.342,21	164.081,26	120.893,44	115.059,73	104.502,34	136.779,62
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	128.602,13	144.940,41	104.766,82	99.981,90	91.926,67	118.730,20
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	177.500,00	177.500,00	177.500,00	177.500,00	177.500,00	177.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,76	2,45	3,39	3,55	3,86	2,99
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,38	1,22	1,69	1,78	1,93	1,49
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-13: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a bypass-1 o desagüe-1 (DN=300mm)				T- Toma DN1 a boca hombre				T- Toma DN2 a derivación DN3				T en Toma DN1 - bypass (300mm)				T en Toma DN1 -paso hombre			
	pieza T 1829/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355				pieza T 1829/323 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355				pieza T 1016/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355				pieza T 1016/323 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355				pieza T 1016/812,8 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829,0	in	72,008	mm	1.016,0	in	40,000	mm	1.016,0	in	40,000	mm	1.016,0	in	40,000
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,5	in	0,453	mm	9,0	in	0,354	mm	9,00	in	0,354	mm	9,00	in	0,354
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016	in	40,000	mm	323	in	12,717	mm	812,8	in	32,000	mm	1.016,0	in	40,000	mm	323,0	in	12,717	mm	812,8	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,00	in	0,354	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	9,00	in	0,354	mm	4,00	in	0,157	mm	10,00	in	0,394
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm 2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm 2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm 2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm 2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm 2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm 2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm 2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm 2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				8.054,72				814,08				5.155,02				14.500,09				1.465,51				9.280,05
d/D=				0,56				0,18				0,44				1,00				0,32				0,80
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-A				Ala monja				babero tabla-B				Ala monja
M1= Coef. Multiplicador								0,00123				0,00025								0,00068				
M=M1*PDV								1,00				1,29								1,00				
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	13,13	in	0,517	mm	13,13	in	0,517					mm	7,29	in	0,287	mm			
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	2,32	in	0,091	mm	5,84	in	0,230					mm	2,32	in	0,091	mm			
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	4.136,24	in2	6,41	mm2	13.551,59	in2	21,01					mm2	2.297,66	in2	3,56	mm2			
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	-480,12	in2	-0,744	mm2	-1.301,11	in2	-2,017					mm2	570,96	in2	0,885	mm2			
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo					mm2	4.616,37	in2	7,16	mm2	14.852,70	in2	23,02					mm2	1.726,70	in2	2,68	mm2			
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00					mm	161,50	in	6,36	mm			
T=esp. Min=Aw/2w					mm	14,29	in	0,563	mm	18,27	in	0,719					mm	5,35	in	0,210	mm			
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44					mm	539,41	in	21,24	mm			
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00					mm	646,00	in	25,43	mm			
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado					mm	14,50	in	0,571	mm	18,50	in	0,728					mm	6,50	in	0,256	mm			
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	159,19	in	6,267	mm	401,42	in	15,804					mm	132,82	in	5,229	mm			
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667					mm	107,67	in	4,239	mm			
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	538,33	in	21,194	mm	1.354,67	in	53,333					mm	538,33	in	21,194	mm			
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**14,50**				**18,50**				**n/a**				**6,50**						
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**1.500**				**n/a**				**600**						
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**350**				**n/a**				**140**						

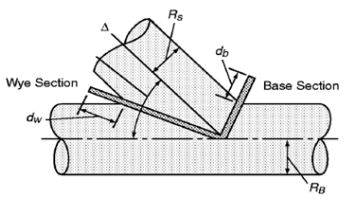
TOMA-13: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

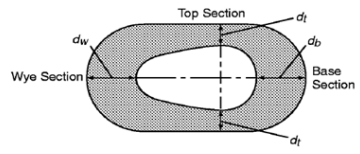
	T- principal DN3 a bypass-1 o desagüe-1 (DN=300mm)				T- principal DN3 a boca hombre			
	pieza T 1829/323 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	813	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4	in	0,157	mm	6	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				814,08				5.155,02
d/D=				0,18				0,44
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-A
M1= Coef. Multiplicador				0,00123				0,00025
M=M1*PDV				1,00				1,29
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	13,13	in	0,517	mm	13,13	in	0,517
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	2,32	in	0,091	mm	5,84	in	0,230
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	4.136,24	in2	6,41	mm2	13.551,59	in2	21,01
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	-952,62	in2	-1,477	mm2	-2.502,31	in2	-3,879
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	5.088,87	in2	7,89	mm2	16.053,90	in2	24,88
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	15,76	in	0,620	mm	19,75	in	0,778
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores								
Espesor de chapa seleccionado	mm	16,00	in	0,630	mm	20,00	in	0,787
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	159,03	in	6,261	mm	401,35	in	15,801
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	641,05	in	25,238	mm	1.615,49	in	63,602
Resumen								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**16,00**				**20,00**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**700**				**1.700**		
W=Ancho de corona (mm)		**190**				**450**		

TOMA-13: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1829/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1829/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016	in	40,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,00	in	0,354
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50
Tipo de acero		Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= mm 1.955,80 in 77

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.955,80	in	77,00
db=Nb x d	mm	1.955,80	in	77,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,56
Requiere ajustar diámetros				sí
Qw			Grafico-3	0,67
Qb			Grafico-3	0,67
d´w=dw x qw	mm	1.310,39	in	51,59
d´b=db x Qb	mm	1.310,39	in	51,59

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	60,00	in	2,36
d´w (ajustado)=	mm	738,58	in	29,08
d´b (ajustado)=	mm	738,58	in	29,08
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

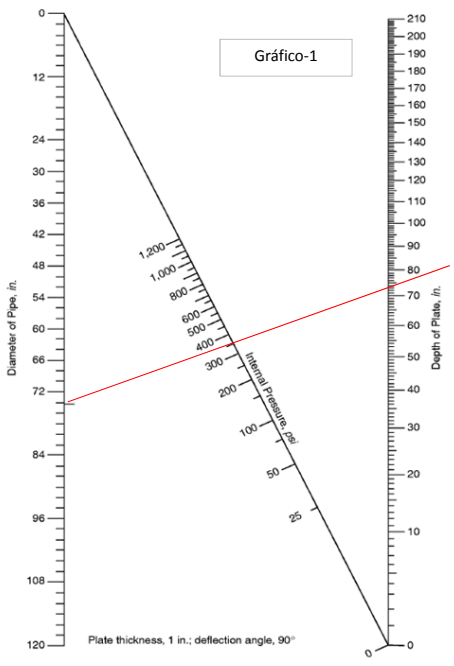
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	738,58	in	29,08
Nº platos del gráfico				2,00
Ángulo	º			45,00
Gráfico d´t=	mm	330,20	in	13,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	740,00
Ala (db)	mm	740,00
Ala (dt)	mm	340,00
espesor(t)	mm	60,00



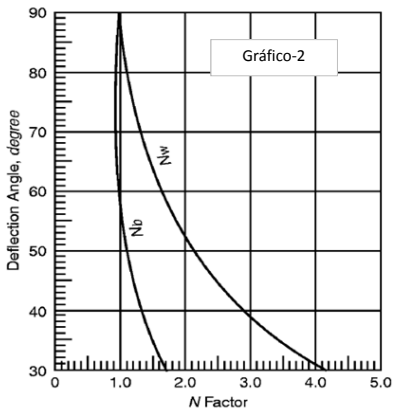
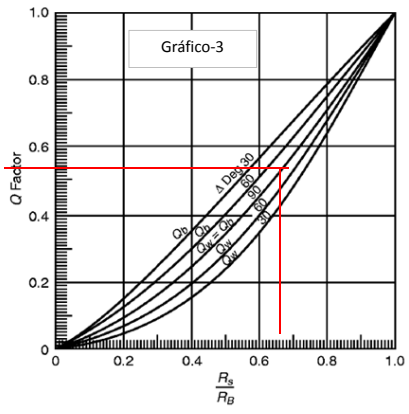
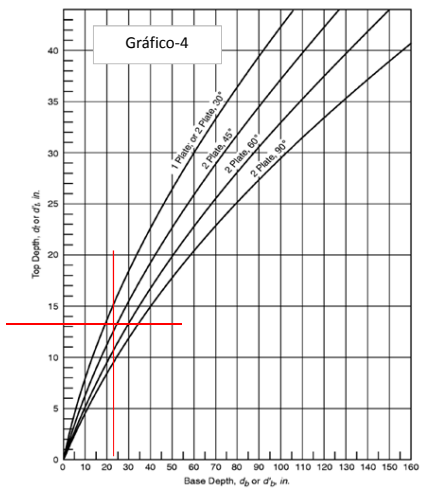


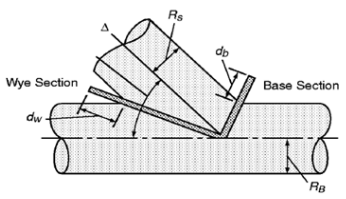
Tabla-1 (grafico-1)

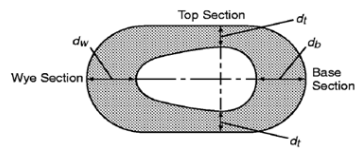
Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1016/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355***





		T- Toma DN2 a derivación DN3		
		pieza T 1016/1016 en 90º PMD=25,5Atm-Acero S355		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.016	in	40,000
Ty=esp. Tubería	mm	9,00	in	0,354
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016	in	40,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	9,00	in	0,354
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	25,49	PSI	362,50
Tipo de acero		Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= mm 622,30 in 24,50

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	622,30	in	24,50
db=Nb x d	mm	622,30	in	24,50

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	622,30	in	24,50
d´b=db x Qb	mm	622,30	in	24,50

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	396,11	in	15,59
d´b (ajustado)=	mm	396,11	in	15,59
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

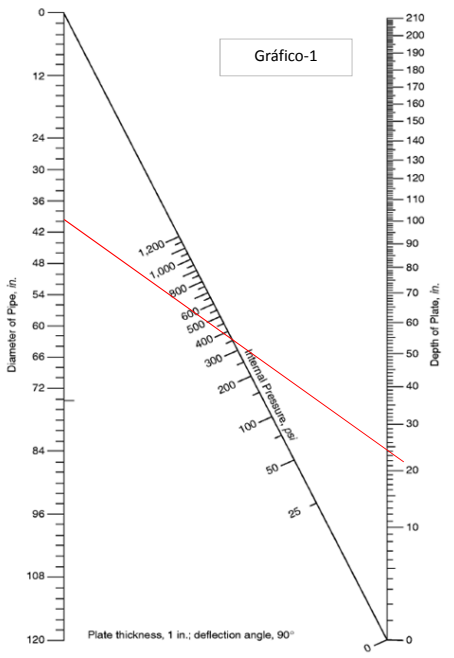
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	396,11	in	15,59
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	317,50	in	12,50

RESUMEN

Ala (dw)	mm	400,00
Ala (db)	mm	400,00
Ala (dt)	mm	320,00
espesor(t)	mm	50,00



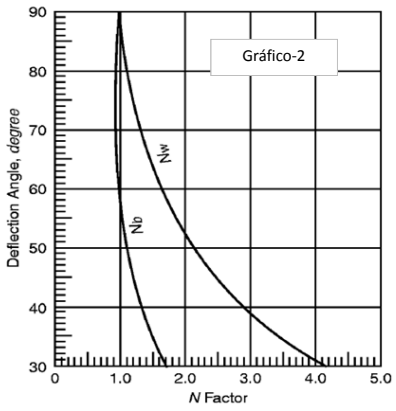
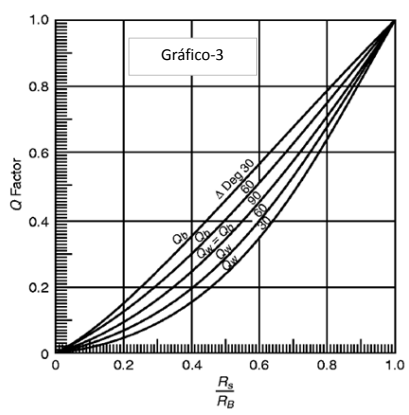
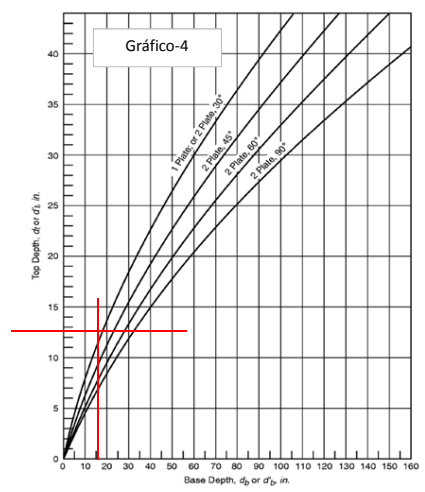


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





TOMA-17: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalím.
	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulasTub. DN 1626 e=10-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulasTub. DN 1016 e=8-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=17,1Atm	Sin válvulasTub. DN 812,8 e=6-S275, PMD=17,1Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.606,00	1.000,00	316,00	211,10	800,80
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.626,00	1.016,00	324,00	219,10	812,80
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.616,00	1.008,00	320,00	215,10	806,80
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión	mca	114,00	114,00	114,00	114,00	114,00	114,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	171,00	171,00	171,00	171,00	171,00	171,00
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	11,37	10,11	6,32	2,01	1,36	5,05
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	10,97	9,76	6,10	1,94	1,31	4,88
e min por depresión interior	mm	7,31	6,50	4,06	1,29	0,88	3,25
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	8,00	4,00	4,00	6,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	########	########
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO

CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	139,27	91,58	46,89	5,86	5,86	19,78
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,87	4,56	9,61	37,56	123,67	7,91
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		159,04	162,60	127,00	81,00	54,78	135,47
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3

ACCIONES

Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	5,15	3,98	1,99	0,32	0,21	1,19
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	25,62	20,26	7,85	0,78	0,35	5,04
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	9,31	8,28	5,17	1,65	1,12	4,14
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	15,52	13,80	0,05	0,00	0,00	0,00
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	5,69	5,05	3,16	1,01	0,68	2,53
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	46,29	38,04	15,02	2,75	1,68	10,37
Qth=Qvh	KN/m	5,69	5,05	3,16	1,01	0,68	2,53
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	46,64	38,37	15,34	2,93	1,81	10,67
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	139,92	115,12	46,03	8,78	5,43	32,02
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	46,64	38,37	15,34	2,93	1,81	10,67

B) RESULTADOS DEL CÁLCULO

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.806,00	1.606,00	1.000,00	316,00	211,10	800,80
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.626,00	1.016,00	324,00	219,10	812,80
Diámetro medio (Dm)	mm	1.817,50	1.616,00	1.008,00	320,00	215,10	806,80
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	8,00	4,00	4,00	6,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	50,69	45,91	36,08	15,79	12,46	29,61
q = Carga lineal	N/m	46.639,43	38.374,82	15.343,94	2.928,31	1.810,76	10.672,18
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,027114	0,016573	0,003218	0,000051	0,000016	0,001237
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	17,29	16,91	21,65	33,95	50,21	20,30
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Coef.seguridad Pr/Pt		1.011,16	989,04	1.266,29	1.985,42	2.935,99	1.187,15
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,12	0,11	0,12	0,45	1,48	0,09
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,058	0,055	0,058	0,225	0,742	0,047
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,027114	0,016573	0,003218	0,000051	0,000016	0,001237
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	46.639,43	38.374,82	15.343,94	2.928,31	1.810,76	10.672,18
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,002	0,005	0,057	0,116	0,009
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,002	0,005	0,057	0,116	0,009
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,46%	0,51%	0,82%	2,57%	3,80%	1,03%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		4.823,15	3.582,94	1.739,83	145,85	71,65	961,98

B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO

D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	10,81	8,93	2,13	0,09	0,02	1,55
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	5.081	3.928	1.963	313	212	1.178
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	884,70	769,30	615,44	307,72	307,72	461,58
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	1,27E-07	8,33E-08	4,27E-08	5,33E-09	5,33E-09	1,80E-08
Deformación % = D/ Dext		0,59%	0,55%	0,21%	0,03%	0,01%	0,19%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	37,91	41,46	24,44	16,61	9,16	30,69
q=carga lineal (N/m)		46.639,43	38.374,82	15.343,94	2.928,31	1.810,76	10.672,18
*R=q*L/2*		69.959,15	57.562,23	23.015,91	4.392,47	2.716,13	16.008,27
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	57,56	23,02	4,39	2,72	16,01
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	57,56	23,02	4,39	2,72	16,01
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	135,98	139,02	108,59	69,26	46,83	115,82
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71	1,71
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,18	1,41	1,82	6,91	9,51	2,63
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	34,98	28,78	11,51	2,20	1,36	8,00
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-34,98	-28,78	-11,51	-2,20	-1,36	-8,00
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	73,08	77,63	53,40	40,83	30,39	62,27
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	73.084,69	77.628,79	53.398,52	40.833,33	30.385,79	62.273,39
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	########	########
Coef. Seguridad		1,88	1,77	2,57	3,37	4,53	2,21
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

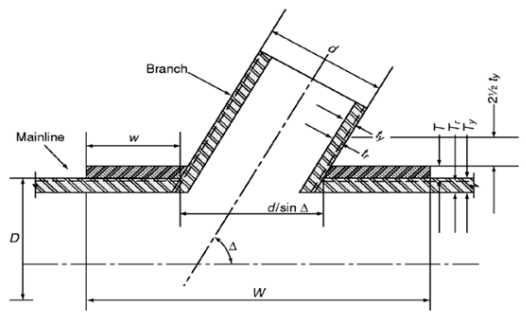
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería

σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	73.084,69	77.628,79	53.398,52	40.833,33	30.385,79	62.273,39
σ_a=Tensión axial =(qt+0,5)*$\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	134.067,75	137.703,04	118.318,81	108.266,66	99.908,63	########
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	########	########
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	116.263,64	119.576,90	102.628,91	94.700,28	88.708,67	########
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	########	########
Coef. Seguridad resultante		2,37	2,30	2,68	2,90	3,10	2,53
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,18	1,15	1,34	1,45	1,55	1,27
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-17: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a bypass-1 o desagüe-1 (DN=300mm)				T- Toma DN2 a boca hombre				T- Toma DN2 a derivación				T en Toma DN1 - bypass			
	pieza T 1829/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275				pieza T 1016/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275				pieza T 1016/219,1 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829,00	in	72,008	mm	1.829,00	in	72,008	mm	1.829,00	in	72,008	mm	1.016,00	in	40,000	mm	1.016,00	in	40,000
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	8,00	in	0,315	mm	8,00	in	0,315
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016,00	in	40,000	mm	323,00	in	12,717	mm	812,80	in	32,000	mm	1.016,00	in	40,000	mm	219,10	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8,00	in	0,315	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	8,00	in	0,315	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	17,10	PSI	243,22	Atm= Kg/cm2	17,10	PSI	243,22	Atm= Kg/cm2	17,10	PSI	243,22	Atm= Kg/cm2	17,10	PSI	243,22	Atm= Kg/cm2	17,10	PSI	243,22
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																				
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				5.404,26				546,20				3.458,73				9.728,74				452,43
d/D=				0,56				0,18				0,44				1,00				0,22
Refuerzo recomendado				babero tabla-A				babero tabla-B				babero tabla-B				Ala monja				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00025				0,00183				0,00029								0,00221
M=M1*PDV				1,35				1,00				1,00								1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	11,37	in	0,448	mm	11,37	in	0,448	mm	11,37	in	0,448					mm	6,32	in	0,249
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	6,32	in	0,249	mm	2,01	in	0,079	mm	5,05	in	0,199					mm	1,36	in	0,054
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	15.365,74	in2	23,82	mm2	3.582,51	in2	5,55	mm2	9.107,54	in2	14,12					mm2	1.333,66	in2	2,07
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	194,24	in2	0,301	mm2	79,82	in2	0,124	mm2	130,03	in2	0,202					mm2	407,89	in2	0,632
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	15.171,51	in2	23,52	mm2	3.502,69	in2	5,43	mm2	8.977,51	in2	13,92					mm2	925,77	in2	1,43
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																				
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	508,00	in	20,00	mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00					mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	14,93	in	0,588	mm	10,84	in	0,427	mm	11,05	in	0,435					mm	4,23	in	0,166
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.696,72	in	66,80	mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44					mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	2.032,00	in	80,00	mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00					mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																				
Espesor de chapa seleccionado	mm	15,00	in	0,591	mm	11,00	in	0,433	mm	11,50	in	0,453					mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	505,72	in	19,910	mm	159,21	in	6,268	mm	390,33	in	15,367					mm	71,21	in	2,804
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	338,67	in	13,333	mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667					mm	73,03	in	2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	1.693,33	in	66,667	mm	538,33	in	21,194	mm	1.354,67	in	53,333					mm	365,17	in	14,377
Resumen																				
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**15,00**				**11,00**				**11,50**				**n/a**				**6,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.900**				**600**				**1.500**				**n/a**				**500**		
W=Ancho de corona (mm)		**450**				**140**				**350**				**n/a**				**150**		

TOMA-17: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

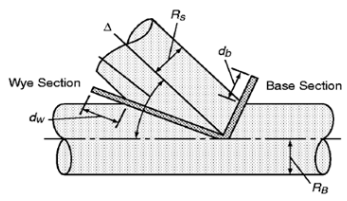
	T- principal DN3 a bypass				T- principal DN3 a boca hombre			
	pieza T 1626/323 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275				pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	in	64,016	mm	1.626	in	64,016
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	813	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4	in	0,157	mm	6	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	17,10	PSI	243,22	Atm= Kg/cm2	17,10	PSI	243,22
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				614,39				3.890,54
d/D=				0,20				0,50
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00163				0,00026
M=M1*PDV				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	10,11	in	0,398	mm	10,11	in	0,398
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	2,01	in	0,079	mm	5,05	in	0,199
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	3.184,89	in2	4,94	mm2	8.096,70	in2	12,55
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	4,94	in2	0,008	mm2	-60,32	in2	-0,094
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	3.179,95	in2	4,93	mm2	8.157,02	in2	12,64
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	9,85	in	0,388	mm	10,04	in	0,395
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores								
Espesor de chapa seleccionado	mm	10,00	in	0,394	mm	12,00	in	0,472
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	159,00	in	6,260	mm	339,88	in	13,381
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	641,00	in	25,236	mm	1.492,55	in	58,762

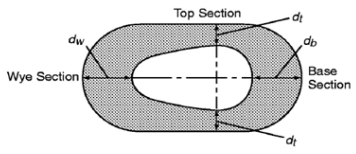
Resumen

Espesor de chapa seleccionado (mm)	**10,00**	**12,00**
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	**700**	**1.500**
W=Ancho de corona (mm)	**190**	**350**

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1829/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275***





	T- Toma DN1 a derivación DN2 pieza T 1829/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016	in	40,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8,00	in	0,315
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	17,10	PSI	243,22
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= | mm | 1.346,20 | in | 53

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.346,20	in	53,00
db=Nb x d	mm	1.346,20	in	53,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,56
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,65
Qb			Grafico-3	0,65
d´w=dw x qw	mm	875,03	in	34,45
d´b=db x Qb	mm	875,03	in	34,45

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	556,97	in	21,93
d´b (ajustado)=	mm	556,97	in	21,93
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

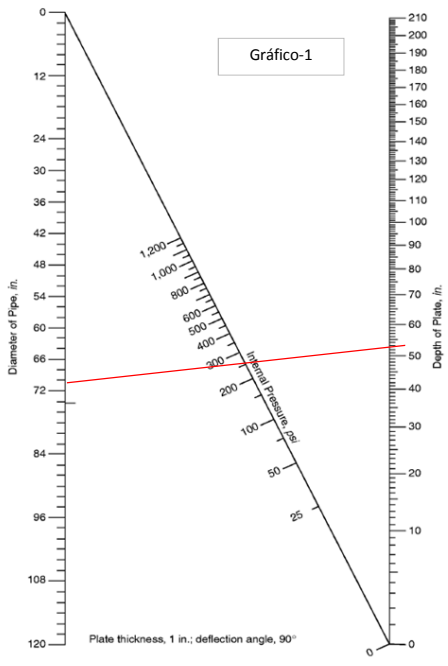
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	556,97	in	21,93
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	355,60	in	14,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	560,00
Ala (db)	mm	560,00
Ala (dt)	mm	360,00
espesor(t)	mm	50,00



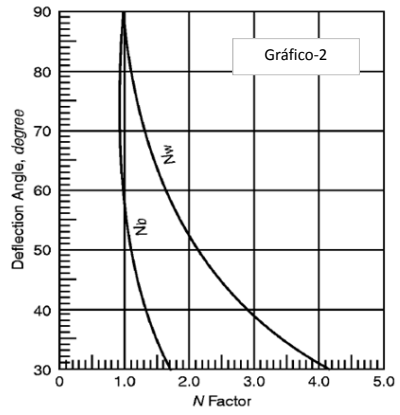
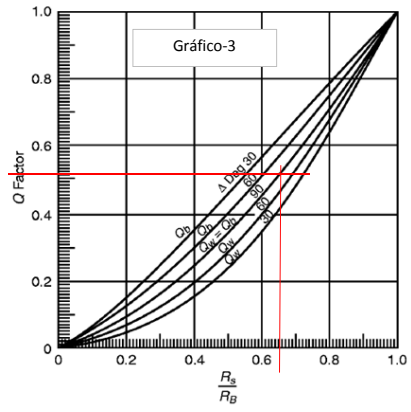
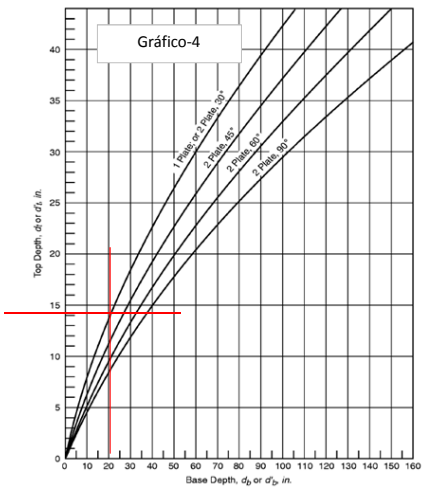


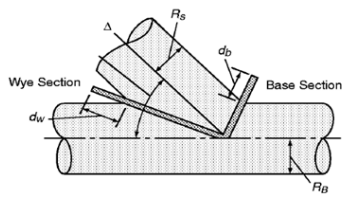
Tabla-1 (grafico-1)

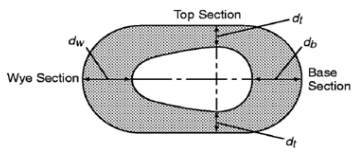
Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1016/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275***





	T- Toma DN1 a derivación DN2 pieza T 1016/1016 en 90º PMD=17,1Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.016	in	40,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.016	in	40,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8,00	in	0,315
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	17,10	PSI	243,22
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= | mm | 419,10 | in | 17

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	419,10	in	16,50
db=Nb x d	mm	419,10	in	16,50

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	419,10	in	16,50
d´b=db x Qb	mm	419,10	in	16,50

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	266,76	in	10,50
d´b (ajustado)=	mm	266,76	in	10,50
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

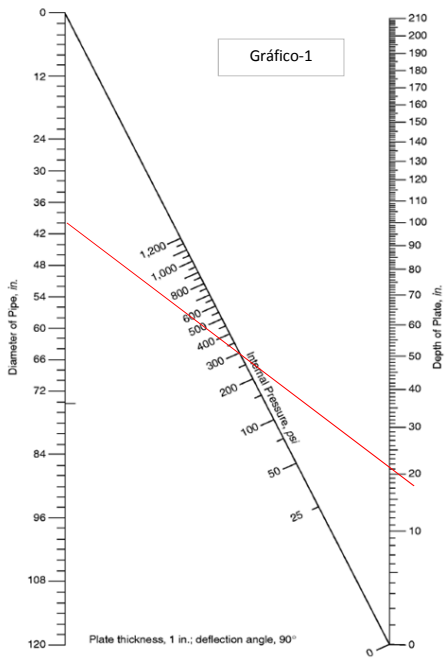
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	266,76	in	10,50
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	241,30	in	9,50

RESUMEN

Ala (dw)	mm	280,00
Ala (db)	mm	280,00
Ala (dt)	mm	260,00
espesor(t)	mm	50,00



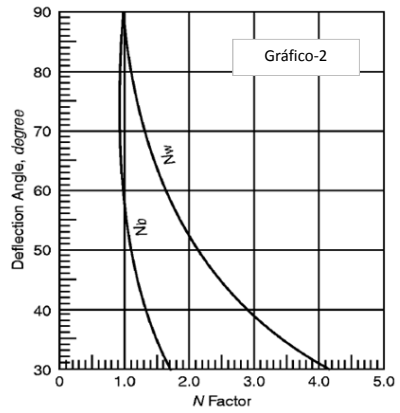
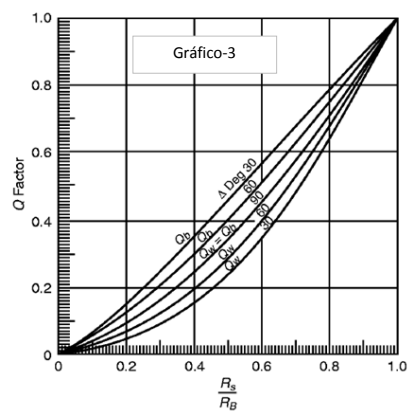
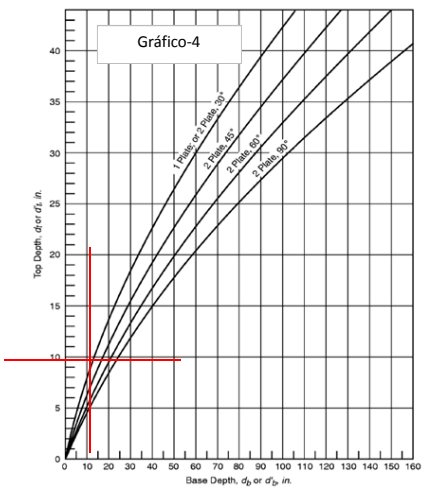


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





TOMA-18: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro
	Sin válvulasTub. DN 1623 e=10-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1623 e=11,5-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=8-S275, PMD=16,5Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.603,00	1.806,00	1.600,00	316,00	211,10	1.305,00
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.623,00	1.829,00	1.623,00	324,00	219,10	1.321,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.613,00	1.817,50	1.611,50	320,00	215,10	1.313,00
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,10	mca	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	165,10	165,10	165,10	165,10	165,10	165,10
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	9,74	10,98	9,74	1,95	1,32	7,93
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	9,74	10,97	9,74	1,94	1,31	7,93
e min por depresión interior	mm	6,49	7,31	6,49	1,29	0,88	5,28
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	10,00	11,50	11,50	4,00	4,00	8,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO

CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	91,58	139,27	139,27	5,86	5,86	46,89
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,58	4,87	6,99	37,56	123,67	4,35
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		162,30	159,04	141,13	81,00	54,78	165,13
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3
ACCIONES							
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	3,98	5,15	4,57	0,32	0,21	2,59
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	20,18	25,62	20,11	0,78	0,35	13,38
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	8,26	9,31	8,26	1,65	1,12	6,73
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	13,77	15,52	0,08	0,02	0,01	11,21
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	4,30	4,84	5,05	1,01	0,68	3,50
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		60,00	60,00	65,00	65,00	65,00	60,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	37,93	46,29	32,94	2,75	1,68	27,18
Qth=Qvh	KN/m	4,30	4,84	5,05	1,01	0,68	3,50
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	38,17	46,54	33,32	2,93	1,81	27,40
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	114,52	139,63	99,97	8,78	5,43	82,20
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	38,17	46,54	33,32	2,93	1,81	27,40

B) RESULTADOS DEL CÁLCULO

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.603,00	1.806,00	1.600,00	316,00	211,10	1.305,00
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.623,00	1.829,00	1.623,00	324,00	219,10	1.321,00
Diámetro medio (Dm)	mm	1.613,00	1.817,50	1.611,50	320,00	215,10	1.313,00
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	10,00	11,50	11,50	4,00	4,00	8,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	45,90	50,72	50,27	15,79	12,46	38,74
q = Carga lineal	N/m	38.174,84	46.544,39	33.323,03	2.928,31	1.810,76	27.400,37
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,016481	0,027114	0,018900	0,000051	0,000016	0,007111
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	16,94	17,29	19,49	33,95	50,21	16,65
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Coef.seguridad Pr/Pt		1.026,28	1.047,30	1.180,23	2.056,37	3.040,91	1.008,73
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,11	0,12	0,08	0,45	1,48	0,10
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,055	0,058	0,042	0,225	0,742	0,052
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,016481	0,027114	0,018900	0,000051	0,000016	0,007111
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	38.174,84	46.544,39	33.323,03	2.928,31	1.810,76	27.400,37
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,002	0,002	0,057	0,116	0,004
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,002	0,002	0,057	0,116	0,004
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,51%	0,46%	0,51%	2,57%	3,80%	0,63%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		3.581,69	4.832,99	4.705,56	145,85	71,65	2.153,22
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO							

D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	8,86	10,81	6,70	0,09	0,02	6,08
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	3.921	5.081	4.509	313	212	2.553
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	769,30	884,70	884,70	307,72	307,72	615,44
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	8,33E-08	1,27E-07	1,27E-07	5,33E-09	5,33E-09	4,27E-08
Deformación % = D/ Dext		0,55%	0,59%	0,41%	0,03%	0,01%	0,46%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	41,23	37,83	26,34	16,61	9,16	46,42
q=carga lineal (N/m)		38.174,84	46.544,39	33.323,03	2.928,31	1.810,76	27.400,37
*R=q*L/2*		57.262,26	69.816,59	49.984,55	4.392,47	2.716,13	41.100,55
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	57,26	69,82	49,98	4,39	2,72	41,10
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	57,26	69,82	49,98	4,39	2,72	41,10
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	133,98	131,29	116,50	66,87	45,22	136,31
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,41	1,18	1,07	6,91	9,51	1,91
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	28,63	34,91	24,99	2,20	1,36	20,55
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-28,63	-34,91	-24,99	-2,20	-1,36	-20,55
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	76,13	71,83	56,54	40,24	29,98	82,41
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	76.132,08	71.832,09	56.538,76	40.235,95	29.981,82	82.406,00
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		1,81	1,91	2,43	3,42	4,59	1,67
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

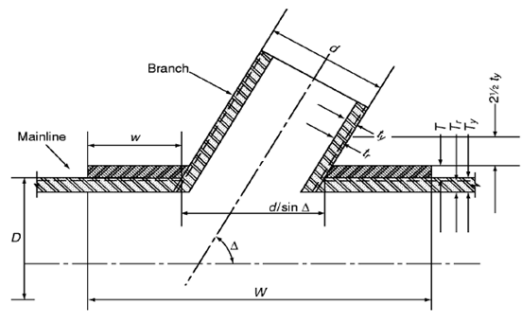
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería

σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	76.132,08	71.832,09	56.538,76	40.235,95	29.981,82	82.406,00
σ_a=Tensión axial =(qt+0,5)*$\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	136.505,67	133.065,67	120.831,01	107.788,76	99.585,46	141.524,80
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	118.479,66	115.360,03	104.714,51	94.341,75	88.489,66	123.115,90
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,32	2,38	2,63	2,91	3,11	2,23
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,16	1,19	1,31	1,46	1,55	1,12
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-18: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

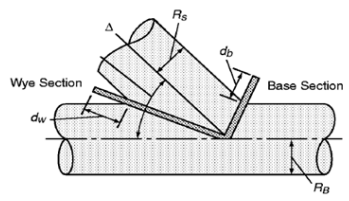
	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a bypass-1 o desagüe				T- Toma DN2 a boca hombre				T- Toma DN2 a derivación				T en Toma DN1 - bypass			
	pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1623/323 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1623/812,8 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1623/219,1 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.623,00	in	63,898	mm	1.623,00	in	63,898	mm	1.623,00	in	63,898	mm	1.623,00	in	63,898	mm	1.623,00	in	63,898
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.623,00	in	63,898	mm	323,00	in	12,717	mm	812,80	in	32,000	mm	1.623,00	in	63,898	mm	219,10	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,50	in	0,453	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	11,50	in	0,453	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																				
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				15.004,87				594,29				3.763,25				15.004,87				273,45
d/D=				1,00				0,20				0,50				1,00				0,13
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B				Ala monja				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador								0,00168				0,00027								0,00366
M=M1*PDV								1,00				1,00								1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	9,74	in	0,384	mm	9,74	in	0,384					mm	9,74	in	0,384
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,94	in	0,076	mm	4,88	in	0,192					mm	1,32	in	0,052
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	3.069,33	in2	4,76	mm2	7.802,92	in2	12,09					mm2	2.056,94	in2	3,19
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	121,89	in2	0,189	mm2	238,69	in2	0,370					mm2	424,40	in2	0,658
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo					mm2	2.947,44	in2	4,57	mm2	7.564,23	in2	11,72					mm2	1.632,53	in2	2,53
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																				
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00					mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w					mm	9,13	in	0,359	mm	9,31	in	0,366					mm	7,45	in	0,293
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44					mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00					mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																				
Espesor de chapa seleccionado					mm	9,50	in	0,374	mm	9,50	in	0,374					mm	7,50	in	0,295
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	155,13	in	6,107	mm	398,12	in	15,674					mm	108,84	in	4,285
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667					mm	73,03	in	2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	538,33	in	21,194	mm	1.354,67	in	53,333					mm	365,17	in	14,377
Resumen																				
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**9,50**				**9,50**				**n/a**				**7,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**1.500**				**n/a**				**500**		
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**350**				**n/a**				**150**		

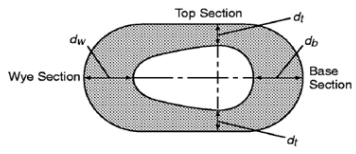
TOMA-18: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

	T- principal DN3 a desagüe				T- principal DN3 a bypass				T- principal DN3 a boca hombre			
	pieza T 1829/323 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829,00	in	72,008	mm	1.829,00	in	72,008	mm	1.829,00	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323,00	in	12,717	mm	219,10	in	8,626	mm	812,80	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo												
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				527,36				242,65				3.339,39
d/D=				0,18				0,12				0,44
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00190				0,00412				0,00030
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	10,98	in	0,432	mm	10,98	in	0,432	mm	10,98	in	0,432
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,94	in	0,076	mm	1,32	in	0,052	mm	4,88	in	0,192
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	3.458,91	in2	5,36	mm2	2.318,02	in2	3,59	mm2	8.793,31	in2	13,63
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	204,81	in2	0,317	mm2	163,33	in2	0,253	mm2	449,50	in2	0,697
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	3.254,09	in2	5,04	mm2	2.154,69	in2	3,34	mm2	8.343,80	in2	12,93
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)												
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	10,07	in	0,397	mm	9,83	in	0,387	mm	10,27	in	0,404
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores												
Espesor de chapa seleccionado	mm	10,50	in	0,413	mm	10,00	in	0,394	mm	10,50	in	0,413
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	154,96	in	6,101	mm	107,73	in	4,242	mm	397,32	in	15,643
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67	in	4,239	mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	632,91	in	24,918	mm	434,57	in	17,109	mm	1.607,45	in	63,285
Resumen												
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**10,50**				**10,00**				**10,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**700**				**500**				**1.700**		
W=Ancho de corona (mm)		**190**				**150**				**450**		

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275***





	T- Toma DN1 a derivación DN2			
	pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.623	in	63,898
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.623	in	63,898
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,50	in	0,453
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= — mm 1.016,00 in **40**

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.016,00	in	40,00
db=Nb x d	mm	1.016,00	in	40,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	0,57
Qb			Grafico-3	0,57
d´w=dw x qw	mm	579,12	in	22,80
d´b=db x Qb	mm	579,12	in	22,80

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
d´b (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

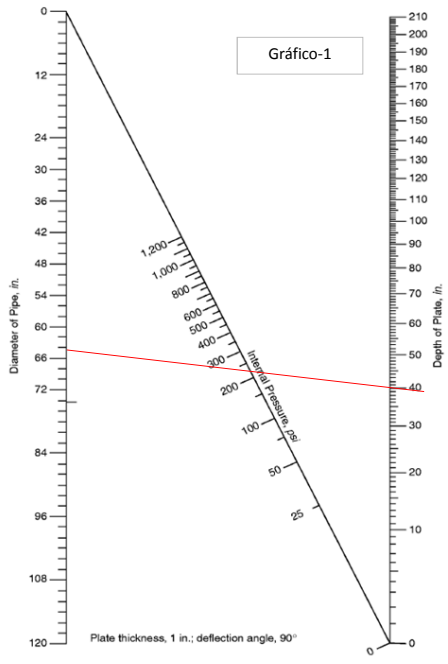
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	292,10	in	11,50

RESUMEN

Ala (dw)	mm	380,00
Ala (db)	mm	380,00
Ala (dt)	mm	300,00
espesor(t)	mm	50,00



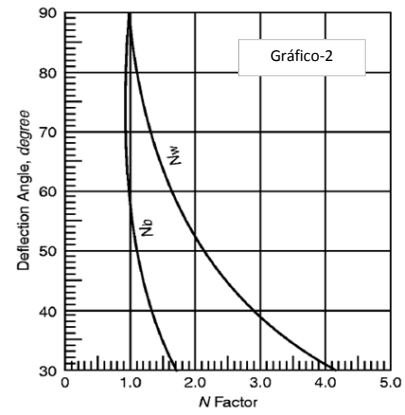
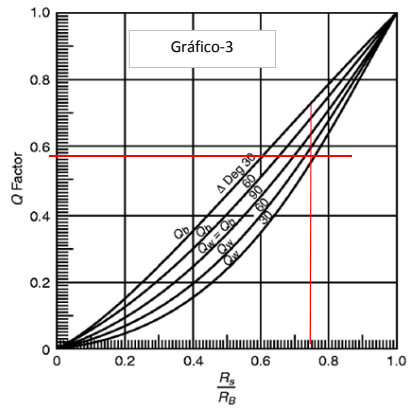
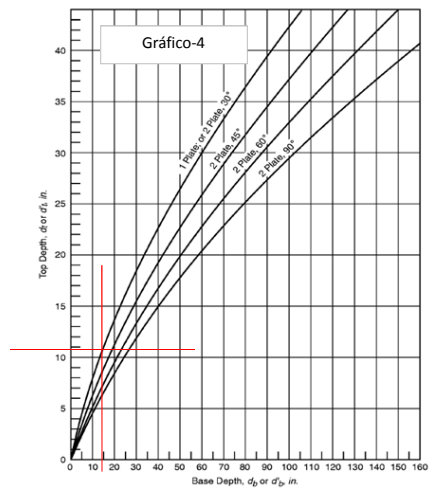


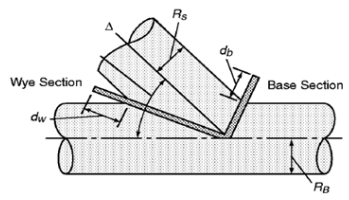
Tabla-1 (grafico-1)

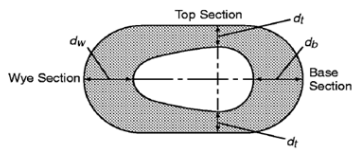
Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275***





	T- Toma DN1 a derivación DN2			
	pieza T 1623/1623 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.623	in	63,898
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.623	in	63,898
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,50	in	0,453
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= — mm 1.016,00 in **40**

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.016,00	in	40,00
db=Nb x d	mm	1.016,00	in	40,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	0,57
Qb			Grafico-3	0,57
d´w=dw x qw	mm	579,12	in	22,80
d´b=db x Qb	mm	579,12	in	22,80

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
d´b (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

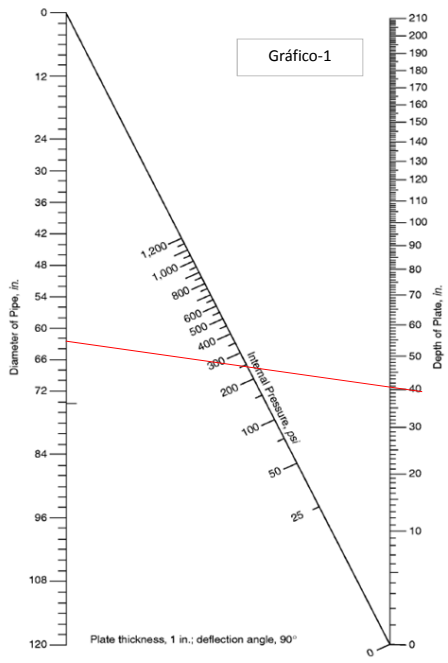
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	292,10	in	11,50

RESUMEN

Ala (dw)	mm	380,00
Ala (db)	mm	380,00
Ala (dt)	mm	300,00
espesor(t)	mm	50,00



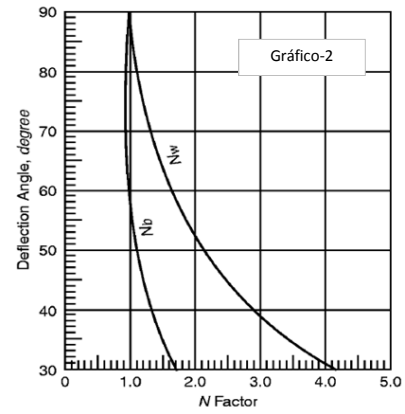
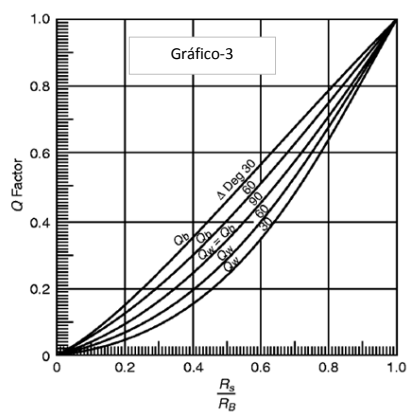
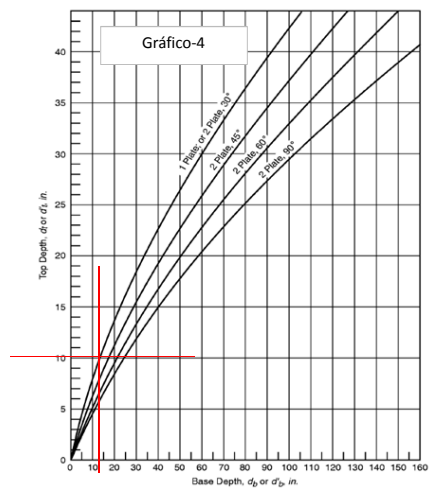


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





TOMA-19: CÁLCULOS MECÁNICOS

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro
	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1524 e=10-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1524 e=10-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=16,5Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=8-S275, PMD=16,5Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.504,00	1.504,00	316,00	211,10	1.305,00
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.524,00	1.524,00	324,00	219,10	1.321,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.514,00	1.514,00	320,00	215,10	1.313,00
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,15	mca	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00	127,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	165,10	165,10	165,10	165,10	165,10	165,10
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	10,98	9,15	9,15	1,95	1,32	7,93
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	10,97	9,14	9,14	1,94	1,31	7,93
e min por depresión interior	mm	7,31	6,09	6,09	1,29	0,88	5,28
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	10,00	4,00	4,00	8,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO

CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	139,27	91,58	91,58	5,86	5,86	46,89
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,87	5,54	5,54	37,56	123,67	4,35
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		159,04	152,40	152,40	81,00	54,78	165,13
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3
ACCIONES							
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	5,15	3,73	3,73	0,32	0,21	2,59
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	25,62	17,77	17,77	0,78	0,35	13,38
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, ...	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	9,31	7,76	7,76	1,65	1,12	6,73
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	15,52	12,93	12,93	0,02	0,01	11,21
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	5,69	4,74	4,74	1,01	0,68	4,11
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	46,29	34,43	34,43	2,75	1,68	27,18
Qth=Qvh	KN/m	5,69	4,74	4,74	1,01	0,68	4,11
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	46,64	34,76	34,76	2,93	1,81	27,48
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	139,92	104,27	104,27	8,78	5,43	82,45
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	46,64	34,76	34,76	2,93	1,81	27,48
B) RESULTADOS DEL CÁLCULO							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.806,00	1.504,00	1.504,00	316,00	211,10	1.305,00
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.524,00	1.524,00	324,00	219,10	1.321,00
Diámetro medio (Dm)	mm	1.817,50	1.514,00	1.514,00	320,00	215,10	1.313,00
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	10,00	4,00	4,00	8,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	50,69	44,45	44,45	15,79	12,46	38,70
q = Carga lineal	N/m	46.639,43	34.756,33	34.756,33	2.928,31	1.810,76	27.484,54
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,027114	0,013629	0,013629	0,000051	0,000016	0,007111
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	17,29	18,04	18,04	33,95	50,21	16,65
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Coef.seguridad Pr/Pt		1.047,30	1.092,95	1.092,95	2.056,37	3.040,91	1.008,73
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,12	0,13	0,13	0,90	2,97	0,10
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,058	0,066	0,066	0,451	1,484	0,052
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,027114	0,013629	0,013629	0,000051	0,000016	0,007111
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	46.639,43	34.756,33	34.756,33	2.928,31	1.810,76	27.484,54
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,003	0,003	0,057	0,116	0,004
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,003	0,003	0,057	0,116	0,004
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,46%	0,55%	0,55%	2,57%	3,80%	0,63%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		4.823,15	3.253,18	3.253,18	145,85	71,65	2.146,63
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO							
D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	10,81	6,89	6,89	0,09	0,02	6,08
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	5.081	3.681	3.681	313	212	2.553
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	884,70	769,30	769,30	307,72	307,72	615,44
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	1,27E-07	8,33E-08	8,33E-08	5,33E-09	5,33E-09	4,27E-08
Deformación % = D/ Dext		0,59%	0,45%	0,45%	0,03%	0,01%	0,46%
Cumple menor 5%?		si	si	si	si	si	si
FLEXIÓN LONGITUDINAL							
B5. REACCIONES EN APOYOS							
Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	37,91	36,99	36,99	16,61	9,16	46,56

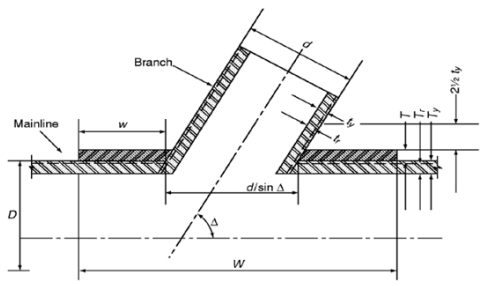
TOMA-19: CÁLCULOS MECÁNICOS

q=carga lineal (N/m)		46.639,43	34.756,33	34.756,33	2.928,31	1.810,76	27.484,54
*R=q*L/2*		69.959,15	52.134,50	52.134,50	4.392,47	2.716,13	41.226,81
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	52,13	52,13	4,39	2,72	41,23
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	52,13	52,13	4,39	2,72	41,23
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	131,29	125,81	125,81	66,87	45,22	136,31
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,18	1,46	1,46	6,91	9,51	1,91
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	34,98	26,07	26,07	2,20	1,36	20,61
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-34,98	-26,07	-26,07	-2,20	-1,36	-20,61
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	71,91	69,90	69,90	40,24	29,98	82,55
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	71.911,74	69.903,20	69.903,20	40.235,95	29.981,82	82.554,46
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		1,91	1,97	1,97	3,42	4,59	1,67
Cumple?		si	si	si	si	si	si
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería							
σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	71.911,74	69.903,20	69.903,20	40.235,95	29.981,82	82.554,46
σ_a=Tensión axial =(qt+0,5)*$\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	133.129,39	131.522,56	131.522,56	107.788,76	99.585,46	141.643,57
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	115.417,36	113.977,16	113.977,16	94.341,75	88.489,66	123.226,75
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,38	2,41	2,41	2,91	3,11	2,23
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,19	1,21	1,21	1,46	1,55	1,12
Cumple ELS?		si	si	si	si	si	si

TOMA-19: CÁLCULOS MECÁNICOS

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



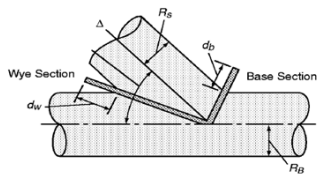
D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

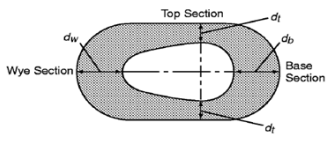
PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a bypass-1 o desagüe				T- Toma DN2 a boca hombre				T en Toma DN1 - bypass			
	pieza T 1829/1524 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	1.524	in	60,000
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	10	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.524	in	60,000	mm	323	in	12,717	mm	812,80	in	32,000	mm	219,10	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				11.740,05				527,36				3.339,39				291,21
d/D=				0,83				0,18				0,44				0,14
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador								0,00190				0,00030				0,00343
M=M1*PDV								1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	10,98	in	0,432	mm	10,98	in	0,432	mm	9,15	in	0,360
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,94	in	0,076	mm	4,88	in	0,192	mm	1,32	in	0,052
Ar=Area teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	3.458,91	in2	5,36	mm2	8.793,31	in2	13,63	mm2	1.931,47	in2	2,99
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	204,81	in2	0,317	mm2	449,50	in2	0,697	mm2	233,22	in2	0,361
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo					mm2	3.254,09	in2	5,04	mm2	8.343,80	in2	12,93	mm2	1.698,24	in2	2,63
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w					mm	10,07	in	0,397	mm	10,27	in	0,404	mm	7,75	in	0,305
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																
Espesor de chapa seleccionado					mm	10,50	in	0,413	mm	10,50	in	0,413	mm	8,00	in	0,315
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	154,96	in	6,101	mm	397,32	in	15,643	mm	106,14	in	4,179
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667	mm	73,03	in	2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	538,33	in	21,194	mm	1.354,67	in	53,333	mm	365,17	in	14,377
Resumen																
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**10,50**				**10,50**				**8,00**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**1.500**				**500**		
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**350**				**150**		

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1829/1524 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1829/1524 en 90º PMD=16,5Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.524	in	60,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	16,51	PSI	234,83
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	1.270,00	in	50

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.270,00	in	50,00
db=Nb x d	mm	1.270,00	in	50,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,83
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,75
Qb			Grafico-3	0,75
d´w=dw x qw	mm	952,50	in	37,50
d´b=db x Qb	mm	952,50	in	37,50

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	606,28	in	23,87
d´b (ajustado)=	mm	606,28	in	23,87
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

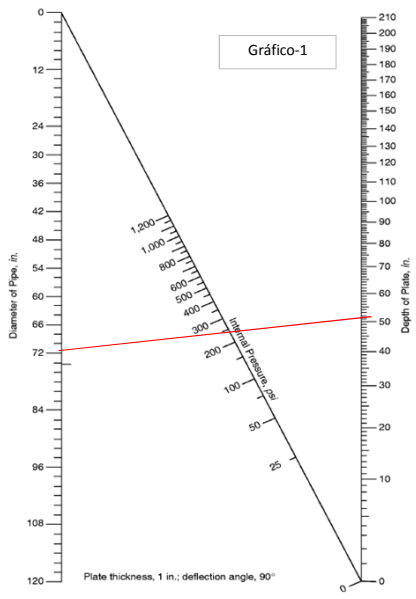
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	606,28	in	23,87
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	381,00	in	15,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	620,00
Ala (db)	mm	620,00
Ala (dt)	mm	400,00
espesor(t)	mm	50,00



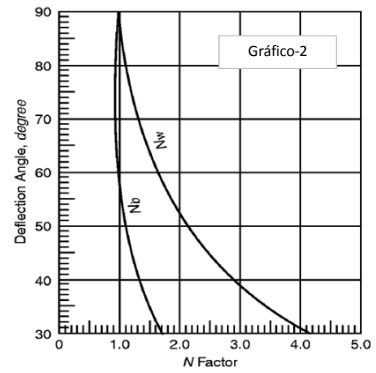
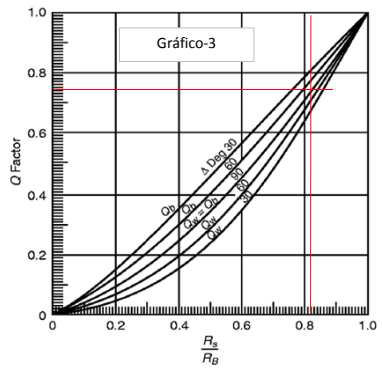
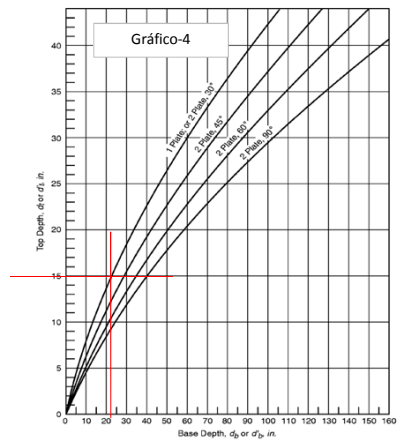


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





TOMA-20: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro
	Sin válvulasTub. DN 1524 e=9,5-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=8-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulasTub. DN 1118 e=8-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=16,8Atm	Sin válvulasTub. DN 914,4 e=8-S275, PMD=16,8Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.505,00	1.305,00	1.102,00	316,00	211,10	898,40
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.524,00	1.321,00	1.118,00	324,00	219,10	914,40
Diámetro medio (D_m)	mm	1.514,50	1.313,00	1.110,00	320,00	215,10	906,40
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,15	mca	129,00	129,00	129,00	129,00	129,00	129,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	167,70	167,70	167,70	167,70	167,70	167,70
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	9,29	8,06	6,82	1,98	1,34	5,58
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	9,14	7,93	6,71	1,94	1,31	5,49
e min por depresión interior	mm	6,09	5,28	4,47	1,29	0,88	3,65
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	9,50	8,00	8,00	4,00	4,00	8,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO							
CONDICIONES DE INSTALACIÓN							
Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	78,51	46,89	46,89	5,86	5,86	46,89
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,75	4,35	7,20	37,56	123,67	13,22
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		160,42	165,13	139,75	81,00	54,78	114,30
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3
ACCIONES							
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	3,55	2,59	2,19	0,32	0,21	1,79
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	17,79	13,38	9,54	0,78	0,35	6,34
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	7,76	6,73	5,69	1,65	1,12	4,66
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	12,93	11,21	9,49	0,02	0,01	7,76
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	4,74	4,11	3,48	1,01	0,68	2,84
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	34,27	27,18	21,22	2,75	1,68	15,89
Qth=Qvh	KN/m	4,74	4,11	3,48	1,01	0,68	2,84
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	34,60	27,48	21,50	2,93	1,81	16,14
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	103,79	82,45	64,49	8,78	5,43	48,42
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	34,60	27,48	21,50	2,93	1,81	16,14
B) RESULTADOS DEL CÁLCULO							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.505,00	1.305,00	1.102,00	316,00	211,10	898,40
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.524,00	1.321,00	1.118,00	324,00	219,10	914,40
Diámetro medio (Dm)	mm	1.514,50	1.313,00	1.110,00	320,00	215,10	906,40
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	9,50	8,00	8,00	4,00	4,00	8,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	43,78	38,70	35,51	15,79	12,46	31,90
q = Carga lineal	N/m	34.596,06	27.484,54	21.498,03	2.928,31	1.810,76	16.139,31
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,012960	0,007111	0,004297	0,000051	0,000016	0,002340
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	17,14	16,65	19,68	33,95	50,21	24,06
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Coef.seguridad Pr/Pt		1.022,21	993,09	1.173,40	2.024,49	2.993,76	1.434,67
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,11	0,10	0,17	0,90	2,97	0,32
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,057	0,052	0,086	0,451	1,484	0,159
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,012960	0,007111	0,004297	0,000051	0,000016	0,002340
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	34.596,06	27.484,54	21.498,03	2.928,31	1.810,76	16.139,31
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,003	0,004	0,005	0,057	0,116	0,007
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,003	0,004	0,005	0,057	0,116	0,007
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,55%	0,63%	0,75%	2,57%	3,80%	0,91%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		3.107,90	2.146,63	1.658,17	145,85	71,65	1.202,66
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO							

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1100	1118	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	7,63	6,08	3,12	0,09	0,02	1,40
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	3.497	2.553	2.161	313	212	1.767
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	730,84	615,44	615,44	307,72	307,72	615,44
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	7,14E-08	4,27E-08	4,27E-08	5,33E-09	5,33E-09	4,27E-08
Deformación % = D/ Dext		0,50%	0,46%	0,28%	0,03%	0,01%	0,15%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	41,29	46,56	35,03	16,61	9,16	25,04
q=carga lineal (N/m)		34.596,06	27.484,54	21.498,03	2.928,31	1.810,76	16.139,31
*R=q*L/2*		51.894,09	41.226,81	32.247,04	4.392,47	2.716,13	24.208,96
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	51,89	41,23	32,25	4,39	2,72	24,21
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	51,89	41,23	32,25	4,39	2,72	24,21
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	134,51	138,46	117,18	67,92	45,93	95,84
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,53	1,91	2,10	6,91	9,51	2,37
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	25,95	20,61	16,12	2,20	1,36	12,10
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-25,95	-20,61	-16,12	-2,20	-1,36	-12,10
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	76,44	83,09	66,43	40,50	30,16	51,37
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	76.442,43	83.091,12	66.425,23	40.499,20	30.159,84	51.368,61
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		1,80	1,65	2,07	3,40	4,56	2,68
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

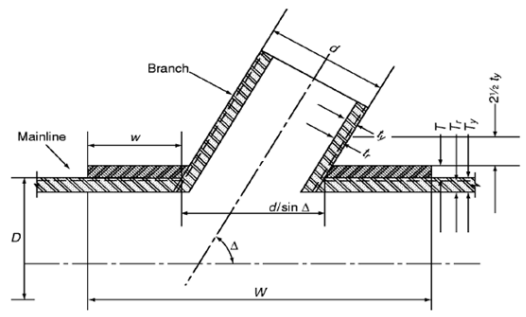
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería

σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	76.442,43	83.091,12	66.425,23	40.499,20	30.159,84	51.368,61
σ_a=Tensión axial =(qt+0,5)*$\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	136.753,95	142.072,90	128.740,18	107.999,36	99.727,87	116.694,88
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	118.706,71	123.627,85	111.511,21	94.499,52	88.586,05	101.301,41
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,32	2,22	2,47	2,91	3,10	2,71
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,16	1,11	1,23	1,46	1,55	1,36
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-20: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

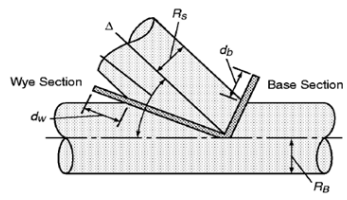
PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

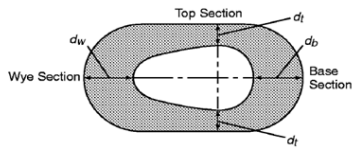
	T - principal DN1 a toma DN3				DN1 a ventosa				DN1 a boca hombre				DN2 - bypass				DN2 - Boca hombre				T DN3 -DN3			
	pieza T 1524/1118 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275				pieza T 1524/812,8 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275				pieza T 1321/219,1 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275				pieza T 1321/812,8 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275				pieza T 1118/1118 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.524	in	60,000	mm	1.524	in	60,000	mm	1.524	in	60,000	mm	1.321	in	52,008	mm	1.321	in	52,008	mm	1.118	in	44,016
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	in	0,374	mm	9,50	in	0,374	mm	9,50	in	0,374	mm	8	in	0,315	mm	8	in	0,315	mm	8	in	0,315
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.118	in	44,016	mm	219	in	8,626	mm	812,80	in	32,000	mm	219,10	in	8,626	mm	812,80	in	32,000	mm	1.118,00	in	44,016
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8,00	in	0,315	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	8,00	in	0,315
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				7.701,91				295,80				4.070,82				341,26				4.696,39				10.498,84
d/D=				0,73				0,14				0,53				0,17				0,62				1,00
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-A				babero tabla-B				babero tabla-A				Ala monja
M1= Coef. Multiplicador								0,00338				0,00025				0,00293				0,00025				
M=M1*PDV								1,00				1,02				1,00				1,17				
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	9,29	in	0,366	mm	9,29	in	0,366	mm	8,06	in	0,317	mm	8,06	in	0,317				
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,34	in	0,053	mm	4,96	in	0,195	mm	1,34	in	0,053	mm	4,96	in	0,195				
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	1.961,89	in2	3,04	mm2	7.574,11	in2	11,74	mm2	1.700,56	in2	2,64	mm2	7.574,11	in2	11,74				
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	96,84	in2	0,150	mm2	196,56	in2	0,305	mm2	41,52	in2	0,064	mm2	-13,30	in2	-0,021				
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo					mm2	1.865,04	in2	2,89	mm2	7.377,55	in2	11,44	mm2	1.659,04	in2	2,57	mm2	7.587,41	in2	11,76				
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00	mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00				
T=esp. Min=Aw/2w					mm	8,51	in	0,335	mm	9,08	in	0,357	mm	7,57	in	0,298	mm	9,33	in	0,368				
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44	mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44				
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00	mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00				
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado					mm	9,00	in	0,354	mm	9,50	in	0,374	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374				
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	103,61	in	4,079	mm	388,29	in	15,287	mm	103,69	in	4,082	mm	399,34	in	15,722				
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667	mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667				
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	365,17	in	14,377	mm	1.354,67	in	53,333	mm	365,17	in	14,377	mm	1.354,67	in	53,333				
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**9,00**				**9,50**				**8,00**				**9,50**				**n/a**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**500**				**1.500**				**500**				**1.500**				**n/a**		
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**150**				**350**				**150**				**350**				**n/a**		

TOMA-20: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1524/1118 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1524/1118 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.524	in	60,000
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	in	0,374
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.118	in	44,016
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8,00	in	0,315
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= mm 889,00 in 35

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	889,00	in	35,00
db=Nb x d	mm	889,00	in	35,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,73
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,60
Qb			Grafico-3	0,60
d´w=dw x qw	mm	533,40	in	21,00
d´b=db x Qb	mm	533,40	in	21,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	339,52	in	13,37
d´b (ajustado)=	mm	339,52	in	13,37
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

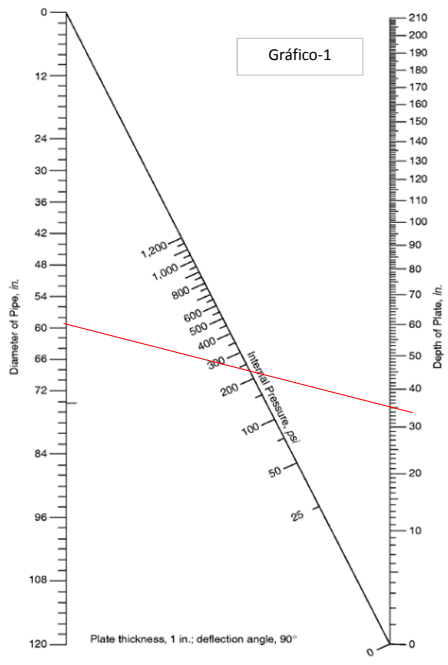
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	339,52	in	13,37
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	254,00	in	10,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	340,00
Ala (db)	mm	340,00
Ala (dt)	mm	260,00
espesor(t)	mm	50,00



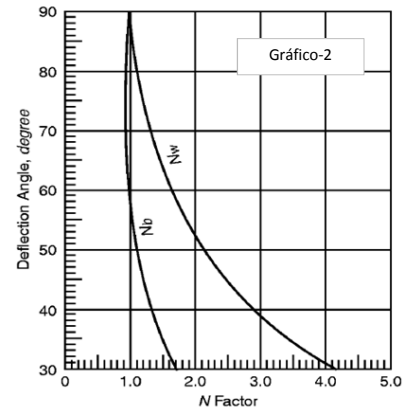
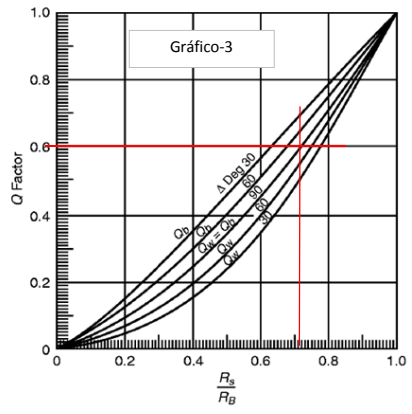
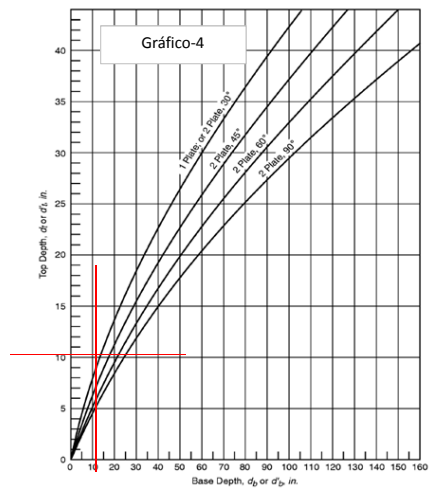


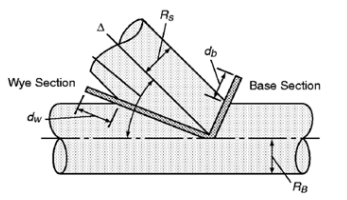
Tabla-1 (grafico-1)

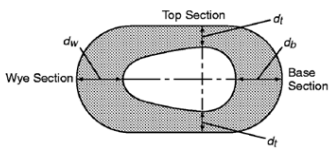
Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1118/1118 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1118/1118 en 90º PMD=16,8Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.118	in	44,016
Ty=esp. Tubería	mm	8	in	0,315
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.118	in	44,016
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	8	in	0,315
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	16,77	PSI	238,52
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	0,50		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= mm 584,20 in 23

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	584,20	in	23,00
db=Nb x d	mm	584,20	in	23,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	584,20	in	23,00
d´b=db x Qb	mm	584,20	in	23,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	371,85	in	14,64
d´b (ajustado)=	mm	371,85	in	14,64
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

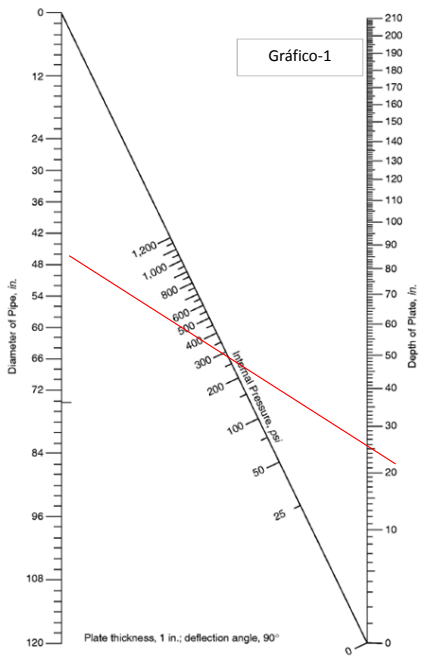
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	371,85	in	14,64
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	279,40	in	11,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	380,00
Ala (db)	mm	380,00
Ala (dt)	mm	280,00
espesor(t)	mm	50,00



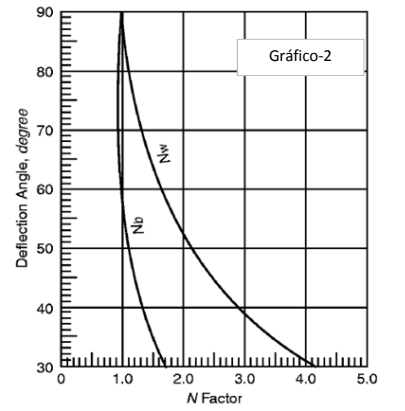
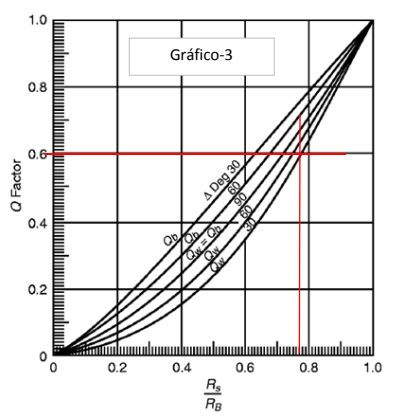
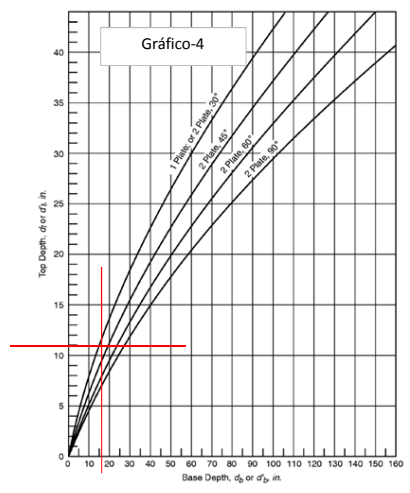


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





TOMA-21: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro
	Sin válvulasTub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=15Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=15Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=9,5-S275, PMD=15Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=15Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=15Atm	Sin válvulasTub. DN 1118 e=8-S275, PMD=15Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.302,00	1.302,00	1.302,00	316,00	211,10	1.102,00
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.321,00	1.321,00	1.321,00	324,00	219,10	1.118,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.311,50	1.311,50	1.311,50	320,00	215,10	1.110,00
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,15	mca	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50	149,50
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	7,18	7,18	7,18	1,76	1,19	6,08
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	7,93	7,93	7,93	1,94	1,31	6,71
e min por depresión interior	mm	5,28	5,28	5,28	1,30	0,88	4,47
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	9,50	9,50	9,50	4,00	4,00	8,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO							
CONDICIONES DE INSTALACIÓN							
Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	78,51	78,51	78,51	5,86	5,86	46,89
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	7,31	7,31	7,31	37,56	123,67	7,20
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		139,05	139,05	139,05	81,00	54,78	139,75
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3
ACCIONES							
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	3,07	3,07	3,07	0,32	0,21	2,19
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	13,31	13,31	13,31	0,78	0,35	9,54
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	6,73	6,73	6,73	1,65	1,12	5,69
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	11,21	11,21	11,21	0,01	0,01	9,49
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	4,11	4,11	4,11	1,01	0,68	3,48
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	27,60	27,60	27,60	2,75	1,68	21,22
Qth=Qvh	KN/m	4,11	4,11	4,11	1,01	0,68	3,48
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	27,90	27,90	27,90	2,93	1,81	21,50
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	83,70	83,70	83,70	8,78	5,43	64,49
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	27,90	27,90	27,90	2,93	1,81	21,50
B) RESULTADOS DEL CÁLCULO							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.302,00	1.302,00	1.302,00	316,00	211,10	1.102,00
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.321,00	1.321,00	1.321,00	324,00	219,10	1.118,00
Diámetro medio (Dm)	mm	1.311,50	1.311,50	1.311,50	320,00	215,10	1.110,00
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	9,50	9,50	9,50	4,00	4,00	8,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	40,73	40,73	40,73	15,79	12,46	35,51
q = Carga lineal	N/m	27.900,42	27.900,42	27.900,42	2.928,31	1.810,76	21.498,03
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,008416	0,008416	0,008416	0,000051	0,000016	0,004297
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	19,78	19,78	19,78	33,95	50,21	19,68
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coef.seguridad Pr/Pt		1.322,86	1.322,86	1.322,86	2.270,94	3.358,22	1.316,25
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,18	0,18	0,18	0,90	2,97	0,17
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,088	0,088	0,088	0,451	1,484	0,086
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,008416	0,008416	0,008416	0,000051	0,000016	0,004297
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	27.900,42	27.900,42	27.900,42	2.928,31	1.810,76	21.498,03
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,003	0,003	0,003	0,057	0,116	0,005
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,003	0,003	0,003	0,057	0,116	0,005
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,63%	0,63%	0,63%	2,57%	3,80%	0,75%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1100	1118	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

Seguridad calculada		2.502,57	2.502,57	2.502,57	145,85	71,65	1.658,17
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO							
D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	4,31	4,31	4,31	0,09	0,02	3,12
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	3.031	3.031	3.031	313	212	2.161
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	730,84	730,84	730,84	307,72	307,72	615,44
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	7,14E-08	7,14E-08	7,14E-08	5,33E-09	5,33E-09	4,27E-08
Deformación % = D/ Dext		0,33%	0,33%	0,33%	0,03%	0,01%	0,28%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

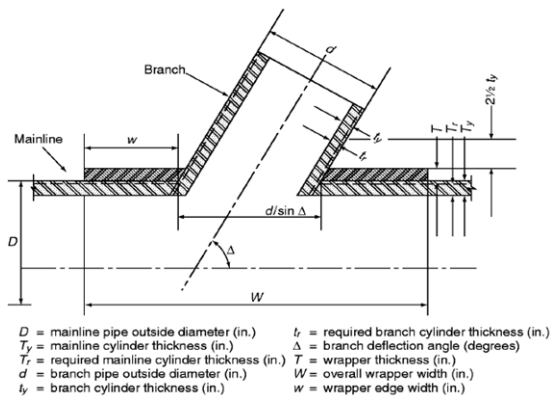
FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS							
Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	32,20	32,20	32,20	16,61	9,16	35,03
q=carga lineal (N/m)		27.900,42	27.900,42	27.900,42	2.928,31	1.810,76	21.498,03
*R=q*L/2*		41.850,63	41.850,63	41.850,63	4.392,47	2.716,13	32.247,04
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	41,85	41,85	41,85	4,39	2,72	32,25
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	41,85	41,85	41,85	4,39	2,72	32,25
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	103,94	103,94	103,94	60,55	40,94	104,46
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,64	1,64	1,64	6,91	9,51	2,10
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	20,93	20,93	20,93	2,20	1,36	16,12
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-20,93	-20,93	-20,93	-2,20	-1,36	-16,12
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	59,83	59,83	59,83	38,66	28,91	63,25
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	59.830,92	59.830,92	59.830,92	38.656,45	28.913,71	63.245,91
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		2,30	2,30	2,30	3,56	4,76	2,17
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería							
σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	59.830,92	59.830,92	59.830,92	38.656,45	28.913,71	63.245,91
σ_a=Tensión axial =$(qt+0,5)*\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	123.464,73	123.464,73	123.464,73	106.525,16	98.730,97	126.196,73
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	106.940,50	106.940,50	106.940,50	93.402,60	87.915,46	109.289,68
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,57	2,57	2,57	2,94	3,13	2,52
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,29	1,29	1,29	1,47	1,56	1,26
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-21: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

	T- principal DN1 a bypass-1 o desagüe			T- Toma DN2 a boca hombre			
	pieza T 1321/323 en 90º PMD=15Atm-Acero S275			pieza T 1321/812,8 en 90º PMD=15Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm 1.321	in	52,008	mm 1.321	in	52,008	
Ty=esp. Tubería	mm 9,50	in	0,374	mm 9,50	in	0,374	
d=Diám. Ext. Derivación T	mm 323	in	12,717	mm 812,80	in	32,000	
ty=esp. Tub. Derivación T	mm 4,00	in	0,157	mm 6,00	in	0,236	
Ang=Ángulo derivación	º 90	Rad	1,571	º 90	Rad	1,571	
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2 14,95	PSI	212,64	Atm= Kg/cm2 14,95	PSI	212,64	
Tipo de acero	Acero S275			Acero S275			
Ts=Tensión del material	Kg/cm2 2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2 2.750,00	PSI	39.114,08	
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	% 50%			% 50%			
n=Coef. Seg=1/C1	n 2,00			n 2,00			
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2 1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2 1.375,00	PSI	19.557,04	
Tipo de refuerzo							
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))			661,17				4.186,71
d/D=			0,24				0,62
Refuerzo recomendado			babero tabla-B				babero tabla-A
M1= Coef. Multiplicador			0,00151				0,00025
M=M1*PDV			1,00				1,05
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,18	in	0,283	mm	7,18	in	0,283
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,76	in	0,069	mm	4,42	in	0,174
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.262,15	in2	3,51	mm2	6.019,33	in2	9,33
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	775,23	in2	1,202	mm2	1.904,15	in2	2,951
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.486,92	in2	2,30	mm2	4.115,18	in2	6,38
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)							
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	4,60	in	0,181	mm	5,06	in	0,199
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores							
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	114,38	in	4,503	mm	316,55	in	12,463
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33	in	21,194	mm	1.354,67	in	53,333
Resumen							
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**				**6,50**	
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**				**1.500**	
W=Ancho de corona (mm)		**140**				**350**	

DERIVACIÓN CORELLA: CÁLCULOS MECÁNICOS

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Deriv. Toma-16	Deriv. Toma-17	Desagüe	Bypass
	Sin válvulasTub. DN 1930 e=13-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=14,7Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=14,7Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.904,00	1.806,00	1.806,00	316,00	211,10
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.930,00	1.829,00	1.829,00	324,00	219,10
Diámetro medio (D_m)	mm	1.917,00	1.817,50	1.817,50	320,00	215,10
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,15	mca	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	146,90	146,90	146,90	146,90	146,90
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	10,31	9,77	9,77	1,73	1,17
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	11,58	10,97	10,97	1,94	1,31
e min por depresión interior	mm	7,72	7,31	7,31	1,30	0,88
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	13,00	11,50	11,50	4,00	4,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120

A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO

CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	201,19	139,27	139,27	5,86	5,86
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	6,00	4,87	4,87	37,56	123,67
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		148,46	159,04	159,04	81,00	54,78
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2

ACCIONES

Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	6,14	5,15	5,15	0,32	0,21
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	28,47	25,62	25,62	0,78	0,35
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg					
W2=Carrete de desmontaje	Kg					
W3=Caudalímetro	Kg					
W4=Otros (10%): Bridas, ...	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	9,83	9,31	9,31	1,65	1,12
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	16,38	15,52	15,52	0,01	0,01
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	6,00	5,69	5,69	1,01	0,68
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales						
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	51,00	46,29	46,29	2,75	1,68
Qth=Qvh	KN/m	6,00	5,69	5,69	1,01	0,68
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	51,35	46,64	46,64	2,93	1,81
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	154,04	139,92	139,92	8,78	5,43
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	51,35	46,64	46,64	2,93	1,81

B) RESULTADOS DEL CÁLCULO

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.904,00	1.806,00	1.806,00	316,00	211,10
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.930,00	1.829,00	1.829,00	324,00	219,10
Diámetro medio (Dm)	mm	1.917,00	1.817,50	1.817,50	320,00	215,10
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	13,00	11,50	11,50	4,00	4,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA

Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	53,94	50,69	50,69	15,79	12,46
q = Carga lineal	N/m	51.346,86	46.639,43	46.639,43	2.928,31	1.810,76
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,035966	0,027114	0,027114	0,000051	0,000016
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA

Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	18,52	17,29	17,29	33,95	50,21
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coef.seguridad Pr/Pt		1.260,95	1.177,05	1.177,05	2.311,14	3.417,66
		si	si	si	si	si

B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA

Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,14	0,12	0,12	0,90	2,97
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,072	0,058	0,058	0,451	1,484
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si

B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO

Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,035966	0,027114	0,027114	0,000051	0,000016
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	51.346,86	46.639,43	46.639,43	2.928,31	1.810,76
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,001	0,002	0,002	0,057	0,116
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,001	0,002	0,002	0,057	0,116
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,43%	0,46%	0,46%	2,57%	3,80%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si
Seguridad calculada		5.811,13	4.823,15	4.823,15	145,85	71,65

B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO

D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	10,49	10,81	10,81	0,09	0,02
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	6.061	5.081	5.081	313	212
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	1.000,09	884,70	884,70	307,72	307,72
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	1,83E-07	1,27E-07	1,27E-07	5,33E-09	5,33E-09
Deformación % = D/ Dext		0,54%	0,59%	0,59%	0,03%	0,01%
Cumple menor 5%?		si	si	si	si	si

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	32,14	37,91	37,91	16,61	9,16

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1100	1118	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

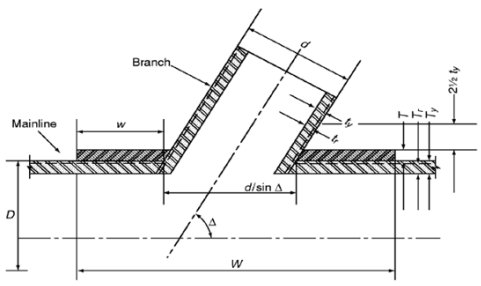
DERIVACIÓN CORELLA: CÁLCULOS MECÁNICOS

q=carga lineal (N/m)		51.346,86	46.639,43	46.639,43	2.928,31	1.810,76
*R=q*L/2*		77.020,30	69.959,15	69.959,15	4.392,47	2.716,13
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	77,02	69,96	69,96	4,39	2,72
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	77,02	69,96	69,96	4,39	2,72
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	109,05	116,82	116,82	59,49	40,23
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,03	1,18	1,18	6,91	9,51
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	38,51	34,98	34,98	2,20	1,36
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-38,51	-34,98	-34,98	-2,20	-1,36
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	60,44	68,29	68,29	38,39	28,74
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	60.436,54	68.293,50	68.293,50	38.393,20	28.735,69
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		2,28	2,01	2,01	3,58	4,78
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería						
σ_c-Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	60.436,54	68.293,50	68.293,50	38.393,20	28.735,69
σ_a-Tensión axial =(qt+0,5)*$\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	123.949,23	130.234,80	130.234,80	106.314,56	98.588,55
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	107.354,20	112.831,36	112.831,36	93.247,34	87.820,46
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,56	2,44	2,44	2,95	3,13
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,28	1,22	1,22	1,47	1,57
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

DERIVACIÓN CORELLA: CÁLCULOS MECÁNICOS

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

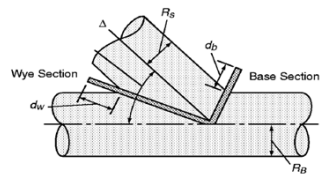
PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

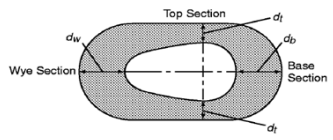
	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a bypass-1 o desagüe				T- Toma DN2 a boca hombre			
	pieza T 1930/1829 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275				pieza T 1930/323 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275				pieza T 1930/812,8 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.930,00	in	75,984	mm	1.930,00	in	75,984	mm	1.930,00	in	75,984
Ty=esp. Tubería	mm	13,00	in	0,512	mm	13,00	in	0,512	mm	13,00	in	0,512
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.829,00	in	72,008	mm	323,00	in	12,717	mm	812,80	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,50	in	0,453	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236
Ang=Angulo derivación	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	14,69	PSI	208,94	Atm= Kg/cm2	14,69	PSI	208,94	Atm= Kg/cm2	14,69	PSI	208,94
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo												
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				14.258,00				444,67				2.815,78
d/D=				0,95				0,17				0,42
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador								0,00225				0,00036
M=M1*PDV								1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	10,31	in	0,406	mm	10,31	in	0,406
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,73	in	0,068	mm	4,34	in	0,171
Ar=Area teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	3.247,56	in2	5,03	mm2	8.256,02	in2	12,80
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	892,93	in2	1,384	mm2	2.204,13	in2	3,416
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo					mm2	2.354,62	in2	3,65	mm2	6.051,88	in2	9,38
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)												
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,50	in	6,36	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w					mm	7,29	in	0,287	mm	7,45	in	0,293
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	539,41	in	21,24	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	646,00	in	25,43	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores												
Espesor de chapa seleccionado					mm	7,50	in	0,295	mm	7,50	in	0,295
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	156,97	in	6,180	mm	403,46	in	15,884
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,67	in	4,239	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	538,33	in	21,194	mm	1.354,67	in	53,333
Resumen												
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**7,50**				**7,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**1.500**		
w=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**350**		

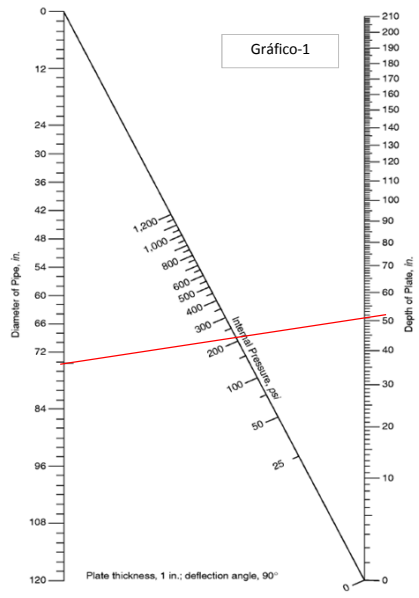
	T- principal DN3 a desagüe				T- principal DN3 a bypass				T- principal DN3 a boca hombre			
	pieza T 1829/323 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829,00	in	72,008	mm	1.829,00	in	72,008	mm	1.829,00	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323,00	in	12,717	mm	219,10	in	8,626	mm	812,80	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236
Ang=Angulo derivación	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	14,69	PSI	208,94	Atm= Kg/cm2	14,69	PSI	208,94	Atm= Kg/cm2	14,69	PSI	208,94
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo												
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				469,22				215,90				2.971,27
d/D=				0,18				0,12				0,44
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00213				0,00463				0,00034
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	9,77	in	0,385	mm	9,77	in	0,385	mm	9,77	in	0,385
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,73	in	0,068	mm	1,17	in	0,046	mm	4,34	in	0,171
Ar=Area teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	3.077,61	in2	4,77	mm2	2.062,49	in2	3,20	mm2	7.823,96	in2	12,13
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	590,38	in2	0,915	mm2	421,76	in2	0,654	mm2	1.434,98	in2	2,224
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.487,22	in2	3,86	mm2	1.640,73	in2	2,54	mm2	6.388,98	in2	9,90
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)												
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	7,70	in	0,303	mm	7,49	in	0,295	mm	7,86	in	0,309
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores												
Espesor de chapa seleccionado	mm	8,00	in	0,315	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	155,45	in	6,120	mm	109,38	in	4,306	mm	399,31	in	15,721
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67	in	4,239	mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	633,90	in	24,957	mm	437,86	in	17,239	mm	1.611,42	in	63,442
Resumen												
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**8,00**				**7,50**				**8,00**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**700**				**500**				**1.700**		
w=Ancho de corona (mm)		**190**				**150**				**450**		

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1930/1829 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275***







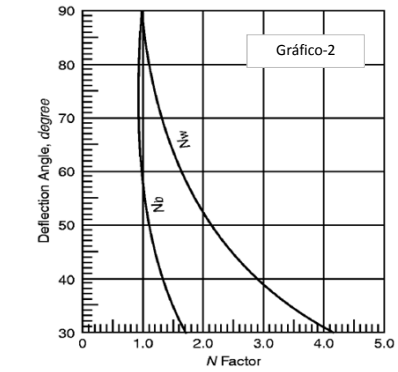
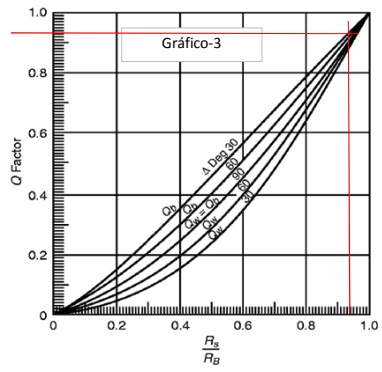
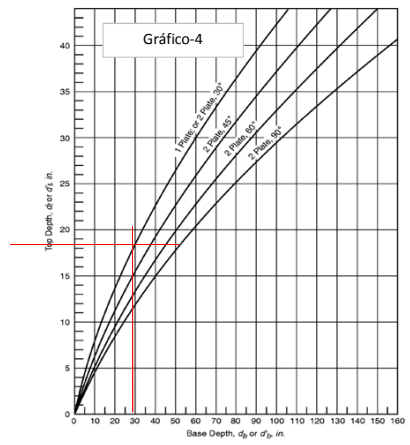


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1930/1829 en 90º PMD=14,7Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.930	in	75,984
Ty=esp. Tubería	mm	13,00	in	0,512
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.829	in	72,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,50	in	0,453
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	14,69	PSI	208,94
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d
Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	1.270,00	in	50

Paso-2: Ajuste por ángulo
Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.270,00	in	50,00
db=Nb x d	mm	1.270,00	in	50,00

Paso-3: Ajuste por diámetro
Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,95
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,90
Qb			Grafico-3	0,90
d´w=dw x qw	mm	1.143,00	in	45,00
d´b=db x Qb	mm	1.143,00	in	45,00

Paso-4: Ajuste de espesor
Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	727,54	in	28,64
d´b (ajustado)=	mm	727,54	in	28,64
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

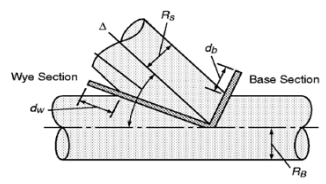
Paso-5: Cálculo de dt
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

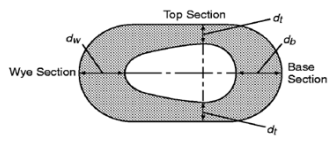
d´b (ajustado)=	mm	727,54	in	28,64
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	457,20	in	18,00

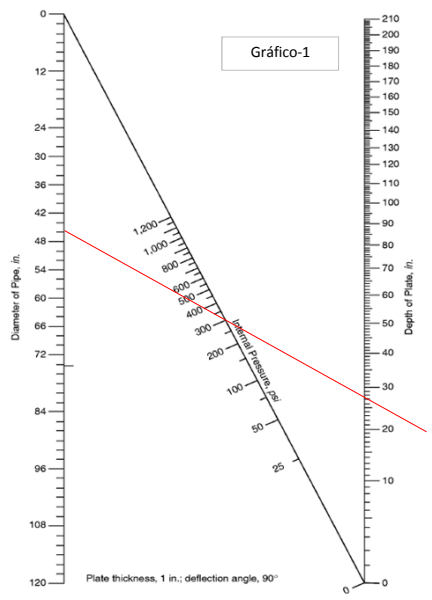
RESUMEN

Ala (dw)	mm	740,00
Ala (db)	mm	740,00
Ala (dt)	mm	460,00
espesor(t)	mm	50,00

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***#¡REF!***







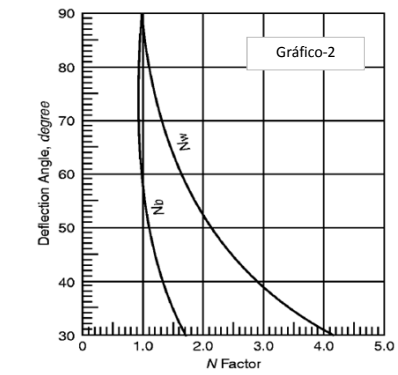
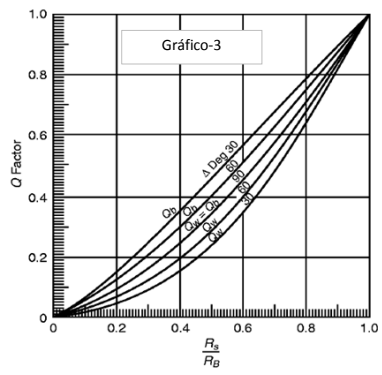
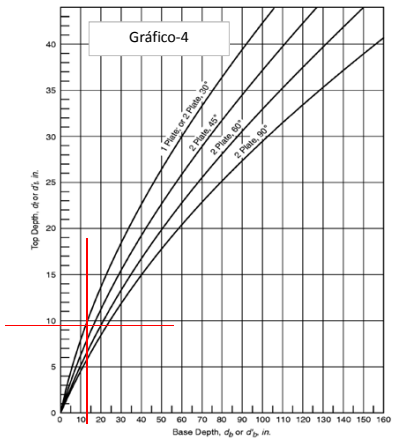


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		#¡REF!		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	#¡REF!	in	#¡REF!
Ty=esp. Tubería	mm	#¡REF!	in	#¡REF!
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	#¡REF!	in	#¡REF!
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	#¡REF!	in	#¡REF!
Ang=Ángulo derivación	º	#¡REF!	Rad	#¡REF!
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	#¡REF!	PSI	#¡REF!
Tipo de acero		#¡REF!		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	#¡REF!	PSI	#¡REF!
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	#¡REF!		
n=Coef. Seg=1/C1	n	#¡REF!		

Paso-1: Determinación de ala= d
Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	533,40	in	21

Paso-2: Ajuste por ángulo
Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Ángulo	º			45,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				si
Nw=			Grafico-2	1,20
Nb=			Grafico-2	2,50
dw=Nw x d	mm	640,08	in	25,20
db=Nb x d	mm	1.333,50	in	52,50

Paso-3: Ajuste por diámetro
Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				#¡REF!
Requiere ajustar diámetros				#¡REF!
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	640,08	in	25,20
d´b=db x Qb	mm	1.333,50	in	52,50

Paso-4: Ajuste de espesor
Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	374,35	in	14,74
d´b (ajustado)=	mm	779,90	in	30,70
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

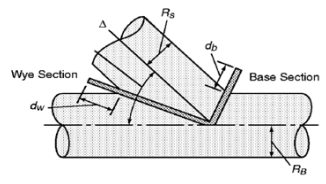
Paso-5: Cálculo de dt
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

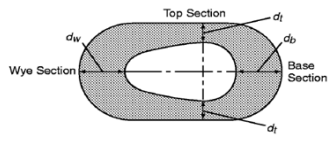
d´b (ajustado)=	mm	779,90	in	30,70
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo				45,00
Gráfico d´t=	mm	254,00	in	10,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	380,00
Ala (db)	mm	780,00
Ala (dt)	mm	260,00
espesor(t)	mm	50,00

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***#¡REF!***





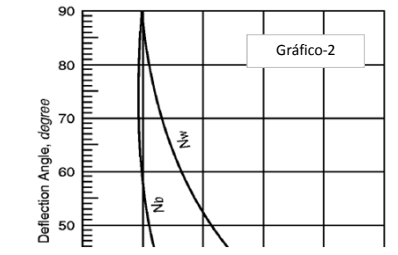


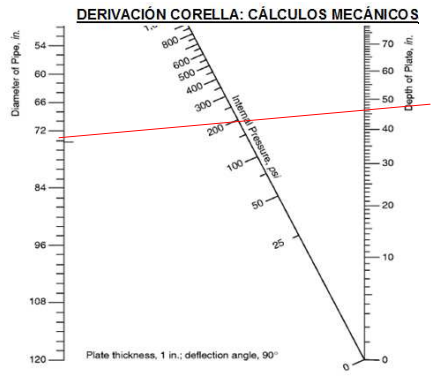
Tabla-1 (grafico-1)

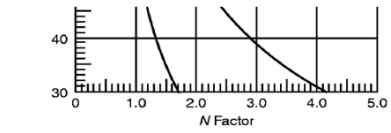
Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10

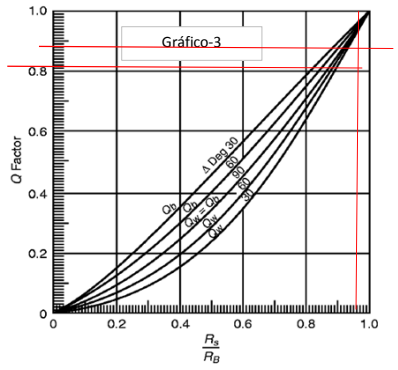
T- Toma DN1 a derivación DN2

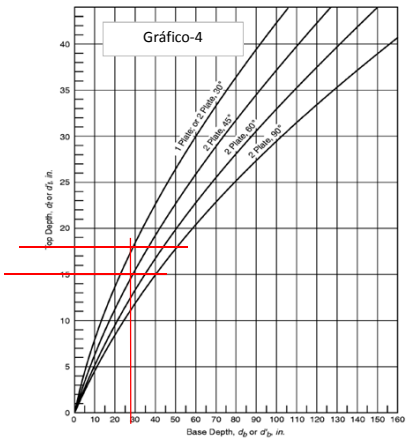
DERIVACIÓN CORELLA: CÁLCULOS MECÁNICOS

		#¡REF!		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	13,00	in	0,512
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.930	in	75,984
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,00	in	0,433
Ang=Ángulo derivación	º	45	Rad	0,785
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	#¡REF!	PSI	#¡REF!
Tipo de acero		#¡REF!		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	#¡REF!	PSI	#¡REF!
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	#¡REF!		
n=Coef. Seg=1/C1	n	#¡REF!		









Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	1.270,00	in	50

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	45,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				sí
Nw=			Grafico-2	1,20
Nb=			Grafico-2	2,50
dw=Nw x d	mm	1.524,00	in	60,00
db=Nb x d	mm	3.175,00	in	125,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,06
Requiere ajustar diámetros				sí
Qw			Grafico-3	0,81
Qb			Grafico-3	0,88
d´w=dw x qw	mm	1.234,44	in	48,60
d´b=db x Qb	mm	2.794,00	in	110,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	140,00	in	5,51
d´w (ajustado)=	mm	319,42	in	12,58
d´b (ajustado)=	mm	722,97	in	28,46
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

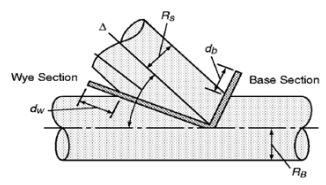
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

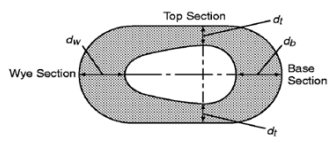
d´b (ajustado)=	mm	722,97	in	28,46
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo				45,00
Gráfico d´t=	mm	444,50	in	17,50

RESUMEN

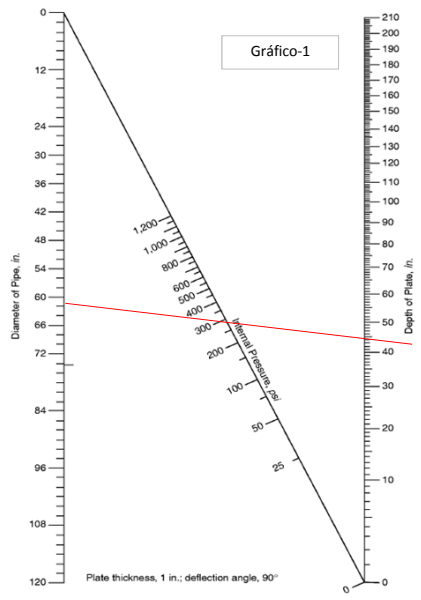
Ala (dw)	mm	320,00
Ala (db)	mm	740,00
Ala (dt)	mm	460,00
espesor(t)	mm	140,00

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***#¡REF!***





	T- Toma DN1 a derivación DN2			
		#¡REF!		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.930	in	75,984
Ty=esp. Tubería	mm	11,00	in	0,433
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.829	in	72,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	11,00	in	0,433
Ang=Ángulo derivación	º	45	Rad	0,785
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	#¡REF!	PSI	#¡REF!
Tipo de acero		#¡REF!		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	#¡REF!	PSI	#¡REF!
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	#¡REF!		
n=Coef. Seg=1/C1	n	#¡REF!		



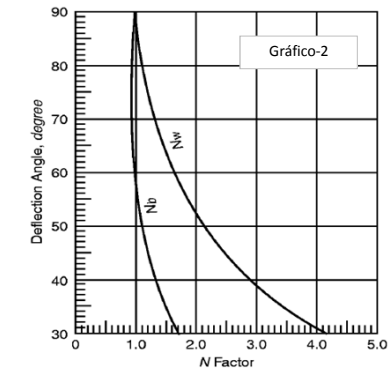
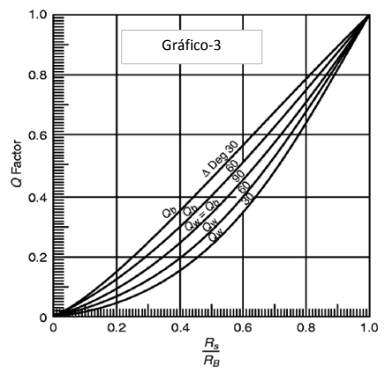
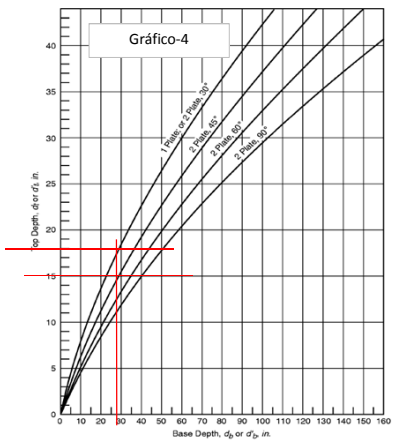


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	990,60	in	39

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	45,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				sí
Nw=			Grafico-2	1,20
Nb=			Grafico-2	2,50
dw=Nw x d	mm	1.188,72	in	46,80
db=Nb x d	mm	2.476,50	in	97,50

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,95
Requiere ajustar diámetros				sí
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	1.188,72	in	46,80
d´b=db x Qb	mm	2.476,50	in	97,50

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	695,22	in	27,37
d´b (ajustado)=	mm	1.448,38	in	57,02
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	1.448,38	in	57,02
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo				45,00
Gráfico d´t=	mm	355,60	in	14,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	700,00
Ala (db)	mm	1.460,00
Ala (dt)	mm	360,00
espesor(t)	mm	50,00

TOMA-16: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Tub. Principal	Toma	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro
	Sin válvulasTub. DN 1829 e=11,5-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulasTub. DN 1626 e=10-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=10-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=13,7Atm	Sin válvulasTub. DN 1118 e=8-S275, PMD=13,7Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.806,00	1.606,00	1.301,00	316,00	211,10	1.102,00
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.626,00	1.321,00	324,00	219,10	1.118,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.817,50	1.616,00	1.311,00	320,00	215,10	1.110,00
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,15	mca	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	136,50	136,50	136,50	136,50	136,50	136,50
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	9,08	8,07	6,56	1,61	1,09	5,55
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	10,97	9,76	7,93	1,94	1,31	6,71
e min por depresión interior	mm	7,32	6,51	5,29	1,30	0,88	4,47
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	10,00	4,00	4,00	8,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO							
CONDICIONES DE INSTALACIÓN							
Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	139,27	91,58	91,58	5,86	5,86	46,89
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,87	4,56	8,53	37,56	123,67	7,20
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		159,04	162,60	132,10	81,00	54,78	139,75
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3
ACCIONES							
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	5,15	3,98	3,23	0,32	0,21	2,19
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	25,62	20,26	13,29	0,78	0,35	9,54
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg						
W2=Carrete de desmontaje	Kg						
W3=Caudalímetro	Kg						
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	9,31	8,28	6,73	1,65	1,12	5,69
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	15,52	13,80	11,21	0,01	0,01	9,49
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	5,69	5,05	4,11	1,01	0,68	3,48
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales							
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	46,29	38,04	27,74	2,75	1,68	21,22
Qth=Qvh	KN/m	5,69	5,05	4,11	1,01	0,68	3,48
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	46,64	38,37	28,04	2,93	1,81	21,50
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	139,92	115,12	84,12	8,78	5,43	64,49
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	46,64	38,37	28,04	2,93	1,81	21,50
B) RESULTADOS DEL CÁLCULO							
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.806,00	1.606,00	1.301,00	316,00	211,10	1.102,00
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.829,00	1.626,00	1.321,00	324,00	219,10	1.118,00
Diámetro medio (Dm)	mm	1.817,50	1.616,00	1.311,00	320,00	215,10	1.110,00
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	11,50	10,00	10,00	4,00	4,00	8,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA							
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	50,69	45,91	41,35	15,79	12,46	35,51
q = Carga lineal	N/m	46.639,43	38.374,82	28.038,86	2.928,31	1.810,76	21.498,03
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,027114	0,016573	0,008849	0,000051	0,000016	0,004297
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA							
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	17,29	16,91	20,82	33,95	50,21	19,68
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coef.seguridad Pr/Pt		1.266,73	1.239,02	1.525,10	2.487,22	3.678,05	1.441,61
		si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA							
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,12	0,11	0,20	0,90	2,97	0,17
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,058	0,055	0,102	0,451	1,484	0,086
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO							
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,027114	0,016573	0,008849	0,000051	0,000016	0,004297
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	46.639,43	38.374,82	28.038,86	2.928,31	1.810,76	21.498,03
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,002	0,003	0,057	0,116	0,005
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,002	0,003	0,057	0,116	0,005
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,46%	0,51%	0,63%	2,57%	3,80%	0,75%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1100	1118	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

Seguridad calculada		4.823,15	3.582,94	2.618,29	145,85	71,65	1.658,17
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO							
D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	10,81	8,93	3,89	0,09	0,02	3,12
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	5.081	3.928	3.191	313	212	2.161
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	884,70	769,30	769,30	307,72	307,72	615,44
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	1,27E-07	8,33E-08	8,33E-08	5,33E-09	5,33E-09	4,27E-08
Deformación % = D/ Dext		0,59%	0,55%	0,29%	0,03%	0,01%	0,28%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

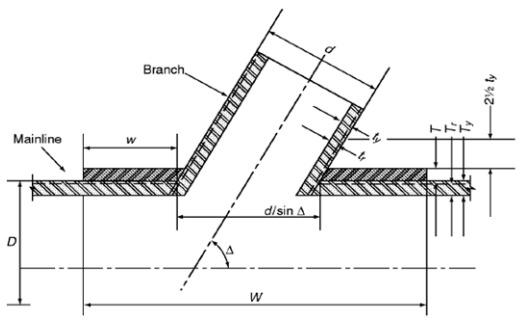
FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS							
Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	37,91	41,46	28,85	16,61	9,16	35,03
q=carga lineal (N/m)		46.639,43	38.374,82	28.038,86	2.928,31	1.810,76	21.498,03
*R=q*L/2*		69.959,15	57.562,23	42.058,29	4.392,47	2.716,13	32.247,04
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	57,56	42,06	4,39	2,72	32,25
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	69,96	57,56	42,06	4,39	2,72	32,25
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	108,55	110,97	90,16	55,28	37,38	95,38
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,18	1,41	1,57	6,91	9,51	2,10
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	34,98	28,78	21,03	2,20	1,36	16,12
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-34,98	-28,78	-21,03	-2,20	-1,36	-16,12
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	66,23	70,62	52,96	37,34	28,02	60,97
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	66.225,94	70.616,67	52.960,41	37.340,20	28.023,62	60.974,98
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		2,08	1,95	2,60	3,68	4,91	2,26
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería							
σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	66.225,94	70.616,67	52.960,41	37.340,20	28.023,62	60.974,98
σ_a=Tensión axial =$(qt+0,5)*\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	128.580,75	132.093,34	117.968,32	105.472,16	98.018,89	124.379,98
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	111.371,02	114.487,43	102.341,00	92.629,99	87.442,45	107.723,08
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,47	2,40	2,69	2,97	3,14	2,55
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,23	1,20	1,34	1,48	1,57	1,28
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-16: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

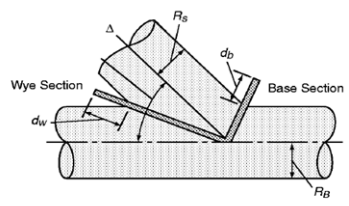
	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a desagüe-1				T- Toma DN1 a bypass				T- Toma DN1 a boca hombre				T en Toma DN2 - bypass			
	pieza T 1829/1321 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275				pieza T 1829/812,8 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275				pieza T 1321/219,1 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	1.829	in	72,008	mm	1.321	in	52,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	11,50	in	0,453	mm	10	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.321	in	52,008	mm	323	in	12,717	mm	219	in	8,626	mm	813	in	32,000	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																				
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				7.292,75				436,00				200,62				2.760,91				277,77
d/D=				0,72				0,18				0,12				0,44				0,17
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador								0,00229				0,00498				0,00036				0,00360
M=M1*PDV								1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	9,08	in	0,357	mm	9,08	in	0,357	mm	9,08	in	0,357	mm	6,56	in	0,258
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,60	in	0,063	mm	1,09	in	0,043	mm	4,03	in	0,159	mm	1,09	in	0,043
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	2.859,72	in2	4,43	mm2	1.916,47	in2	2,97	mm2	7.270,06	in2	11,27	mm2	1.384,18	in2	2,15
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	810,71	in2	1,257	mm2	569,43	in2	0,883	mm2	1.998,11	in2	3,097	mm2	785,07	in2	1,217
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo					mm2	2.049,01	in2	3,18	mm2	1.347,04	in2	2,09	mm2	5.271,94	in2	8,17	mm2	599,10	in2	0,93
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																				
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,50	in	6,36	mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w					mm	6,34	in	0,250	mm	6,15	in	0,242	mm	6,49	in	0,255	mm	2,73	in	0,108
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	539,41	in	21,24	mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	646,00	in	25,43	mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																				
Espesor de chapa seleccionado					mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	157,62	in	6,205	mm	103,62	in	4,079	mm	405,53	in	15,966	mm	46,08	in	1,814
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,67	in	4,239	mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667	mm	73,03	in	2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	538,33	in	21,194	mm	365,17	in	14,377	mm	1.354,67	in	53,333	mm	365,17	in	14,377
Resumen																				
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**6,50**				**6,50**				**6,50**				**6,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**500**				**1.500**				**500**		
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**150**				**350**				**150**		

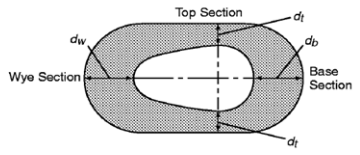
TOMA-16: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

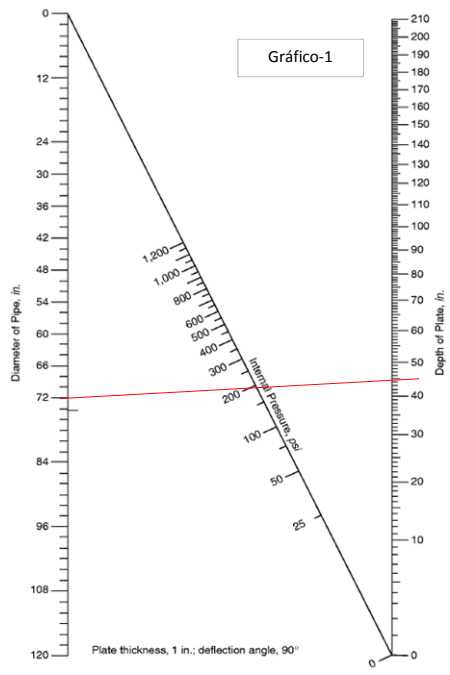
	T- principal DN3 a desagüe				T- principal DN3 a bypass				T- principal DN3 a boca hombre			
	pieza T 1626/323 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275				pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626,00	in	64,016	mm	1.626,00	in	64,016	mm	1.626,00	in	64,016
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323,00	in	12,717	mm	219,10	in	8,626	mm	812,80	in	32,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571	º	90,00	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo												
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				490,44				225,66				3.105,60
d/D=				0,20				0,13				0,50
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00204				0,00443				0,00032
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	8,07	in	0,318	mm	8,07	in	0,318	mm	8,07	in	0,318
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,60	in	0,063	mm	1,09	in	0,043	mm	4,03	in	0,159
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.542,32	in2	3,94	mm2	1.703,76	in2	2,64	mm2	6.463,15	in2	10,02
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	655,61	in2	1,016	mm2	465,49	in2	0,722	mm2	1.603,81	in2	2,486
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.886,71	in2	2,92	mm2	1.238,27	in2	1,92	mm2	4.859,34	in2	7,53
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)												
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	5,84	in	0,230	mm	5,65	in	0,223	mm	5,98	in	0,235
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00
Selección de espesores												
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	145,13	in	5,714	mm	95,25	in	3,750	mm	373,80	in	14,716
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67	in	4,239	mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	613,26	in	24,144	mm	409,60	in	16,126	mm	1.560,39	in	61,433
Resumen												
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**				**6,50**				**6,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**700**				**500**				**1.600**		
W=Ancho de corona (mm)		**190**				**150**				**400**		

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1829/1321 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275***







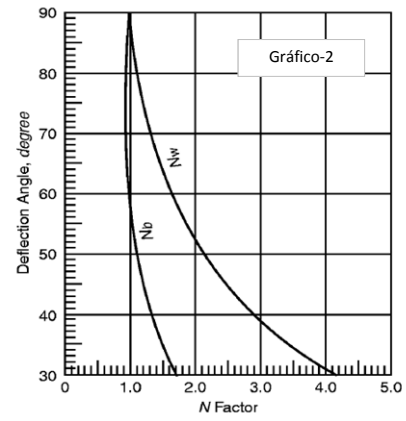
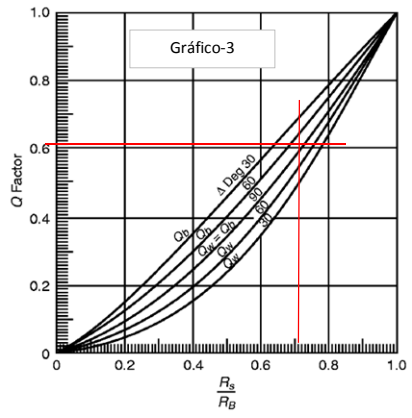
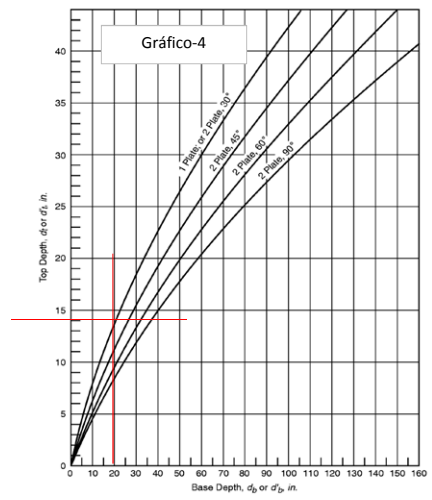


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





T- Toma DN1 a derivación DN2				
pieza T 1829/1321 en 90º PMD=13,7Atm-Acero S275				
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.829	in	72,008
Ty=esp. Tubería	mm	11,50	in	0,453
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.321	in	52,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	1.397,00	in	55

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.397,00	in	55,00
db=Nb x d	mm	1.397,00	in	55,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,72
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,60
Qb			Grafico-3	0,60
d´w=dw x qw	mm	838,20	in	33,00
d´b=db x Qb	mm	838,20	in	33,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	533,53	in	21,01
d´b (ajustado)=	mm	533,53	in	21,01
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

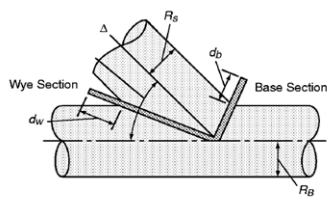
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

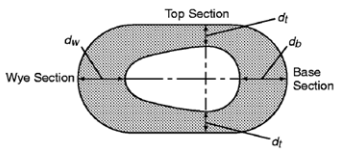
d´b (ajustado)=	mm	533,53	in	21,01
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	355,60	in	14,00

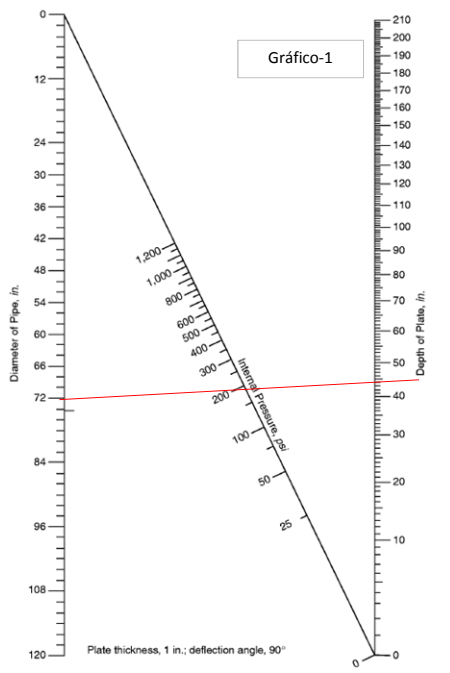
RESUMEN

Ala (dw)	mm	540,00
Ala (db)	mm	540,00
Ala (dt)	mm	360,00
espesor(t)	mm	50,00

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1321/107,666666666667 en 10º PMD=13,7Atm-Acero S275***







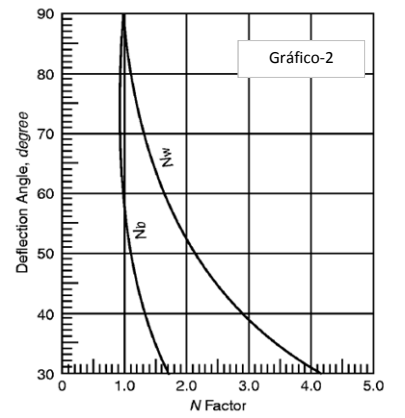
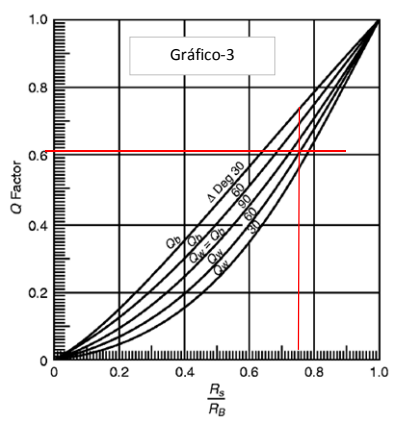
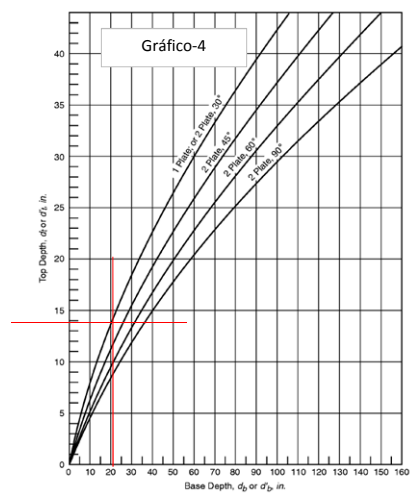


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





T- Toma DN1 a derivación DN2				
pieza T 1321/107,666666666667 en 10º PMD=13,7Atm-Acero S275				
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	108	in	4,239
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	1.321,00	in	52,008
Ang=Ángulo derivación	º	10,00	Rad	0,175
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	13,65	PSI	194,15
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	1.397,00	in	55

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	10,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				si
Nw=			Grafico-2	#N/A
Nb=			Grafico-2	#N/A
dw=Nw x d	mm	#N/A	in	#N/A
db=Nb x d	mm	#N/A	in	#N/A

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,08
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,60
Qb			Grafico-3	0,60
d´w=dw x qw	mm	#N/A	in	#N/A
d´b=db x Qb	mm	#N/A	in	#N/A

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				#N/A
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	#N/A	in	#N/A
d´b (ajustado)=	mm	#N/A	in	#N/A
Requiere d´w ajuste nuevo?				#N/A
Requiere d´b ajuste nuevo?				#N/A

Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	#N/A	in	#N/A
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	355,60	in	14,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	#N/A
Ala (db)	mm	#N/A
Ala (dt)	mm	360,00

TOMA-14 y 15: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub. Principal	Toma-14	Toma-15	Desagüe	Bypass	Tub. Caudalímetro	Tub. Caudalímetro
	Sin válvulasTub. DN 1626 e=10-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulasTub. DN 914,4 e=10-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulasTub. DN 1321 e=10-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulasTub. DN 324 e=4-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulasTub. DN 711 e=6-S275, PMD=14,6Atm	Sin válvulasTub. DN 1118 e=8-S275, PMD=14,6Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN								
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.606,00	894,40	1.301,00	316,00	211,10	699,00	1.102,00
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.626,00	914,40	1.321,00	324,00	219,10	711,00	1.118,00
Diámetro medio (D_m)	mm	1.616,00	904,40	1.311,00	320,00	215,10	705,00	1.110,00
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,15	mca	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	145,60	145,60	145,60	145,60	145,60	145,60	145,60
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	8,61	4,84	6,99	1,72	1,16	3,76	5,92
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	9,76	5,49	7,93	1,94	1,31	4,27	6,71
e min por depresión interior	mm	6,50	3,66	5,28	1,30	0,88	2,84	4,47
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	10,00	10,00	10,00	4,00	4,00	6,00	8,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (υ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO								
CONDICIONES DE INSTALACIÓN								
Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	91,58	91,58	91,58	5,86	5,86	19,78	46,89
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,56	26,00	8,53	37,56	123,67	11,85	7,20
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		162,60	91,44	132,10	81,00	54,78	118,50	139,75
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2	clase-3	clase-3
ACCIONES								
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	3,98	2,23	3,23	0,32	0,21	1,04	2,19
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	20,26	6,28	13,29	0,78	0,35	3,84	9,54
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg							
W2=Carrete de desmontaje	Kg							
W3=Caudalímetro	Kg							
W4=Otros (10%): Bridas, …	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	8,28	4,66	6,73	1,65	1,12	3,62	5,69
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	13,80	7,76	11,21	0,01	0,01	6,03	9,49
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	5,05	2,84	4,11	1,01	0,68	2,21	3,48
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales								
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	38,04	16,27	27,74	2,75	1,68	10,91	21,22
Qth=Qvh	KN/m	5,05	2,84	4,11	1,01	0,68	2,21	3,48
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	38,37	16,52	28,04	2,93	1,81	11,14	21,50
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	115,12	49,56	84,12	8,78	5,43	33,41	64,49
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	38,37	16,52	28,04	2,93	1,81	11,14	21,50
B) RESULTADOS DEL CÁLCULO								
Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.606,00	894,40	1.301,00	316,00	211,10	699,00	1.102,00
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.626,00	914,40	1.321,00	324,00	219,10	711,00	1.118,00
Diámetro medio (Dm)	mm	1.616,00	904,40	1.311,00	320,00	215,10	705,00	1.110,00
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	10,00	10,00	10,00	4,00	4,00	6,00	8,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MAXIMA								
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	45,91	34,03	41,35	15,79	12,46	25,51	35,51
q = Carga lineal	N/m	38.374,82	16.519,01	28.038,86	2.928,31	1.810,76	11.135,94	21.498,03
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,016573	0,002905	0,008849	0,000051	0,000016	0,000826	0,004297
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA								
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	16,91	30,07	20,82	33,95	50,21	23,21	19,68
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coef.seguridad Pr/Pt		1.161,58	2.065,55	1.429,78	2.331,77	3.448,17	1.593,87	1.351,51
		si	si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESION MAXIMA								
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,11	0,62	0,20	0,90	2,97	0,28	0,17
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,055	0,312	0,102	0,451	1,484	0,142	0,086
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO								
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,016573	0,002905	0,008849	0,000051	0,000016	0,000826	0,004297
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	38.374,82	16.519,01	28.038,86	2.928,31	1.810,76	11.135,94	21.498,03
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,006	0,003	0,057	0,116	0,014	0,005
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,006	0,003	0,057	0,116	0,014	0,005
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,51%	0,91%	0,63%	2,57%	3,80%	1,17%	0,75%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		3.582,94	1.459,14	2.618,29	145,85	71,65	615,13	1.658,17
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO								
D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	8,93	0,89	3,89	0,09	0,02	0,91	3,12
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	3.928	2.209	3.191	313	212	1.030	2.161
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	769,30	769,30	769,30	307,72	307,72	461,58	615,44

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1100	1118	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80

TOMA-14 y 15: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	8,33E-08	8,33E-08	8,33E-08	5,33E-09	5,33E-09	1,80E-08	4,27E-08
Deformación % = D/ Dext		0,55%	0,10%	0,29%	0,03%	0,01%	0,13%	0,28%
Cumple menor 5%?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

FLEXIÓN LONGITUDINAL

B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	41,46	15,49	28,85	16,61	9,16	31,00	35,03
q=carga lineal (N/m)		38.374,82	16.519,01	28.038,86	2.928,31	1.810,76	11.135,94	21.498,03
*R=q*L/2*		57.562,23	24.778,51	42.058,29	4.392,47	2.716,13	16.703,91	32.247,04
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	57,56	24,78	42,06	4,39	2,72	16,70	32,25
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	57,56	24,78	42,06	4,39	2,72	16,70	32,25
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	118,37	66,57	96,17	58,97	39,88	86,27	101,74
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,41	1,95	1,57	6,91	9,51	3,60	2,10
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	28,78	12,39	21,03	2,20	1,36	8,35	16,12
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-28,78	-12,39	-21,03	-2,20	-1,36	-8,35	-16,12
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	72,47	34,08	54,46	38,26	28,65	56,16	62,56
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	72.466,24	34.080,59	54.463,04	38.261,58	28.646,68	56.158,93	62.564,63
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		1,90	4,03	2,52	3,59	4,80	2,45	2,20
Cumple?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

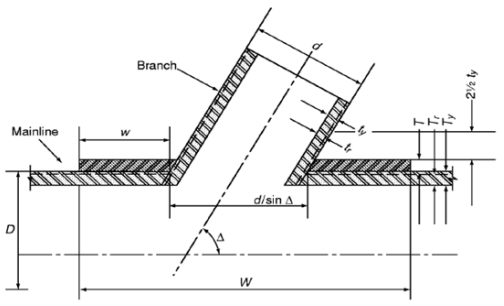
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería

σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	72.466,24	34.080,59	54.463,04	38.261,58	28.646,68	56.158,93	62.564,63
σ_a=Tensión axial =$(qt+0,5)*\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	133.573,00	102.864,47	119.170,43	106.209,26	98.517,35	120.527,14	125.651,71
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	115.816,96	90.757,39	103.331,66	93.169,85	87.773,03	104.460,24	108.817,88
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,37	3,03	2,66	2,95	3,13	2,63	2,53
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,19	1,52	1,33	1,48	1,57	1,32	1,26
Cumple ELS?		**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**	**si**

TOMA-14 y 15: CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.

1- CÁLCULO DE BABEROS



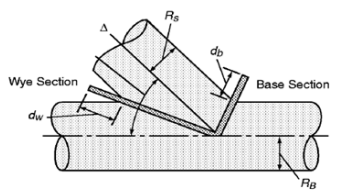
D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

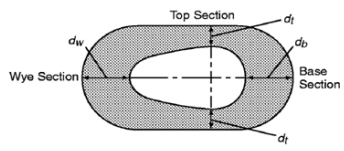
PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

	T - principal DN1 a toma DN2				T- principal DN1 a desagüe				T- Toma DN1 a bypass				T- Toma DN1 a boca hombre				T en Toma-14 bypass				Toma-16 bypass			
	pieza T 1626/914,4 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275				pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275				pieza T 914,4/219,1 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275				pieza T 1321/219,1 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	in	64,016	mm	1.626	in	64,016	mm	1.626	in	64,016	mm	1.626	in	64,016	mm	914	in	36,000	mm	1.321	in	52,008
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	914	in	36,000	mm	323	in	12,717	mm	219	in	8,626	mm	813	in	32,000	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	4	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	14,56	PSI	207,09	Atm= Kg/cm2	14,56	PSI	207,09	Atm= Kg/cm2	14,56	PSI	207,09	Atm= Kg/cm2	14,56	PSI	207,09	Atm= Kg/cm2	14,56	PSI	207,09	Atm= Kg/cm2	14,56	PSI	207,09
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				4.192,57				523,13				240,71				3.312,64				428,03				296,29
d/D=				0,56				0,20				0,13				0,50				0,24				0,17
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador								0,00191				0,00415				0,00030				0,00234				0,00338
M=M1*PDV								1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	8,61	in	0,339	mm	8,61	in	0,339	mm	8,61	in	0,339	mm	4,84	in	0,191	mm	6,99	in	0,275
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,71	in	0,067	mm	1,16	in	0,046	mm	4,30	in	0,169	mm	1,16	in	0,046	mm	1,16	in	0,046
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	2.711,81	in2	4,20	mm2	1.817,35	in2	2,82	mm2	6.894,03	in2	10,69	mm2	1.022,01	in2	1,58	mm2	1.476,45	in2	2,29
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	483,98	in2	0,750	mm2	350,45	in2	0,543	mm2	1.164,87	in2	1,806	mm2	1.145,79	in2	1,776	mm2	691,35	in2	1,072
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo					mm2	2.227,83	in2	3,45	mm2	1.466,89	in2	2,27	mm2	5.729,17	in2	8,88	mm2	-123,79	in2	-0,19	mm2	785,11	in2	1,22
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,50	in	6,36	mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w					mm	6,90	in	0,272	mm	6,70	in	0,264	mm	7,05	in	0,278	mm	-0,56	in	-0,022	mm	3,58	in	0,141
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	539,41	in	21,24	mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	646,00	in	25,43	mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado					mm	7,00	in	0,276	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	0,00	in	0,000	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	159,13	in	6,265	mm	104,78	in	4,125	mm	381,94	in	15,037	mm	0,00	in	0,000	mm	60,39	in	2,378
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,67	in	4,239	mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667	mm	73,03	in	2,875	mm	73,03	in	2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	538,33	in	21,194	mm	365,17	in	14,377	mm	1.354,67	in	53,333	mm	365,17	in	14,377	mm	365,17	in	14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**7,00**				**7,00**				**7,50**				**n/a**				**6,50**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**500**				**1.500**				**n/a**				**500**		
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**150**				**350**				**n/a**				**150**		

2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1626/914,4 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1626/914,4 en 90º PMD=14,6Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	in	64,016
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	914	in	36,000
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	14,56	PSI	207,09
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	1.016,00	in	40

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.016,00	in	40,00
db=Nb x d	mm	1.016,00	in	40,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,56
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,57
Qb			Grafico-3	0,57
d´w=dw x qw	mm	579,12	in	22,80
d´b=db x Qb	mm	579,12	in	22,80

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
d´b (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

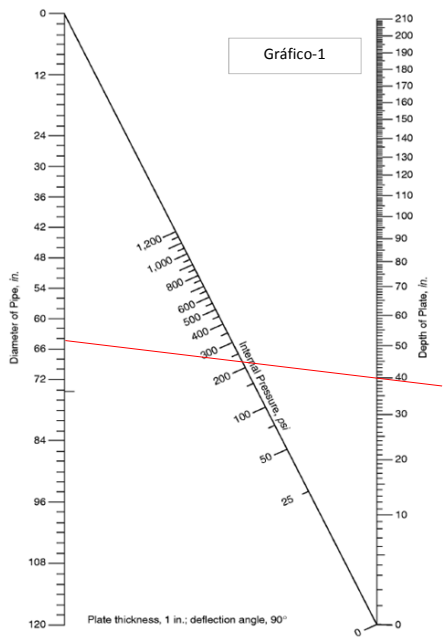
Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

d´b (ajustado)=	mm	368,62	in	14,51
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	279,40	in	11,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	380,00
Ala (db)	mm	380,00
Ala (dt)	mm	280,00
espesor(t)	mm	50,00



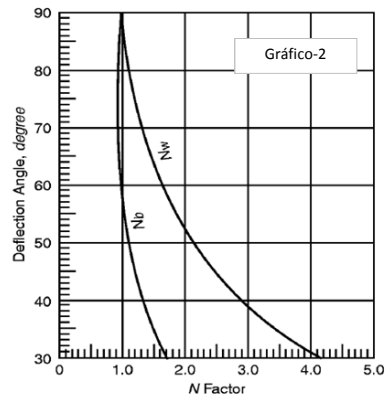
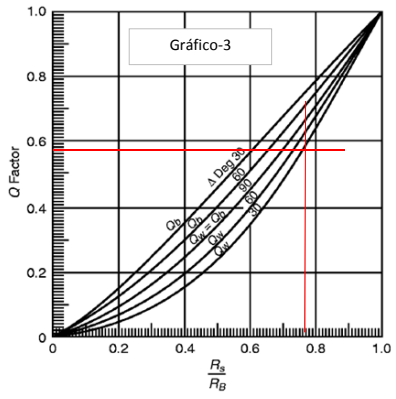
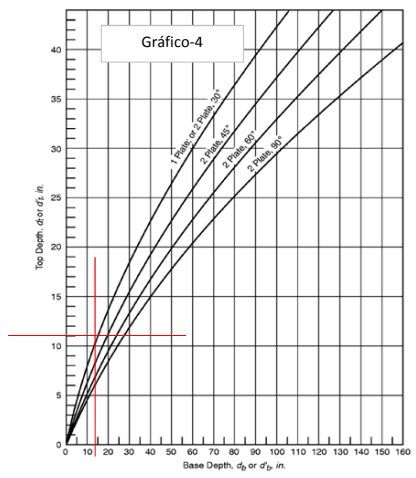


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10





ARQUETA DE TUDELA

CÁLCULO DE TRAMO AÉREO DE TUBERÍAS

Nota: Todas las válvulas dispondrán de apoyos independientes

Nota: No existirán tramos de tuberías válvulas colgadas sin apoyo directo sobre estas

	Tub-1 entrante arqueta	Tub-2 entrante arqueta	Tub-3 a Presa	Tub-4 presa-DC	Tub-5 desagüe Howell	Desagüe	Bypass tubos
	Sin válvulasTub. DN 1626 e=10-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulasTub. DN 761 e=6-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulasTub. DN 2235 e=14,2-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulasTub. DN 1930 e=12-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulasTub. DN 609,6 e=6-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulasTub. DN 323,9 e=4-S275, PMD=14,8Atm	Sin válvulasTub. DN 219,1 e=4-S275, PMD=14,8Atm
Cumple espesor mínimo por presión interna?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple depresión interna?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación máxima en vano?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple deformación en acopio?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple Tensión máxima en apoyo?	si	si	si	si	si	si	si
Cumple ELS?	si	si	si	si	si	si	si

CONDUCCIÓN

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (D_i)	mm	1.606,00	749,00	2.206,60	1.906,00	597,60	315,90	211,10
Diametro exterior (D_e) (s/ tabla)	mm	1.626,00	761,00	2.235,00	1.930,00	609,60	323,90	219,10
Diámetro medio (D_m)	mm	1.616,00	755,00	2.220,80	1.918,00	603,60	319,90	215,10
Presión max interna de trabajo s/ calc hid incl. Sobrepresión =PE x 1,15	mca	114,00	114,00	114,00	114,00	114,00	114,00	114,00
Coef. Seguridad adoptado=C		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
PMD=Presión máx. diseño interna =C x Pi	mca	148,20	148,20	148,20	148,20	148,20	148,20	148,20
Pv=Depresión máxima (<0,1 Mpa) debida a golpe de ariete o vaciado de la tubería	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
e min debido a presión interna de trabajo =PMDe/(2Tmax)	mm	8,76	4,10	12,04	10,40	3,29	1,75	1,18
e min por requerimiento de esbeltez => De/e <=200	0,60%	9,76	4,57	13,41	11,58	3,66	1,94	1,31
e min por depresión interior	mm	6,50	3,04	8,94	7,72	2,44	1,30	0,88
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	10,00	6,00	14,20	12,00	6,00	4,00	4,00
Módulo de elasticidad del tubo (E_t)	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
fy='Limite elástico mínimo (Re_{min})	MPa	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00	275,00
fu=Tensión de rotura	MPa	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Coef. Seguridad=		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Peso especifico del acero (γ_t)	kN/m^3	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50	78,50
Coeficiente de Poisson (ϑ_t)		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coef. Dilatación º C^(-1)		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN (mm)	DNe (mm)	6,00	8,00	10,00	12,50	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
200	219,1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
250	273	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
300	323,9	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
500	508	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
600	609,6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00
700	711,2	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	4,00	4,00	4,00
800	812,8	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
900	914,4	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1000	1016	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1100	1118	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1300	1321	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1500	1524	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1600	1626	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
1800	1829	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00
1900	1930	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	13,80
2000	2032	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
2200	2235	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20
2500	2540	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20

A) HIPÓTESIS DE CÁLCULO

CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Colocación		Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada	Viga biempotrada
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Momento de inercia a flexión (I) e^3/12	mm^3.m	91,58	19,78	262,21	158,24	19,78	5,86	5,86
Rigidez anular (R_A) =EI/(Dm^3)	kN/m^2	4,56	9,65	5,03	4,71	18,89	37,60	123,67
ε =(235/ fy)^0,5		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Límite de esbletez = d/t <50s^2		162,60	126,83	157,39	160,83	101,60	80,98	54,78
Clase-1: 50ε ^2		36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51	36,51
Clase-1: 70ε ^2		51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12	51,12
Clase-1: 90ε ^2		65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72	65,72
Tipo s/ CTE articulo 20.3.de la EAE		clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-3	clase-2
ACCIONES								
Qpp= Peso propio de la tubería =Densidad Gt x pi x e x (Dext-e)xg	kN/m	3,98	1,12	7,77	5,67	0,89	0,32	0,21
Qf= Peso del fluido =&f*3,14/4*(Dext-2e)^2*9,81	KN/m	20,26	4,41	38,24	28,53	2,80	0,78	0,35
QW=Peso valvulería	KN/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W=Peso total de válvulas	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas	Sin válvulas
W1=Peso válvula corte	Kg							
W2=Carrete de desmontaje	Kg							
W3=Caudalímetro	Kg							
W4=Otros (10%): Bridas, ...	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud del tubo entre apoyos	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Qn=Carga de nieve	KN/m	8,28	3,88	11,38	9,83	3,10	1,65	1,12
Sobrecarga de nieve Sc, para la altura s/ tabla=	KN/m2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Qp=Carga peatonal	KN/m	13,80	6,46	18,97	16,38	5,17	0,01	0,01
Sobrecarga peatonal circunstancial =100 Kg/m2=1Kn/m2	KN/m2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Qvh= Carga de viento=3/40xV^2 x Dexg	KN/m	5,05	2,37	6,95	6,00	1,89	1,01	0,68
v)velocidad del viento (m/s) (habitualmente se utiliza entre 30-65 y 110 Km/h)		65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Coef. Simultaneidad de cargas		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hipótesis-1: Cargas totales								
Qtv=Qpp+Qf+max(Qn+Qp)+Qw	KN/m	38,04	11,98	64,98	50,59	8,87	2,75	1,68
Qth=Qvh	KN/m	5,05	2,37	6,95	6,00	1,89	1,01	0,68
Q=(tv^2+Qth^2)^0,5	KN/m	38,37	12,21	65,35	50,94	9,07	2,93	1,81
Q (KN)=Carga total (Q) máx	kN	115,12	36,64	196,06	152,82	27,21	8,78	5,43
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	kN/m	38,37	12,21	65,35	50,94	9,07	2,93	1,81

B) RESULTADOS DEL CÁLCULO

Material de la conducción		S275	S275	S275	S275	S275	S275	S275
Diametro interior (Di)	mm	1.606,00	749,00	2.206,60	1.906,00	597,60	315,90	211,10
Diametro exterior (De) (s/ tabla)	mm	1.626,00	761,00	2.235,00	1.930,00	609,60	323,90	219,10
Diámetro medio (Dm)	mm	1.616,00	755,00	2.220,80	1.918,00	603,60	319,90	215,10
e= espesor de cálculo adoptado (s/ tabla)	mm	10,00	6,00	14,20	12,00	6,00	4,00	4,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.0: LONGITUD PREVIA MÁXIMA								
Lmax de vano tanteo-1 = ((384 EI)/(360q))^(1/3)	m	45,91	26,50	59,38	52,68	23,39	15,79	12,46
q = Carga lineal	N/m	38.374,82	12.212,64	65.353,74	50.939,98	9.071,38	2.927,17	1.810,76
E= Módulo de Elasticidad	Pa	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I (m4) = Momento de inercia de la secc. De la tubería =3,14/64*(D^4 -(D-2e)^4)	m4	0,016573	0,001014	0,061079	0,033251	0,000518	0,000051	0,000016
¿Es necesario poner vano intermedio?		no	no	no	no	no	no	no
Distancia adoptada entre apoyos		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
B.1 PRESION INTERIOR POSITIVA								
Coef. Seguridad=		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Tensión admisible (σ_{adm})=Lim Elastico/coef. Seguridad	MPa	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50	137,50
Presión resistida (P_r) =20*e/(Dext)*sadm	bar	16,91	21,68	17,47	17,10	27,07	33,96	50,21
Presión máxima de trabajo (P_t)	barm =Atm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Coef.seguridad Pr/Pt		1.141,21	1.463,02	1.178,95	1.153,74	1.826,38	2.291,57	3.387,68
		si	si	si	si	si	si	si
B.2 DEPRESIÓN MÁXIMA								
Presión critica de pandeo (P_{cr})=2*((e/(1-qt^2)*(e/Dm)^3)	Mpa	0,11	0,23	0,12	0,11	0,45	0,90	2,97
Depresión interna máxima =(P_v) <Pcrit/2	Mpa	0,055	0,116	0,060	0,057	0,227	0,451	1,484
Depresión máxima Pv por golpe de ariete y vaciado	MPa	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Cumple depresión máxima?		si	si	si	si	si	si	si
B.3 DEFORMACIONES MÁXIMA DEL VANO								
Deformación MAX adminsible s/ AWWA M11 para carga de agua=L/360*1000 (mm)		8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Flecha máx. admisible considerando biapoyada=L/402*1000 (mm)		7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46	7,46
Flecha máx. adminisble apoyada-empotrada, considerando 60% de empotre en apoyo=L/736*1000 (mm)		4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
I=Momento de inercia del tubo	m^4	0,016573	0,001014	0,061079	0,033251	0,000518	0,000051	0,000016
Q (Kn/m) =Carga total (Q) máx	N/m	38.374,82	12.212,64	65.353,74	50.939,98	9.071,38	2.927,17	1.810,76
W= Cargas concentradas puntual sobre tubería	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Longitud máx. entre apoyos tuberia aérea (l)	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
&1max cagas lineales=q*L^4/(384EI)	mm	0,002	0,012	0,001	0,002	0,018	0,057	0,116
&2max carga puntual=2WL^3/(384EI)	mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Deformación máxima obtenida=&1+&2=	mm	0,002	0,012	0,001	0,002	0,018	0,057	0,116
Deformación máxima admisible	mm	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
Deformación máxima % del diámetro		0,51%	1,10%	0,37%	0,43%	1,37%	2,57%	3,80%
Cumple ELS deformación		si	si	si	si	si	si	si
Seguridad calculada		3.582,94	688,90	7.753,70	5.415,40	473,93	145,77	71,65
B.4 DEFORMACIONES POR ACOPIO								
D=(W*D^4)/(16*E*I)*(0,4649)	mm	8,93	1,19	15,81	12,31	0,49	0,09	0,02
W1=3,14*7850**e*Dext*9,81	Kg	3.928	1.103	7.666	5.595	884	313	212
W=peso por unidad de longitud del tubo=W1/(3,14*D)*9,81	Kg/m	769,30	461,58	1.092,41	923,16	461,58	307,72	307,72
E=Mod Elasticidad	Kg/m2	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11	2,10E+11
I=e^3/12= Momento inercia	m3	8,33E-08	1,80E-08	2,39E-07	1,44E-07	1,80E-08	5,33E-09	5,33E-09
Deformación % = D/ Dext		0,55%	0,16%	0,71%	0,64%	0,08%	0,03%	0,01%
Cumple menor 5%?		si	si	si	si	si	si	si

FLEXIÓN LONGITUDINAL

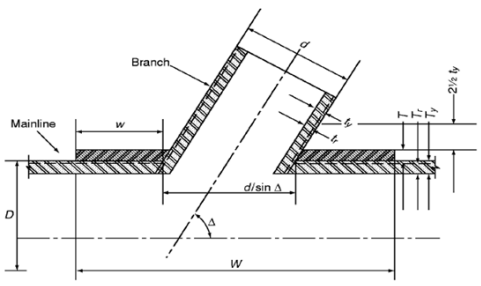
B5. REACCIONES EN APOYOS

Tipo de apoyo		Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U	Apoyo en U
Alfa= ángulo de apoyo		120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
T1=Tensión máx, reacción en apoyo=K1*R/(e^2)*ln(D/2*e)	Mpa	41,46	34,56	34,76	38,12	24,29	16,60	9,16

ARQUETA DE TUDELA

q=carga lineal (N/m)		38.374,82	12.212,64	65.353,74	50.939,98	9.071,38	2.927,17	1.810,76
*R=q*L/2*		57.562,23	18.318,95	98.030,61	76.409,96	13.607,08	4.390,75	2.716,13
K1= 0,02-0,00012(alfa-90)*		0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164	0,0164
*Reacción en A (R_A) (apoyo) =q*L/2*	kN	57,56	18,32	98,03	76,41	13,61	4,39	2,72
*Reacción en B (R_B) (apoyo) =q*L/2*	kN	57,56	18,32	98,03	76,41	13,61	4,39	2,72
T2=Tensión circuferencial =P*D/(2*e)	Mpa	120,49	93,98	116,63	119,18	75,29	60,00	40,59
P= Presión de trabajo (1mca=0,01MPa)	Mpa	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
T3=tensión por flexión = M/(I/c) = (8*q*D*L^2)/(3*pi*(D^4-(Dext-2e)^4)	Mpa	1,41	3,44	0,90	1,11	4,00	6,91	9,51
Momento flector en A (M_A) =QL^2/12	kN.m	28,78	9,16	49,02	38,20	6,80	2,20	1,36
Momento flector en B (M_B)	kN.m	-28,78	-9,16	-49,02	-38,20	-6,80	-2,20	-1,36
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	Mpa	72,99	61,50	64,81	69,03	47,11	38,51	28,82
Máxima tensión=T1+T2/4+T3	kn/m2	72.994,69	61.497,26	64.810,82	69.027,55	47.109,97	38.513,95	28.824,70
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad		137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad		1,88	2,24	2,12	1,99	2,92	3,57	4,77
Cumple?		si	si	si	si	si	si	si
B.6 TENSIONES. ELU. De resistencia de la tubería								
σ_c=Tensión de trabajo en apoyo (T1+T2/4+T3)	kN/m^2	72.994,69	61.497,26	64.810,82	69.027,55	47.109,97	38.513,95	28.824,70
σ_a=Tensión axial =(qt+0,5)*$\sigma_{c+\sigma t}$	kN/m^2	133.995,76	124.797,81	127.448,66	130.822,04	113.287,98	106.411,16	98.659,76
Coef. Poisón= qt=		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
α = Coeficiente de dilatación (ºC-1) del tubo.		0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120	0,0000120
ΔT = Variación de temperatura (ºC).		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Dilatación térmica (mm), para una variación térmica de 30º	mm	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
E = Modulo de elasticidad del tubo.	MPa	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00	210.000,00
σt=α*ΔT*E	kn/m2	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00	75.600,00
σco=(σc^2 + σa^2 - σc*σa)^0,5	kn/m2	116.198,57	108.081,83	110.379,12	113.352,92	98.572,42	93.318,51	87.867,93
fyd=Tensión admisible = Lim Elástico / coef. Seguridad	kN/m^2	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00	137.500,00
Coef. Seguridad resultante		2,37	2,54	2,49	2,43	2,79	2,95	3,13
Seguridad calculada = Tensión adminisble/Tensión de trabajo		1,18	1,27	1,25	1,21	1,39	1,47	1,56
Cumple ELS?		si	si	si	si	si	si	si

ARQUETA DE TUDELA
REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11.
1- CÁLCULO DE BABEROS



PDV	d/D	*M* Factor	Reinforcement Type
>6,000	all	—	Crotch Plate
4,000–6,000	>0.7	0.00025 PDV	Wrapper
<4,000	>0.7	1.0	Wrapper
4,000–6,000	≤0.7	0.00025 PDV	Collar
<4,000	≤0.7	1.0	Collar

D = mainline pipe outside diameter (in.)
T_y = mainline cylinder thickness (in.)
T_r = required mainline cylinder thickness (in.)
d = branch pipe outside diameter (in.)
t_y = branch cylinder thickness (in.)
t_r = required branch cylinder thickness (in.)
Δ = branch deflection angle (degrees)
T = wrapper thickness (in.)
W = overall wrapper width (in.)
w = wrapper edge width (in.)

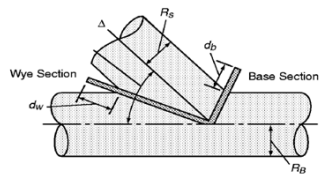
	Tub-1 - bypass				Tub-1 - desagüe				Tub-1 - Bypass				T- Toma DN1 a boca hombre				Tub-3-Tub-1			
	pieza T 1626/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 1626/812,8 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 2235/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	in	64,016	mm	1.626	in	64,016	mm	1.626	in	64,016	mm	1.626	in	64,016	mm	2.235	in	87,992
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394	mm	14	in	0,559
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.626	in	64,016	mm	323	in	12,717	mm	219	in	8,626	mm	813	in	32,000	mm	1.626	in	64,016
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	10	in	0,394
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																				
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				13.493,84				532,48				245,01				3.371,80				9.816,99
d/D=				1,00				0,20				0,13				0,50				0,73
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				Ala monja
M1= Coef. Multiplicador								0,00188				0,00408				0,00030				
M=M1*PDV								1,00				1,00				1,00				
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	8,76	in	0,345	mm	8,76	in	0,345	mm	8,76	in	0,345				
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,74	in	0,069	mm	1,18	in	0,046	mm	4,38	in	0,172				
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	2.760,24	in2	4,28	mm2	1.849,80	in2	2,87	mm2	7.017,14	in2	10,88				
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	434,95	in2	0,674	mm2	317,59	in2	0,492	mm2	1.039,45	in2	1,611				
Aw=Ar-A3=Area de refuerzo					mm2	2.325,29	in2	3,60	mm2	1.532,21	in2	2,37	mm2	5.977,69	in2	9,27				
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																				
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,50	in	6,36	mm	109,55	in	4,31	mm	406,40	in	16,00				
T=esp. Min=Aw/2w					mm	7,20	in	0,283	mm	6,99	in	0,275	mm	7,35	in	0,290				
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	539,41	in	21,24	mm	365,90	in	14,41	mm	1.357,38	in	53,44				
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	646,00	in	25,43	mm	438,20	in	17,25	mm	1.625,60	in	64,00				
Selección de espesores																				
Espesor de chapa seleccionado					mm	7,50	in	0,295	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295				
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	155,02	in	6,103	mm	109,44	in	4,309	mm	398,51	in	15,689				
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,67	in	4,239	mm	73,03	in	2,875	mm	270,93	in	10,667				
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	538,33	in	21,194	mm	365,17	in	14,377	mm	1.354,67	in	53,333				
Resumen																				
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**7,50**				**7,00**				**7,50**				**n/a**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**500**				**1.500**				**n/a**		
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**150**				**350**				**n/a**		

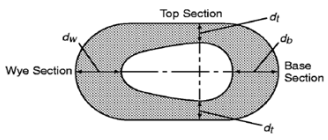
	Tub-1 - Tub2				Tub-2 desagüe				Tub-2 bypass				Tub-2-Boca hombre				Tub3- Tub4				Tub3-boca hombre			
	pieza T 1626/761 en 45º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 761/323,9 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 761/219,1 en 45º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 812,8/761 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 2235/1930 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275				pieza T 1930/812,9 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	in	64,016	mm	761	in	29,961	mm	761	in	29,961	mm	813	in	32,000	mm	2.235	in	87,992	mm	1.930	in	75,984
Ty=esp. Tubería	mm	10	in	0,394	mm	6	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	14	in	0,559	mm	12	in	0,472
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	761	in	29,961	mm	324	in	12,752	mm	219	in	8,626	mm	761	in	29,961	mm	1.930	in	75,984	mm	813	in	32,004
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	4,00	in	0,157	mm	6,00	in	0,236	mm	12,00	in	0,472	mm	6,00	in	0,236
Ang=Angulo derivación	º	45	Rad	0,785	º	90	Rad	1,571	º	45	Rad	0,785	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm 2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm 2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				5.911,44				1.144,07				1.047,00				5.912,90				13.830,95				2.841,40
d/D=				0,47				0,43				0,29				0,94				0,86				0,42
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-B				babero tabla-B				Wrapper-1				Ala monja				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador								0,00087				0,00096				0,00025								0,00035
M=M1*PDV								1,00				1,00				1,48								1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs					mm	4,10	in	0,161	mm	4,10	in	0,161	mm	4,38	in	0,172					mm	10,40	in	0,409
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs					mm	1,75	in	0,069	mm	1,18	in	0,046	mm	4,10	in	0,161					mm	4,38	in	0,172
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))					mm2	1.279,13	in2	1,98	mm2	1.224,34	in2	1,90	mm2	4.849,77	in2	7,52					mm2	8.330,12	in2	12,91
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)					mm2	719,90	in2	1,116	mm2	623,28	in2	0,966	mm2	1.270,16	in2	1,969					mm2	1.329,26	in2	2,060
Aw=Ar-A3=Area de refuerzo					mm2	559,23	in2	0,87	mm2	601,06	in2	0,93	mm2	3.579,62	in2	5,55					mm2	7.000,86	in2	10,85
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)					mm	161,95	in	6,38	mm	154,93	in	6,10	mm	380,50	in	14,98					mm	406,45	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w					mm	1,73	in	0,068	mm	1,94	in	0,076	mm	4,70	in	0,185					mm	8,61	in	0,339
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)					mm	540,91	in	21,30	mm	517,46	in	20,37	mm	1.270,87	in	50,03					mm	1.357,54	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)					mm	647,80	in	25,50	mm	619,71	in	24,40	mm	1.522,00	in	59,92					mm	1.625,80	in	64,01
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado					mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256					mm	9,00	in	0,354
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T					mm	43,02	in	1,694	mm	46,24	in	1,820	mm	275,36	in	10,841					mm	388,94	in	15,312
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))					mm	107,97	in	4,251	mm	103,28	in	4,066	mm	253,67	in	9,987					mm	270,97	in	10,668
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)					mm	539,83	in	21,253	mm	361,50	in	14,232	mm	1.268,33	in	49,934					mm	1.354,83	in	53,340
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**n/a**				**6,50**				**6,50**				**6,50**				**n/a**				**9,00**		
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**n/a**				**600**				**600**				**1.400**				**n/a**				**1.500**		
W=Ancho de corona (mm)		**n/a**				**140**				**200**				**320**				**n/a**				**350**		

ARQUETA DE TUDELA

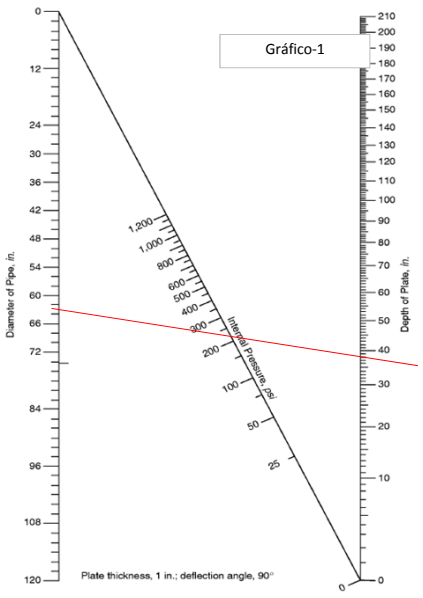
2- CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1626/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1626/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	in	64,016
Ty=esp. Tubería	mm	10,00	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.626	in	64,016
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10,00	in	0,394
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		



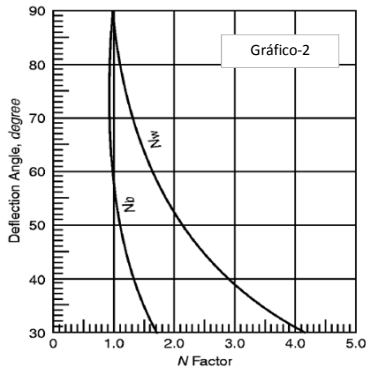
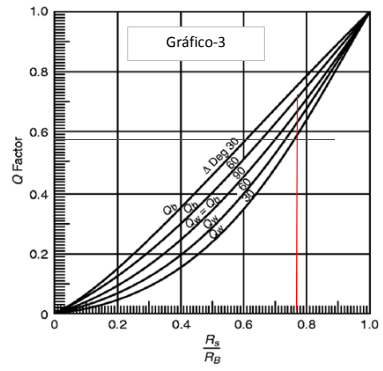


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10



Paso-1: Determinación de ala= d

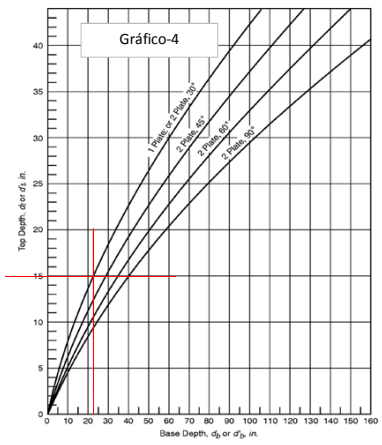
Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	965,20	in	38

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	965,20	in	38,00
db=Nb x d	mm	965,20	in	38,00



Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				1,00
Requiere ajustar diámetros				no
Qw			Grafico-3	1,00
Qb			Grafico-3	1,00
d´w=dw x qw	mm	965,20	in	38,00
d´b=db x Qb	mm	965,20	in	38,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	614,37	in	24,19
d´b (ajustado)=	mm	614,37	in	24,19
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

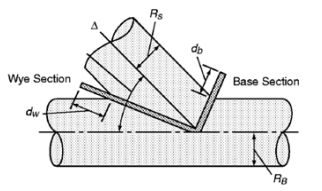
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

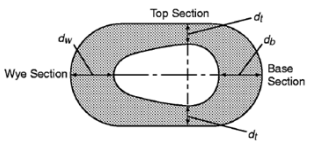
d´b (ajustado)=	mm	614,37	in	24,19
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	381,00	in	15,00

RESUMEN

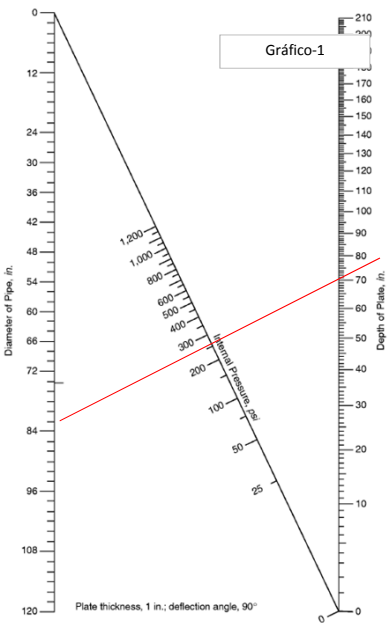
Ala (dw)	mm	620,00
Ala (db)	mm	620,00
Ala (dt)	mm	400,00
espesor(t)	mm	50,00

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 2235/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 2235/1626 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	2.235	in	87,992
Ty=esp. Tubería	mm	14	in	0,559
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.626	in	64,016
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	10	in	0,394
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		



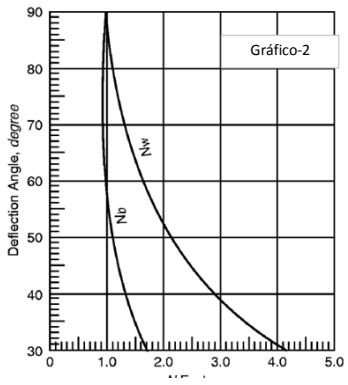
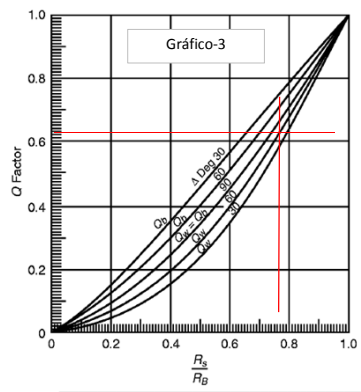


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10



Paso-1: Determinación de ala= d

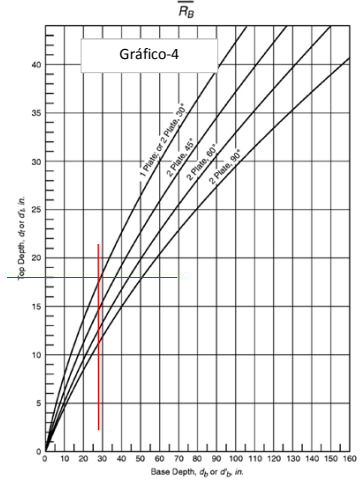
Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d=

mm	1.778,00	in	70

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.778,00	in	70,00
db=Nb x d	mm	1.778,00	in	70,00



Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,73
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,60
Qb			Grafico-3	0,60
d´w=dw x qw	mm	1.066,80	in	42,00
d´b=db x Qb	mm	1.066,80	in	42,00

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	679,04	in	26,73
d´b (ajustado)=	mm	679,04	in	26,73
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

Paso-5: Cálculo de dt

Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

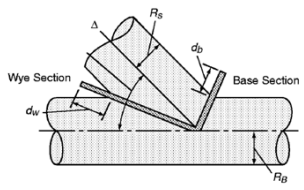
d´b (ajustado)=	mm	679,04	in	26,73
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	419,10	in	16,50

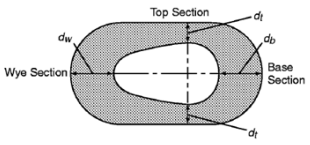
RESUMEN

Ala (dw)	mm	680,00
Ala (db)	mm	680,00
Ala (dt)	mm	420,00
espesor(t)	mm	50,00

ARQUETA DE TUDELA

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 2235/1930 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 2235/1930 en 90º PMD=14,8Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	2.235	in	87,992
Ty=esp. Tubería	mm	14	in	0,559
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	1.930	in	75,984
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	12	in	0,472
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= mm 1.778,00 in **70**

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	90,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				no
Nw=			Grafico-2	1,00
Nb=			Grafico-2	1,00
dw=Nw x d	mm	1.778,00	in	70,00
db=Nb x d	mm	1.778,00	in	70,00

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,86
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,84
Qb			Grafico-3	0,84
d´w=dw x qw	mm	1.493,52	in	58,80
d´b=db x Qb	mm	1.493,52	in	58,80

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	950,65	in	37,43
d´b (ajustado)=	mm	950,65	in	37,43
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

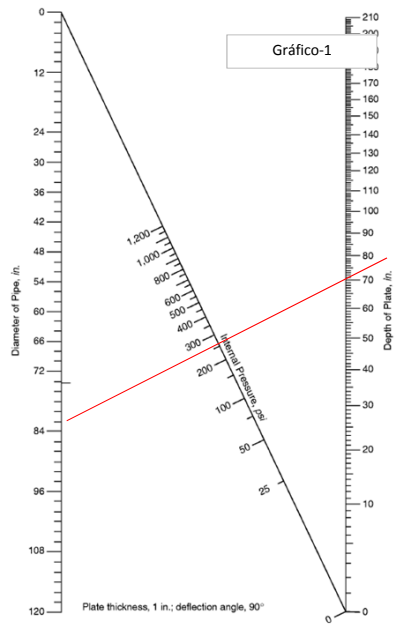
Paso-5: Cálculo de dt

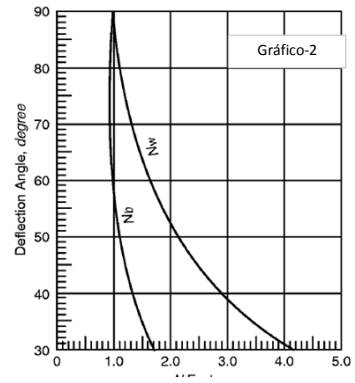
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

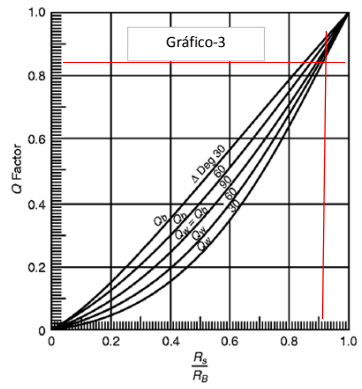
d´b (ajustado)=	mm	950,65	in	37,43
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	558,80	in	22,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	960,00
Ala (db)	mm	960,00
Ala (dt)	mm	560,00
espesor(t)	mm	50,00







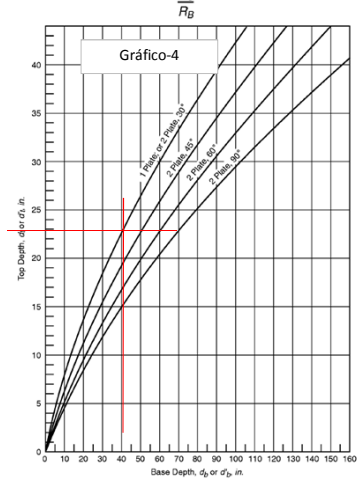
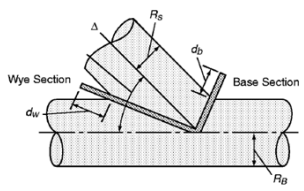
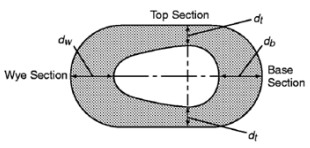


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10

CÁLCULO DE ALA DE MONJA EN PIEZAS T: ***pieza T 1626/761 en 45º PMD=14,8Atm-Acero S275***





		T- Toma DN1 a derivación DN2		
		pieza T 1626/761 en 45º PMD=14,8Atm-Acero S275		
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.626	in	64,016
Ty=esp. Tubería	mm	10	in	0,394
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	761	in	29,961
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	45	Rad	0,785
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	14,82	PSI	210,79
Tipo de acero		Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00		

Paso-1: Determinación de ala= d

Entrando en el gráfico-1 (90º), con la presión (PSI) y D(in) se obtiene el espesor del ala d= mm 1.295,40 in **51**

Paso-2: Ajuste por ángulo

Se obtiene del gráfico-2 el factor de corrección Nb y Nw, entrando con el ángulo de la T

Áng. Desviación			º	45,00
Ajustar espesores en gráfico-2:				si
Nw=			Grafico-2	1,20
Nb=			Grafico-2	2,50
dw=Nw x d	mm	1.554,48	in	61,20
db=Nb x d	mm	3.238,50	in	127,50

Paso-3: Ajuste por diámetro

Con la relación d/D y el ángulo se entra en el gráfico-3 para obtener el factor de corrección

rs/Rb=d/D				0,47
Requiere ajustar diámetros				si
Qw			Grafico-3	0,42
Qb			Grafico-3	0,42
d´w=dw x qw	mm	652,88	in	25,70
d´b=db x Qb	mm	1.360,17	in	53,55

Paso-4: Ajuste de espesor

Si la relación d´w/t > 30 se cumple, se procede a ajuste

Requiere ajuste?				no
t=espesor de la lámina	mm	50,00	in	1,97
d´w (ajustado)=	mm	381,84	in	15,03
d´b (ajustado)=	mm	795,49	in	31,32
Requiere d´w ajuste nuevo?				no
Requiere d´b ajuste nuevo?				no

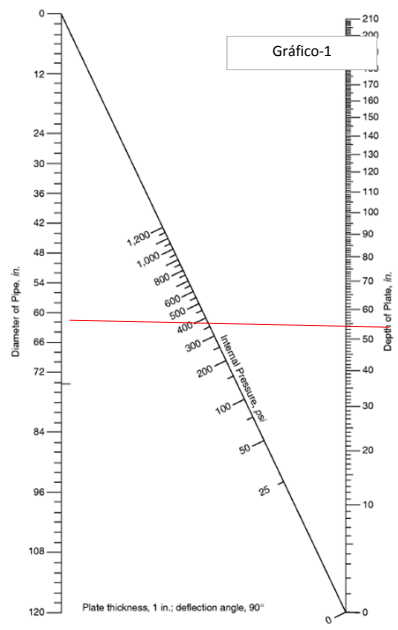
Paso-5: Cálculo de dt

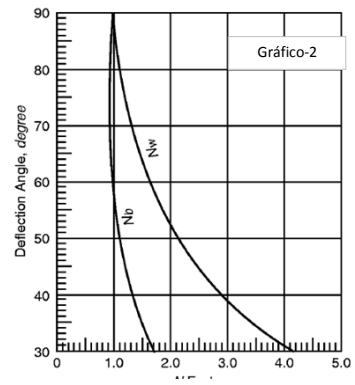
Con el valor d´b y seleccionando 1 o 2 platos y el ángulo se entra en gráfico-4

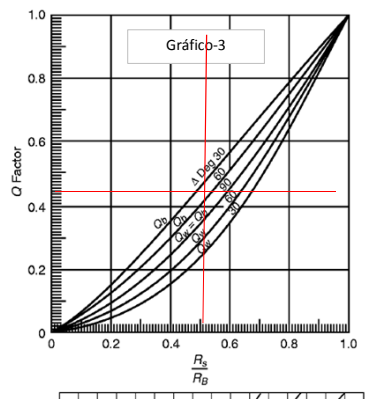
d´b (ajustado)=	mm	795,49	in	31,32
Nº platos del gráfico				1,00
Ángulo	º			30,00
Gráfico d´t=	mm	482,60	in	19,00

RESUMEN

Ala (dw)	mm	400,00
Ala (db)	mm	800,00
Ala (dt)	mm	500,00
espesor(t)	mm	50,00







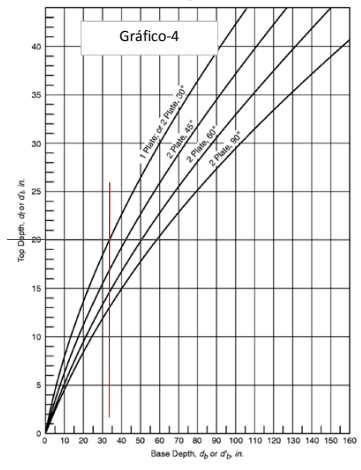


Tabla-1 (grafico-1)

Ang(º)	Nd	Nw
90	1,00	1,00
80	0,90	1,10
70	0,90	1,30
60	1,00	1,62
50	1,10	2,15
45	1,20	2,50
40	1,30	2,90
35	1,50	3,40
30	1,70	4,10

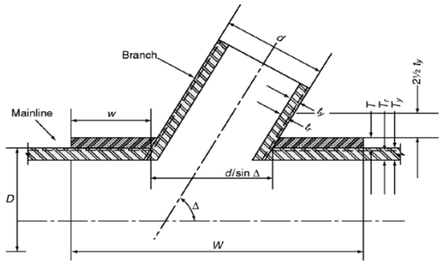
13. APÉNDICE 7.2.3: CÁLCULO GENERAL DE REFUERZOS TIPO CORONA SEGÚN NORMA AWWA M11

Los cálculos desarrollados se realizan con objeto de estandarizar los refuerzos de corona a instalar en las arquetas de ventosa y desagüe proyectadas.

Los cálculos han sido realizados para la gama de presiones, diámetros de tuberías principales y tuberías de salida en T de 90º.

Como criterio general se homogeniza en paso hombre de DN 800 mm y presión hasta 16 atm un babero de ancho mínimo de corona (ala) w = 400 mm y espesor de 11 mm con acero S275. Para presiones superiores de adoptará corona (ala) w = 450 mm y espesor de 18 mm con acero S275.

TABLA RESUMEN DE REFUERZOS TIPO BABERO EN UNIONES T: para diámetros bypass, ventosas, y pasos de hombre



P=Presión de diseño	Atm	6,00						8,00						10,00						12,00						14,00						16,00						20,00						22,50						25,00					
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032	1.321	1.524	1.626	1.829	1.930	2.032
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	12,80	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	12,80	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	12,80	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	12,80	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	12,80	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	12,80	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	12,80	8,50	9,50	10,50	11,50	12,00	12,80	9,50	11,00	11,50	13,00	13,80	12,80
REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON BYPASS 300 Y DESAGÜES DN 300)																																																							
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323	323
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Tipo de acero		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Tipo de refuerzo		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	7,00	7,50	8,00	7,50	8,00	9,00	9,50	10,50	10,50	7,00	7,50	8,00	9,00	9,50	10,00	8,00	9,50	10,00	11,50	12,50	13,00	9,00	10,50	11,50	12,50	13,00	15,50
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
W=Ancho de corona (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON BYPASS 250 Y DESAGÜES DN 250)																																																							
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Ang=Ángulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Tipo de acero		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Tipo de refuerzo		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	7,00	7,50	7,50	7,00	8,00	8,50	9,50	10,00	10,50	7,00	7,50	8,00	9,00	9,50	10,00	8,00	9,50	10,00	11,50	12,00	15,50	9,00	10,50	11,00	12,50	13,00	15,50
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
W=Ancho de corona (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON BYPASS 200 45º)																																																							
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219	219
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ang=Ángulo derivación	º	45	45	45	45	45	45	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Tipo de acero		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Tipo de refuerzo		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero
Espesor de chapa seleccionado (mm)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	7,00	7,50	7,50	7,00	8,00	8,50	9,50	10,00	10,50	6,50	7,50	8,00	9,00	9,50	9,50	8,00	9,50	10,00	11,50	12,50	15,50	9,00	10,00	11,00	12,50	13,00	15,50
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
W=Ancho de corona (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON PASO HOMBRE DE DN 800)																																																							
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813	813
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Ang=Angulo derivación	º	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Tipo de acero		Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S275	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355	Acero S355
Tipo de refuerzo		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	babero	Ala monja	Ala monja	babero	babero	babero	babero	Ala monja	Ala monja	babero	babero	babero	babero
Espesor de chapa seleccionado para refuerzo (mm)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	8,50	9,00	10,00	10,50	11,00	10,00	9,50	9,50	9,50	10,00	10,00		0,00	13,00	13,50	13,50	13,50			16,00	16,00	16,00	18,00
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.600	1.700	1.700	1.700	1.600	1.600	1.600	1.700	1.600	1.700	1.600	1.600	1.700	1.700	1.600	1.600	1.700		0	1.700	1.600	1.700	1.600			1.700	1.700	1.700	1.700
w=Ancho de corona = Ala (mm)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	344	394	444	444	444	394	394	394	444	394	444	394	394	444	444	394	394	444		0	444	394	444	394			444	444	444	444

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON BYPASS 300 Y DESAGÜES DN 300)

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1524/323 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1930/323 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 2032/323 en 90º Presión=6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				265,35				230,01				215,58				191,65				181,62				172,50
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00377				0,00435				0,00464				0,00522				0,00551				0,00580
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	2,88	in	0,113	mm	3,33	in	0,131	mm	3,55	in	0,140	mm	3,99	in	0,157	mm	4,21	in	0,166	mm	4,43	in	0,175
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,70	in	0,028	mm	0,70	in	0,028	mm	0,70	in	0,028	mm	0,70	in	0,028	mm	0,70	in	0,028	mm	0,70	in	0,028
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	907,89	in2	1,41	mm2	1.047,40	in2	1,62	mm2	1.117,51	in2	1,73	mm2	1.257,02	in2	1,95	mm2	1.326,44	in2	2,06	mm2	1.396,54	in2	2,16
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.678,02	in2	2,601	mm2	2.011,00	in2	3,117	mm2	2.098,40	in2	3,253	mm2	2.431,38	in2	3,769	mm2	2.519,47	in2	3,905	mm2	2.701,37	in2	4,187
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-770,13	in2	-1,19	mm2	-963,60	in2	-1,49	mm2	-980,89	in2	-1,52	mm2	-1.174,36	in2	-1,82	mm2	-1.193,03	in2	-1,85	mm2	-1.304,83	in2	-2,02
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-2,38	in	-0,094	mm	-2,98	in	-0,117	mm	-3,04	in	-0,120	mm	-3,64	in	-0,143	mm	-3,69	in	-0,145	mm	-4,04	in	-0,159
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON BYPASS 250 Y DESAGÜES DN 250)

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1524/273 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1626/273 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1829/273 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1930/273 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 2032/273 en 90º Presión=6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				189,56				164,31				154,00				136,91				129,74				123,23
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00528				0,00609				0,00649				0,00730				0,00771				0,00811
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	2,88	in	0,113	mm	3,33	in	0,131	mm	3,55	in	0,140	mm	3,99	in	0,157	mm	4,21	in	0,166	mm	4,43	in	0,175
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,60	in	0,023	mm	0,60	in	0,023	mm	0,60	in	0,023	mm	0,60	in	0,023	mm	0,60	in	0,023	mm	0,60	in	0,023
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	763,78	in2	1,18	mm2	881,15	in2	1,37	mm2	940,12	in2	1,46	mm2	1.057,49	in2	1,64	mm2	1.115,89	in2	1,73	mm2	1.174,87	in2	1,82
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.424,31	in2	2,208	mm2	1.704,44	in2	2,642	mm2	1.777,96	in2	2,756	mm2	2.058,09	in2	3,190	mm2	2.132,20	in2	3,305	mm2	2.285,22	in2	3,542
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-660,53	in2	-1,02	mm2	-823,29	in2	-1,28	mm2	-837,84	in2	-1,30	mm2	-1.000,60	in2	-1,55	mm2	-1.016,31	in2	-1,58	mm2	-1.110,36	in2	-1,72
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-2,42	in	-0,095	mm	-3,02	in	-0,119	mm	-3,07	in	-0,121	mm	-3,67	in	-0,144	mm	-3,72	in	-0,147	mm	-4,07	in	-0,160
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON BYPASS 200 45º)

	pieza T 1321/219,1 en 45º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 45º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 45º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 45º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1930/219,1 en 45º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 2032/219,1 en 45º Presión=6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				244,19				211,66				198,39				176,37				167,14				158,75
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00410				0,00472				0,00504				0,00567				0,00598				0,00630
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	2,88	in	0,113	mm	3,33	in	0,131	mm	3,55	in	0,140	mm	3,99	in	0,157	mm	4,21	in	0,166	mm	4,43	in	0,175
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,48	in	0,019	mm	0,48	in	0,019	mm	0,48	in	0,019	mm	0,48	in	0,019	mm	0,48	in	0,019	mm	0,48	in	0,019
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	860,45	in2	1,33	mm2	992,67	in2	1,54	mm2	1.059,11	in2	1,64	mm2	1.191,34	in2	1,85	mm2	1.257,13	in2	1,95	mm2	1.323,57	in2	2,05
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.598,32	in2	2,477	mm2	1.913,90	in2	2,967	mm2	1.996,73	in2	3,095	mm2	2.312,32	in2	3,584	mm2	2.395,80	in2	3,713	mm2	2.568,19	in2	3,981
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-737,87	in2	-1,14	mm2	-921,23	in2	-1,43	mm2	-937,62	in2	-1,45	mm2	-1.120,98	in2	-1,74	mm2	-1.138,67	in2	-1,76	mm2	-1.244,63	in2	-1,93
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	154,93	in	6,10	mm	154,93	in	6,10	mm	154,93	in	6,10	mm	154,93	in	6,10	mm	154,93	in	6,10	mm	154,93	in	6,10
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-2,38	in	-0,094	mm	-2,97	in	-0,117	mm	-3,03	in	-0,119	mm	-3,62	in	-0,142	mm	-3,67	in	-0,145	mm	-4,02	in	-0,158
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	517,46	in	20,37	mm	517,46	in	20,37	mm	517,46	in	20,37	mm	517,46	in	20,37	mm	517,46	in	20,37	mm	517,46	in	20,37
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	619,71	in	24,40	mm	619,71	in	24,40	mm	619,71	in	24,40	mm	619,71	in	24,40	mm	619,71	in	24,40	mm	619,71	in	24,40
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	103,28		4,066	mm	103,28		4,066	mm	103,28		4,066	mm	103,28		4,066	mm	103,28		4,066	mm	103,28		4,066
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	361,50		14,232	mm	361,50		14,232	mm	361,50		14,232	mm	361,50		14,232	mm	361,50		14,232	mm	361,50		14,232
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NORMA AWWA M11. (TUBERÍA PRINCIPAL CON PASO HOMBRE DE DN 800)

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1524/813 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1626/813 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1829/813 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 1930/813 en 90º Presión=6Atm-Acero S275				pieza T 2032/813 en 90º Presión=6Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34	Atm= Kg/cm2	6,00	PSI	85,34
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				1.681,11				1.457,18				1.365,77				1.214,19				1.150,65				1.092,89
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00059				0,00069				0,00073				0,00082				0,00087				0,00092
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	2,88	in	0,113	mm	3,33	in	0,131	mm	3,55	in	0,140	mm	3,99	in	0,157	mm	4,21	in	0,166	mm	4,43	in	0,175
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,77	in	0,070	mm	1,77	in	0,070	mm	1,77	in	0,070	mm	1,77	in	0,070	mm	1,77	in	0,070	mm	1,77	in	0,070
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.308,63	in2	3,58	mm2	2.663,40	in2	4,13	mm2	2.841,66	in2	4,40	mm2	3.196,43	in2	4,95	mm2	3.372,94	in2	5,23	mm2	3.551,20	in2	5,50
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	4.226,16	in2	6,551	mm2	5.072,89	in2	7,863	mm2	5.295,13	in2	8,207	mm2	6.141,86	in2	9,520	mm2	6.365,85	in2	9,867	mm2	6.828,39	in2	10,584
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-1.917,53	in2	-2,97	mm2	-2.409,49	in2	-3,73	mm2	-2.453,47	in2	-3,80	mm2	-2.945,43	in2	-4,57	mm2	-2.992,91	in2	-4,64	mm2	-3.277,19	in2	-5,08
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y espesor)																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-2,36	in	-0,093	mm	-2,96	in	-0,117	mm	-3,02	in	-0,119	mm	-3,62	in	-0,143	mm	-3,68	in	-0,145	mm	-4,03	in	-0,159
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1524/323 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1930/323 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 2032/323 en 90º Presión=8Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				353,80				306,67				287,44				255,53				242,16				230,01
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00283				0,00326				0,00348				0,00391				0,00413				0,00435
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	3,84	in	0,151	mm	4,43	in	0,175	mm	4,73	in	0,186	mm	5,32	in	0,209	mm	5,61	in	0,221	mm	5,91	in	0,233
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,94	in	0,037	mm	0,94	in	0,037	mm	0,94	in	0,037	mm	0,94	in	0,037	mm	0,94	in	0,037	mm	0,94	in	0,037
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.210,52	in2	1,88	mm2	1.396,54	in2	2,16	mm2	1.490,01	in2	2,31	mm2	1.676,03	in2	2,60	mm2	1.768,58	in2	2,74	mm2	1.862,05	in2	2,89
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.370,69	in2	2,125	mm2	1.657,17	in2	2,569	mm2	1.721,20	in2	2,668	mm2	2.007,68	in2	3,112	mm2	2.072,63	in2	3,213	mm2	2.231,16	in2	3,458
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-160,17	in2	-0,25	mm2	-260,63	in2	-0,40	mm2	-231,19	in2	-0,36	mm2	-331,65	in2	-0,51	mm2	-304,04	in2	-0,47	mm2	-369,11	in2	-0,57
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-0,50	in	-0,020	mm	-0,81	in	-0,032	mm	-0,72	in	-0,028	mm	-1,03	in	-0,040	mm	-0,94	in	-0,037	mm	-1,14	in	-0,045
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1524/273 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1626/273 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1829/273 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1930/273 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 2032/273 en 90º Presión=8Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				252,74				219,08				205,33				182,54				172,99				164,31
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00396				0,00456				0,00487				0,00548				0,00578				0,00609
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	3,84	in	0,151	mm	4,43	in	0,175	mm	4,73	in	0,186	mm	5,32	in	0,209	mm	5,61	in	0,221	mm	5,91	in	0,233
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,79	in	0,031	mm	0,79	in	0,031	mm	0,79	in	0,031	mm	0,79	in	0,031	mm	0,79	in	0,031	mm	0,79	in	0,031
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.018,37	in2	1,58	mm2	1.174,87	in2	1,82	mm2	1.253,50	in2	1,94	mm2	1.409,99	in2	2,19	mm2	1.487,85	in2	2,31	mm2	1.566,49	in2	2,43
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.165,75	in2	1,807	mm2	1.406,75	in2	2,180	mm2	1.460,62	in2	2,264	mm2	1.701,62	in2	2,638	mm2	1.756,26	in2	2,722	mm2	1.889,63	in2	2,929
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-147,37	in2	-0,23	mm2	-231,89	in2	-0,36	mm2	-207,12	in2	-0,32	mm2	-291,63	in2	-0,45	mm2	-268,41	in2	-0,42	mm2	-323,14	in2	-0,50
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-0,54	in	-0,021	mm	-0,85	in	-0,033	mm	-0,76	in	-0,030	mm	-1,07	in	-0,042	mm	-0,98	in	-0,039	mm	-1,18	in	-0,047
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=8Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				162,79				141,11				132,26				117,58				111,43				105,83
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00614				0,00709				0,00756				0,00850				0,00897				0,00945
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	3,84	in	0,151	mm	4,43	in	0,175	mm	4,73	in	0,186	mm	5,32	in	0,209	mm	5,61	in	0,221	mm	5,91	in	0,233
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,64	in	0,025	mm	0,64	in	0,025	mm	0,64	in	0,025	mm	0,64	in	0,025	mm	0,64	in	0,025	mm	0,64	in	0,025
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	811,24	in2	1,26	mm2	935,90	in2	1,45	mm2	998,54	in2	1,55	mm2	1.123,21	in2	1,74	mm2	1.185,23	in2	1,84	mm2	1.247,87	in2	1,93
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	944,81	in2	1,464	mm2	1.136,80	in2	1,762	mm2	1.179,71	in2	1,829	mm2	1.371,70	in2	2,126	mm2	1.415,22	in2	2,194	mm2	1.521,46	in2	2,358
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-133,58	in2	-0,21	mm2	-200,90	in2	-0,31	mm2	-181,17	in2	-0,28	mm2	-248,49	in2	-0,39	mm2	-229,99	in2	-0,36	mm2	-273,59	in2	-0,42
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-0,61	in	-0,024	mm	-0,92	in	-0,036	mm	-0,83	in	-0,033	mm	-1,13	in	-0,045	mm	-1,05	in	-0,041	mm	-1,25	in	-0,049
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1524/813 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1626/813 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1829/813 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 1930/813 en 90º Presión=8Atm-Acero S275				pieza T 2032/813 en 90º Presión=8Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79	Atm= Kg/cm2	8,00	PSI	113,79
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				2.241,48				1.942,91				1.821,03				1.618,91				1.534,19				1.457,18
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00045				0,00051				0,00055				0,00062				0,00065				0,00069
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	3,84	in	0,151	mm	4,43	in	0,175	mm	4,73	in	0,186	mm	5,32	in	0,209	mm	5,61	in	0,221	mm	5,91	in	0,233
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	2,37	in	0,093	mm	2,37	in	0,093	mm	2,37	in	0,093	mm	2,37	in	0,093	mm	2,37	in	0,093	mm	2,37	in	0,093
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	3.078,17	in2	4,77	mm2	3.551,20	in2	5,50	mm2	3.788,88	in2	5,87	mm2	4.261,90	in2	6,61	mm2	4.497,25	in2	6,97	mm2	4.734,93	in2	7,34
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	3.438,88	in2	5,330	mm2	4.167,35	in2	6,459	mm2	4.330,17	in2	6,712	mm2	5.058,64	in2	7,841	mm2	5.223,80	in2	8,097	mm2	5.626,92	in2	8,722
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	-360,71	in2	-0,56	mm2	-616,15	in2	-0,96	mm2	-541,30	in2	-0,84	mm2	-796,74	in2	-1,23	mm2	-726,55	in2	-1,13	mm2	-891,99	in2	-1,38
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	-0,44	in	-0,017	mm	-0,76	in	-0,030	mm	-0,67	in	-0,026	mm	-0,98	in	-0,039	mm	-0,89	in	-0,035	mm	-1,10	in	-0,043
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000	mm	0,00	in	0,000
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000	mm	0,00		0,000
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008	mm	813,00		32,008
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000		**0,00**		0,000
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000
W=Ancho de corona (mm)		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000		**0**		0,000

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1524/323 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1930/323 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 2032/323 en 90º Presión=10Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				442,25				383,34				359,29				319,42				302,70				287,51
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00226				0,00261				0,00278				0,00313				0,00330				0,00348
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	4,80	in	0,189	mm	5,54	in	0,218	mm	5,91	in	0,233	mm	6,65	in	0,262	mm	7,02	in	0,276	mm	7,39	in	0,291
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,17	in	0,046	mm	1,17	in	0,046	mm	1,17	in	0,046	mm	1,17	in	0,046	mm	1,17	in	0,046	mm	1,17	in	0,046
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.513,15	in2	2,35	mm2	1.745,67	in2	2,71	mm2	1.862,51	in2	2,89	mm2	2.095,04	in2	3,25	mm2	2.210,73	in2	3,43	mm2	2.327,56	in2	3,61
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.063,36	in2	1,648	mm2	1.303,34	in2	2,020	mm2	1.344,00	in2	2,083	mm2	1.583,97	in2	2,455	mm2	1.625,78	in2	2,520	mm2	1.760,95	in2	2,729
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	449,78	in2	0,70	mm2	442,34	in2	0,69	mm2	518,51	in2	0,80	mm2	511,06	in2	0,79	mm2	584,95	in2	0,91	mm2	566,62	in2	0,88
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	1,39	in	0,055	mm	1,37	in	0,054	mm	1,61	in	0,063	mm	1,58	in	0,062	mm	1,81	in	0,071	mm	1,75	in	0,069
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	34,60		1,362	mm	34,03		1,340	mm	39,89		1,570	mm	39,31		1,548	mm	45,00		1,771	mm	43,59		1,716
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1524/273 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1626/273 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1829/273 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1930/273 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 2032/273 en 90º Presión=10Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				315,93				273,85				256,67				228,18				216,24				205,38
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00317				0,00365				0,00390				0,00438				0,00462				0,00487
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	4,80	in	0,189	mm	5,54	in	0,218	mm	5,91	in	0,233	mm	6,65	in	0,262	mm	7,02	in	0,276	mm	7,39	in	0,291
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,99	in	0,039	mm	0,99	in	0,039	mm	0,99	in	0,039	mm	0,99	in	0,039	mm	0,99	in	0,039	mm	0,99	in	0,039
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.272,96	in2	1,97	mm2	1.468,58	in2	2,28	mm2	1.566,87	in2	2,43	mm2	1.762,49	in2	2,73	mm2	1.859,82	in2	2,88	mm2	1.958,11	in2	3,04
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	907,18	in2	1,406	mm2	1.109,06	in2	1,719	mm2	1.143,27	in2	1,772	mm2	1.345,15	in2	2,085	mm2	1.380,33	in2	2,140	mm2	1.494,04	in2	2,316
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	365,78	in2	0,57	mm2	359,52	in2	0,56	mm2	423,60	in2	0,66	mm2	417,34	in2	0,65	mm2	479,49	in2	0,74	mm2	464,07	in2	0,72
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	1,34	in	0,053	mm	1,32	in	0,052	mm	1,55	in	0,061	mm	1,53	in	0,060	mm	1,76	in	0,069	mm	1,70	in	0,067
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	28,14		1,108	mm	27,66		1,089	mm	32,58		1,283	mm	32,10		1,264	mm	36,88		1,452	mm	35,70		1,405
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=10Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				203,49				176,39				165,32				146,97				139,28				132,29
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00491				0,00567				0,00605				0,00680				0,00718				0,00756
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	4,80	in	0,189	mm	5,54	in	0,218	mm	5,91	in	0,233	mm	6,65	in	0,262	mm	7,02	in	0,276	mm	7,39	in	0,291
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,80	in	0,031	mm	0,80	in	0,031	mm	0,80	in	0,031	mm	0,80	in	0,031	mm	0,80	in	0,031	mm	0,80	in	0,031
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.014,05	in2	1,57	mm2	1.169,88	in2	1,81	mm2	1.248,18	in2	1,93	mm2	1.404,01	in2	2,18	mm2	1.481,54	in2	2,30	mm2	1.559,84	in2	2,42
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	738,82	in2	1,145	mm2	899,64	in2	1,394	mm2	926,89	in2	1,437	mm2	1.087,71	in2	1,686	mm2	1.115,73	in2	1,729	mm2	1.206,31	in2	1,870
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	275,23	in2	0,43	mm2	270,24	in2	0,42	mm2	321,29	in2	0,50	mm2	316,30	in2	0,49	mm2	365,81	in2	0,57	mm2	353,53	in2	0,55
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	1,26	in	0,049	mm	1,23	in	0,049	mm	1,47	in	0,058	mm	1,44	in	0,057	mm	1,67	in	0,066	mm	1,61	in	0,064
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	21,17		0,834	mm	20,79		0,818	mm	24,71		0,973	mm	24,33		0,958	mm	28,14		1,108	mm	27,19		1,071
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1524/813 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1626/813 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1829/813 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 1930/813 en 90º Presión=10Atm-Acero S275				pieza T 2032/813 en 90º Presión=10Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23	Atm= Kg/cm2	10,00	PSI	142,23
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				2.801,85				2.428,64				2.276,29				2.023,64				1.917,74				1.821,48
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00036				0,00041				0,00044				0,00049				0,00052				0,00055
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	4,80	in	0,189	mm	5,54	in	0,218	mm	5,91	in	0,233	mm	6,65	in	0,262	mm	7,02	in	0,276	mm	7,39	in	0,291
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	2,96	in	0,116	mm	2,96	in	0,116	mm	2,96	in	0,116	mm	2,96	in	0,116	mm	2,96	in	0,116	mm	2,96	in	0,116
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	3.847,71	in2	5,96	mm2	4.439,00	in2	6,88	mm2	4.736,09	in2	7,34	mm2	5.327,38	in2	8,26	mm2	5.621,56	in2	8,71	mm2	5.918,66	in2	9,17
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	2.651,60	in2	4,110	mm2	3.261,81	in2	5,056	mm2	3.365,21	in2	5,216	mm2	3.975,43	in2	6,162	mm2	4.081,75	in2	6,327	mm2	4.425,45	in2	6,859
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.196,12	in2	1,85	mm2	1.177,18	in2	1,82	mm2	1.370,88	in2	2,12	mm2	1.351,95	in2	2,10	mm2	1.539,82	in2	2,39	mm2	1.493,21	in2	2,31
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	1,47	in	0,058	mm	1,45	in	0,057	mm	1,69	in	0,066	mm	1,66	in	0,065	mm	1,89	in	0,075	mm	1,84	in	0,072
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	92,01		3,622	mm	90,55		3,565	mm	105,45		4,152	mm	104,00		4,094	mm	118,45		4,663	mm	114,86		4,522
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	997,02		39,253	mm	994,11		39,138	mm	1.023,90		40,311	mm	1.020,99		40,197	mm	1.049,90		41,334	mm	1.042,73		41,052
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055
W=Ancho de corona (mm)		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1524/323 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1930/323 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 2032/323 en 90º Presión=12Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				530,70				460,01				431,15				383,30				363,24				345,01
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00188				0,00217				0,00232				0,00261				0,00275				0,00290
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	5,76	in	0,227	mm	6,65	in	0,262	mm	7,10	in	0,279	mm	7,98	in	0,314	mm	8,42	in	0,332	mm	8,87	in	0,349
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,41	in	0,055	mm	1,41	in	0,055	mm	1,41	in	0,055	mm	1,41	in	0,055	mm	1,41	in	0,055	mm	1,41	in	0,055
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.815,77	in2	2,81	mm2	2.094,81	in2	3,25	mm2	2.235,01	in2	3,46	mm2	2.514,04	in2	3,90	mm2	2.652,87	in2	4,11	mm2	2.793,08	in2	4,33
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	756,04	in2	1,172	mm2	949,50	in2	1,472	mm2	966,80	in2	1,499	mm2	1.160,27	in2	1,798	mm2	1.178,94	in2	1,827	mm2	1.290,73	in2	2,001
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.059,74	in2	1,64	mm2	1.145,30	in2	1,78	mm2	1.268,21	in2	1,97	mm2	1.353,78	in2	2,10	mm2	1.473,93	in2	2,28	mm2	1.502,34	in2	2,33
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	3,28	in	0,129	mm	3,55	in	0,140	mm	3,93	in	0,155	mm	4,19	in	0,165	mm	4,56	in	0,180	mm	4,65	in	0,183
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	81,52		3,209	mm	88,10		3,469	mm	97,55		3,841	mm	104,14		4,100	mm	113,38		4,464	mm	115,56		4,550
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1524/273 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1626/273 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1829/273 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1930/273 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 2032/273 en 90º Presión=12Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				379,11				328,62				308,00				273,82				259,49				246,46
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00264				0,00304				0,00325				0,00365				0,00385				0,00406
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	5,76	in	0,227	mm	6,65	in	0,262	mm	7,10	in	0,279	mm	7,98	in	0,314	mm	8,42	in	0,332	mm	8,87	in	0,349
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,19	in	0,047	mm	1,19	in	0,047	mm	1,19	in	0,047	mm	1,19	in	0,047	mm	1,19	in	0,047	mm	1,19	in	0,047
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.527,56	in2	2,37	mm2	1.762,30	in2	2,73	mm2	1.880,25	in2	2,91	mm2	2.114,99	in2	3,28	mm2	2.231,78	in2	3,46	mm2	2.349,73	in2	3,64
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	648,62	in2	1,005	mm2	811,38	in2	1,258	mm2	825,93	in2	1,280	mm2	988,69	in2	1,532	mm2	1.004,39	in2	1,557	mm2	1.098,44	in2	1,703
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	878,94	in2	1,36	mm2	950,92	in2	1,47	mm2	1.054,32	in2	1,63	mm2	1.126,30	in2	1,75	mm2	1.227,39	in2	1,90	mm2	1.251,29	in2	1,94
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	3,22	in	0,127	mm	3,48	in	0,137	mm	3,86	in	0,152	mm	4,13	in	0,162	mm	4,50	in	0,177	mm	4,58	in	0,180
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	67,61		2,662	mm	73,15		2,880	mm	81,10		3,193	mm	86,64		3,411	mm	94,41		3,717	mm	96,25		3,789
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=12Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				244,19				211,66				198,39				176,37				167,14				158,75
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00410				0,00472				0,00504				0,00567				0,00598				0,00630
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	5,76	in	0,227	mm	6,65	in	0,262	mm	7,10	in	0,279	mm	7,98	in	0,314	mm	8,42	in	0,332	mm	8,87	in	0,349
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	0,96	in	0,038	mm	0,96	in	0,038	mm	0,96	in	0,038	mm	0,96	in	0,038	mm	0,96	in	0,038	mm	0,96	in	0,038
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.216,86	in2	1,89	mm2	1.403,85	in2	2,18	mm2	1.497,81	in2	2,32	mm2	1.684,81	in2	2,61	mm2	1.777,85	in2	2,76	mm2	1.871,80	in2	2,90
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	532,82	in2	0,826	mm2	662,48	in2	1,027	mm2	674,07	in2	1,045	mm2	803,72	in2	1,246	mm2	816,23	in2	1,265	mm2	891,15	in2	1,381
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	684,04	in2	1,06	mm2	741,38	in2	1,15	mm2	823,75	in2	1,28	mm2	881,09	in2	1,37	mm2	961,61	in2	1,49	mm2	980,65	in2	1,52
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	3,12	in	0,123	mm	3,38	in	0,133	mm	3,76	in	0,148	mm	4,02	in	0,158	mm	4,39	in	0,173	mm	4,48	in	0,176
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	52,62		2,072	mm	57,03		2,245	mm	63,37		2,495	mm	67,78		2,668	mm	73,97		2,912	mm	75,43		2,970
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1524/813 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1626/813 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1829/813 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 1930/813 en 90º Presión=12Atm-Acero S275				pieza T 2032/813 en 90º Presión=12Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				3.362,22				2.914,37				2.731,55				2.428,37				2.301,29				2.185,77
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00030				0,00034				0,00037				0,00041				0,00043				0,00046
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	5,76	in	0,227	mm	6,65	in	0,262	mm	7,10	in	0,279	mm	7,98	in	0,314	mm	8,42	in	0,332	mm	8,87	in	0,349
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	3,55	in	0,140	mm	3,55	in	0,140	mm	3,55	in	0,140	mm	3,55	in	0,140	mm	3,55	in	0,140	mm	3,55	in	0,140
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	4.617,26	in2	7,16	mm2	5.326,80	in2	8,26	mm2	5.683,31	in2	8,81	mm2	6.392,85	in2	9,91	mm2	6.745,88	in2	10,46	mm2	7.102,39	in2	11,01
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.864,32	in2	2,890	mm2	2.356,28	in2	3,652	mm2	2.400,26	in2	3,720	mm2	2.892,22	in2	4,483	mm2	2.939,69	in2	4,557	mm2	3.223,98	in2	4,997
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.752,94	in2	4,27	mm2	2.970,52	in2	4,60	mm2	3.283,06	in2	5,09	mm2	3.500,64	in2	5,43	mm2	3.806,18	in2	5,90	mm2	3.878,42	in2	6,01
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	3,39	in	0,133	mm	3,65	in	0,144	mm	4,04	in	0,159	mm	4,31	in	0,170	mm	4,68	in	0,184	mm	4,77	in	0,188
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	211,76		8,337	mm	228,50		8,996	mm	252,54		9,943	mm	269,28		10,602	mm	292,78		11,527	mm	298,34		11,746
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	1.236,53		48,682	mm	1.270,00		50,000	mm	1.318,09		51,893	mm	1.351,56		53,211	mm	1.398,57		55,062	mm	1.409,68		55,499
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055		**1.500**		59,055
W=Ancho de corona (mm)		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524		**344**		13,524

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1524/323 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1930/323 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 2032/323 en 90º Presión=14Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				619,15				536,68				503,01				447,18				423,78				402,51
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00162				0,00186				0,00199				0,00224				0,00236				0,00248
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,73	in	0,265	mm	7,76	in	0,305	mm	8,28	in	0,326	mm	9,31	in	0,367	mm	9,83	in	0,387	mm	10,34	in	0,407
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,64	in	0,065	mm	1,64	in	0,065	mm	1,64	in	0,065	mm	1,64	in	0,065	mm	1,64	in	0,065	mm	1,64	in	0,065
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.118,40	in2	3,28	mm2	2.443,94	in2	3,79	mm2	2.607,51	in2	4,04	mm2	2.933,05	in2	4,55	mm2	3.095,02	in2	4,80	mm2	3.258,59	in2	5,05
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	448,71	in2	0,696	mm2	595,67	in2	0,923	mm2	589,60	in2	0,914	mm2	736,56	in2	1,142	mm2	732,09	in2	1,135	mm2	820,52	in2	1,272
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.669,69	in2	2,59	mm2	1.848,27	in2	2,86	mm2	2.017,91	in2	3,13	mm2	2.196,49	in2	3,40	mm2	2.362,92	in2	3,66	mm2	2.438,07	in2	3,78
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	5,17	in	0,204	mm	5,72	in	0,225	mm	6,25	in	0,246	mm	6,80	in	0,268	mm	7,32	in	0,288	mm	7,55	in	0,297
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	128,44		5,057	mm	142,17		5,597	mm	155,22		6,111	mm	156,89		6,177	mm	157,53		6,202	mm	152,38		5,999
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**8,00**		0,315
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1524/273 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1626/273 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1829/273 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1930/273 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 2032/273 en 90º Presión=14Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				442,30				383,38				359,33				319,45				302,74				287,54
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00226				0,00261				0,00278				0,00313				0,00330				0,00348
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,73	in	0,265	mm	7,76	in	0,305	mm	8,28	in	0,326	mm	9,31	in	0,367	mm	9,83	in	0,387	mm	10,34	in	0,407
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.782,15	in2	2,76	mm2	2.056,01	in2	3,19	mm2	2.193,62	in2	3,40	mm2	2.467,49	in2	3,82	mm2	2.603,75	in2	4,04	mm2	2.741,35	in2	4,25
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	390,05	in2	0,605	mm2	513,69	in2	0,796	mm2	508,58	in2	0,788	mm2	632,22	in2	0,980	mm2	628,46	in2	0,974	mm2	702,85	in2	1,089
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.392,09	in2	2,16	mm2	1.542,33	in2	2,39	mm2	1.685,04	in2	2,61	mm2	1.835,27	in2	2,84	mm2	1.975,29	in2	3,06	mm2	2.038,50	in2	3,16
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	5,10	in	0,201	mm	5,65	in	0,222	mm	6,17	in	0,243	mm	6,72	in	0,265	mm	7,24	in	0,285	mm	7,47	in	0,294
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	7,50	in	0,295
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	107,08		4,216	mm	118,64		4,671	mm	129,62		5,103	mm	131,09		5,161	mm	131,69		5,184	mm	135,90		5,350
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**7,50**		0,295
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=14Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				284,89				246,94				231,45				205,76				194,99				185,21
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00351				0,00405				0,00432				0,00486				0,00513				0,00540
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,73	in	0,265	mm	7,76	in	0,305	mm	8,28	in	0,326	mm	9,31	in	0,367	mm	9,83	in	0,387	mm	10,34	in	0,407
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,12	in	0,044	mm	1,12	in	0,044	mm	1,12	in	0,044	mm	1,12	in	0,044	mm	1,12	in	0,044	mm	1,12	in	0,044
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.419,67	in2	2,20	mm2	1.637,83	in2	2,54	mm2	1.747,45	in2	2,71	mm2	1.965,61	in2	3,05	mm2	2.074,15	in2	3,21	mm2	2.183,77	in2	3,38
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	326,82	in2	0,507	mm2	425,31	in2	0,659	mm2	421,24	in2	0,653	mm2	519,73	in2	0,806	mm2	516,74	in2	0,801	mm2	576,00	in2	0,893
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.092,84	in2	1,69	mm2	1.212,52	in2	1,88	mm2	1.326,20	in2	2,06	mm2	1.445,88	in2	2,24	mm2	1.557,42	in2	2,41	mm2	1.607,77	in2	2,49
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	4,99	in	0,196	mm	5,53	in	0,218	mm	6,05	in	0,238	mm	6,60	in	0,260	mm	7,11	in	0,280	mm	7,34	in	0,289
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	7,50	in	0,295
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	84,06		3,310	mm	93,27		3,672	mm	102,02		4,016	mm	103,28		4,066	mm	103,83		4,088	mm	107,18		4,220
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**7,50**		0,295
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N(

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1524/813 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1626/813 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1829/813 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 1930/813 en 90º Presión=14Atm-Acero S275				pieza T 2032/813 en 90º Presión=14Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13	Atm= Kg/cm2	14,00	PSI	199,13
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				3.922,59				3.400,09				3.186,80				2.833,10				2.684,84				2.550,07
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00025				0,00029				0,00031				0,00035				0,00037				0,00039
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,73	in	0,265	mm	7,76	in	0,305	mm	8,28	in	0,326	mm	9,31	in	0,367	mm	9,83	in	0,387	mm	10,34	in	0,407
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	4,14	in	0,163	mm	4,14	in	0,163	mm	4,14	in	0,163	mm	4,14	in	0,163	mm	4,14	in	0,163	mm	4,14	in	0,163
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	5.386,80	in2	8,35	mm2	6.214,59	in2	9,63	mm2	6.630,53	in2	10,28	mm2	7.458,33	in2	11,56	mm2	7.870,19	in2	12,20	mm2	8.286,13	in2	12,84
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.077,03	in2	1,669	mm2	1.450,74	in2	2,249	mm2	1.435,30	in2	2,225	mm2	1.809,00	in2	2,804	mm2	1.797,64	in2	2,786	mm2	2.022,51	in2	3,135
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	4.309,76	in2	6,68	mm2	4.763,86	in2	7,38	mm2	5.195,23	in2	8,05	mm2	5.649,33	in2	8,76	mm2	6.072,55	in2	9,41	mm2	6.263,62	in2	9,71
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	5,30	in	0,209	mm	5,86	in	0,231	mm	6,39	in	0,252	mm	6,95	in	0,274	mm	7,47	in	0,294	mm	7,70	in	0,303
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	331,52		13,052	mm	366,45		14,427	mm	399,63		15,734	mm	403,52		15,887	mm	404,84		15,938	mm	391,48		15,412
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	1.476,04		58,112	mm	1.545,90		60,862	mm	1.612,27		63,475	mm	1.620,05		63,781	mm	1.622,67		63,885	mm	1.595,95		62,833
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**8,00**		0,315
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.500**		59,055		**1.600**		62,992		**1.700**		66,929		**1.700**		66,929		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992
W=Ancho de corona (mm)		**344**		13,524		**394**		15,492		**444**		17,461		**444**		17,461		**444**		17,461		**394**		15,492

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1524/323 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1626/323 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1829/323 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1930/323 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 2032/323 en 90º Presión=16Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				707,60				613,35				574,87				511,07				484,32				460,01
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00141				0,00163				0,00174				0,00196				0,00206				0,00217
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,69	in	0,303	mm	8,87	in	0,349	mm	9,46	in	0,372	mm	10,64	in	0,419	mm	11,23	in	0,442	mm	11,82	in	0,465
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,88	in	0,074	mm	1,88	in	0,074	mm	1,88	in	0,074	mm	1,88	in	0,074	mm	1,88	in	0,074	mm	1,88	in	0,074
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.421,03	in2	3,75	mm2	2.793,08	in2	4,33	mm2	2.980,01	in2	4,62	mm2	3.352,06	in2	5,20	mm2	3.537,16	in2	5,48	mm2	3.724,10	in2	5,77
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	141,38	in2	0,219	mm2	241,84	in2	0,375	mm2	212,40	in2	0,329	mm2	312,86	in2	0,485	mm2	285,25	in2	0,442	mm2	350,31	in2	0,543
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.279,65	in2	3,53	mm2	2.551,24	in2	3,95	mm2	2.767,61	in2	4,29	mm2	3.039,20	in2	4,71	mm2	3.251,91	in2	5,04	mm2	3.373,79	in2	5,23
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	7,06	in	0,278	mm	7,90	in	0,311	mm	8,57	in	0,337	mm	9,41	in	0,370	mm	10,07	in	0,396	mm	10,45	in	0,411
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315	mm	9,00	in	0,354	mm	9,50	in	0,374	mm	10,50	in	0,413	mm	10,50	in	0,413
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	151,98		5,983	mm	159,45		6,278	mm	153,76		6,053	mm	159,96		6,298	mm	154,85		6,097	mm	160,66		6,325
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**7,50**		0,295		**8,00**		0,315		**9,00**		0,354		**9,50**		0,374		**10,50**		0,413		**10,50**		0,413
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1524/273 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1626/273 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1829/273 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1930/273 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 2032/273 en 90º Presión=16Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				505,49				438,15				410,67				365,09				345,98				328,62
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00198				0,00228				0,00244				0,00274				0,00289				0,00304
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,69	in	0,303	mm	8,87	in	0,349	mm	9,46	in	0,372	mm	10,64	in	0,419	mm	11,23	in	0,442	mm	11,82	in	0,465
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,59	in	0,063	mm	1,59	in	0,063	mm	1,59	in	0,063	mm	1,59	in	0,063	mm	1,59	in	0,063	mm	1,59	in	0,063
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.036,74	in2	3,16	mm2	2.349,73	in2	3,64	mm2	2.507,00	in2	3,89	mm2	2.819,99	in2	4,37	mm2	2.975,71	in2	4,61	mm2	3.132,97	in2	4,86
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	131,49	in2	0,204	mm2	216,00	in2	0,335	mm2	191,24	in2	0,296	mm2	275,75	in2	0,427	mm2	252,52	in2	0,391	mm2	307,26	in2	0,476
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.905,25	in2	2,95	mm2	2.133,73	in2	3,31	mm2	2.315,76	in2	3,59	mm2	2.544,24	in2	3,94	mm2	2.723,19	in2	4,22	mm2	2.825,72	in2	4,38
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	6,98	in	0,275	mm	7,82	in	0,308	mm	8,48	in	0,334	mm	9,32	in	0,367	mm	9,98	in	0,393	mm	10,35	in	0,408
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	7,00	in	0,276	mm	8,00	in	0,315	mm	8,50	in	0,335	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	10,50	in	0,413
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	136,09		5,358	mm	133,36		5,250	mm	136,22		5,363	mm	133,91		5,272	mm	136,16		5,361	mm	134,56		5,298
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**7,00**		0,276		**8,00**		0,315		**8,50**		0,335		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394		**10,50**		0,413
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=16Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				325,59				282,22				264,52				235,16				222,85				211,66
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00307				0,00354				0,00378				0,00425				0,00449				0,00472
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,69	in	0,303	mm	8,87	in	0,349	mm	9,46	in	0,372	mm	10,64	in	0,419	mm	11,23	in	0,442	mm	11,82	in	0,465
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,27	in	0,050	mm	1,27	in	0,050	mm	1,27	in	0,050	mm	1,27	in	0,050	mm	1,27	in	0,050	mm	1,27	in	0,050
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.622,48	in2	2,51	mm2	1.871,80	in2	2,90	mm2	1.997,08	in2	3,10	mm2	2.246,41	in2	3,48	mm2	2.370,46	in2	3,67	mm2	2.495,74	in2	3,87
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	120,83	in2	0,187	mm2	188,15	in2	0,292	mm2	168,42	in2	0,261	mm2	235,74	in2	0,365	mm2	217,24	in2	0,337	mm2	260,85	in2	0,404
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.501,65	in2	2,33	mm2	1.683,65	in2	2,61	mm2	1.828,66	in2	2,83	mm2	2.010,67	in2	3,12	mm2	2.153,22	in2	3,34	mm2	2.234,89	in2	3,46
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	6,85	in	0,270	mm	7,68	in	0,303	mm	8,35	in	0,329	mm	9,18	in	0,361	mm	9,83	in	0,387	mm	10,20	in	0,402
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	7,00	in	0,276	mm	8,00	in	0,315	mm	8,50	in	0,335	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	10,50	in	0,413
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	107,26		4,223	mm	105,23		4,143	mm	107,57		4,235	mm	105,82		4,166	mm	107,66		4,239	mm	106,42		4,190
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**7,00**		0,276		**8,00**		0,315		**8,50**		0,335		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394		**10,50**		0,413
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1524/813 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1626/813 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1829/813 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 1930/813 en 90º Presión=16Atm-Acero S275				pieza T 2032/813 en 90º Presión=16Atm-Acero S275			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57	Atm= Kg/cm2	16,00	PSI	227,57
Tipo de acero		Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275				Acero S275		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08	Kg/cm2	2.750,00	PSI	39.114,08
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04	Kg/cm2	1.375,00	PSI	19.557,04
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				4.482,96				3.885,82				3.642,06				3.237,83				3.068,39				2.914,37
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-A				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00025				0,00026				0,00027				0,00031				0,00033				0,00034
M=M1*PDV				1,12				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,69	in	0,303	mm	8,87	in	0,349	mm	9,46	in	0,372	mm	10,64	in	0,419	mm	11,23	in	0,442	mm	11,82	in	0,465
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	4,73	in	0,186	mm	4,73	in	0,186	mm	4,73	in	0,186	mm	4,73	in	0,186	mm	4,73	in	0,186	mm	4,73	in	0,186
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	6.899,66	in2	10,69	mm2	7.102,39	in2	11,01	mm2	7.577,75	in2	11,75	mm2	8.523,81	in2	13,21	mm2	8.994,50	in2	13,94	mm2	9.469,86	in2	14,68
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	289,75	in2	0,449	mm2	545,20	in2	0,845	mm2	470,34	in2	0,729	mm2	725,79	in2	1,125	mm2	655,59	in2	1,016	mm2	821,04	in2	1,273
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	6.609,90	in2	10,25	mm2	6.557,19	in2	10,16	mm2	7.107,41	in2	11,02	mm2	7.798,02	in2	12,09	mm2	8.338,91	in2	12,93	mm2	8.648,82	in2	13,41
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	8,13	in	0,320	mm	8,07	in	0,318	mm	8,74	in	0,344	mm	9,59	in	0,378	mm	10,26	in	0,404	mm	10,64	in	0,419
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	8,50	in	0,335	mm	8,50	in	0,335	mm	9,00	in	0,354	mm	10,00	in	0,394	mm	10,50	in	0,413	mm	11,00	in	0,433
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	388,82		15,308	mm	385,72		15,186	mm	394,86		15,546	mm	389,90		15,350	mm	397,09		15,634	mm	393,13		15,477
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	1.590,64		62,623	mm	1.584,43		62,379	mm	1.602,71		63,099	mm	1.592,80		62,709	mm	1.607,18		63,275	mm	1.599,26		62,963
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**8,50**		0,335		**8,50**		0,335		**9,00**		0,354		**10,00**		0,394		**10,50**		0,413		**11,00**		0,433
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.600**		62,992		**1.600**		62,992		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992
W=Ancho de corona (mm)		**394**		15,492		**394**		15,492		**444**		17,461		**394**		15,492		**444**		17,461		**394**		15,492

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1524/323 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1626/323 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1829/323 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1930/323 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 2032/323 en 90º Presión=18Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				796,05				690,02				646,73				574,95				544,86				517,51
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00126				0,00145				0,00155				0,00174				0,00184				0,00193
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,70	in	0,264	mm	7,73	in	0,304	mm	8,24	in	0,325	mm	9,27	in	0,365	mm	9,79	in	0,385	mm	10,30	in	0,406
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,64	in	0,064	mm	1,64	in	0,064	mm	1,64	in	0,064	mm	1,64	in	0,064	mm	1,64	in	0,064	mm	1,64	in	0,064
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.109,88	in2	3,27	mm2	2.434,11	in2	3,77	mm2	2.597,02	in2	4,03	mm2	2.921,25	in2	4,53	mm2	3.082,56	in2	4,78	mm2	3.245,48	in2	5,03
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	457,37	in2	0,709	mm2	605,64	in2	0,939	mm2	600,23	in2	0,930	mm2	748,50	in2	1,160	mm2	744,68	in2	1,154	mm2	833,77	in2	1,292
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.652,51	in2	2,56	mm2	1.828,47	in2	2,83	mm2	1.996,79	in2	3,10	mm2	2.172,75	in2	3,37	mm2	2.337,88	in2	3,62	mm2	2.411,71	in2	3,74
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	5,12	in	0,201	mm	5,66	in	0,223	mm	6,18	in	0,243	mm	6,73	in	0,265	mm	7,24	in	0,285	mm	7,47	in	0,294
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	7,50	in	0,295
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	127,12		5,005	mm	140,65		5,537	mm	153,60		6,047	mm	155,20		6,110	mm	155,86		6,136	mm	160,78		6,330
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**7,50**		0,295
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1524/273 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1626/273 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1829/273 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1930/273 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 2032/273 en 90º Presión=18Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				568,67				492,92				462,00				410,72				389,23				369,69
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00176				0,00203				0,00216				0,00243				0,00257				0,00270
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,70	in	0,264	mm	7,73	in	0,304	mm	8,24	in	0,325	mm	9,27	in	0,365	mm	9,79	in	0,385	mm	10,30	in	0,406
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,38	in	0,054	mm	1,38	in	0,054	mm	1,38	in	0,054	mm	1,38	in	0,054	mm	1,38	in	0,054	mm	1,38	in	0,054
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.774,98	in2	2,75	mm2	2.047,74	in2	3,17	mm2	2.184,79	in2	3,39	mm2	2.457,56	in2	3,81	mm2	2.593,27	in2	4,02	mm2	2.730,32	in2	4,23
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	397,34	in2	0,616	mm2	522,07	in2	0,809	mm2	517,52	in2	0,802	mm2	642,26	in2	0,996	mm2	639,05	in2	0,991	mm2	713,99	in2	1,107
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.377,64	in2	2,14	mm2	1.525,67	in2	2,36	mm2	1.667,27	in2	2,58	mm2	1.815,30	in2	2,81	mm2	1.954,22	in2	3,03	mm2	2.016,33	in2	3,13
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	5,05	in	0,199	mm	5,59	in	0,220	mm	6,11	in	0,240	mm	6,65	in	0,262	mm	7,16	in	0,282	mm	7,39	in	0,291
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	7,50	in	0,295
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	105,97		4,172	mm	117,36		4,620	mm	128,25		5,049	mm	129,66		5,105	mm	130,28		5,129	mm	134,42		5,292
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**7,50**		0,295
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=18Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				366,29				317,50				297,58				264,55				250,71				238,12
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00273				0,00315				0,00336				0,00378				0,00399				0,00420
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,70	in	0,264	mm	7,73	in	0,304	mm	8,24	in	0,325	mm	9,27	in	0,365	mm	9,79	in	0,385	mm	10,30	in	0,406
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,11	in	0,044	mm	1,11	in	0,044	mm	1,11	in	0,044	mm	1,11	in	0,044	mm	1,11	in	0,044	mm	1,11	in	0,044
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.413,95	in2	2,19	mm2	1.631,24	in2	2,53	mm2	1.740,42	in2	2,70	mm2	1.957,70	in2	3,03	mm2	2.065,81	in2	3,20	mm2	2.174,98	in2	3,37
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	332,63	in2	0,516	mm2	431,99	in2	0,670	mm2	428,37	in2	0,664	mm2	527,73	in2	0,818	mm2	525,17	in2	0,814	mm2	584,88	in2	0,907
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.081,33	in2	1,68	mm2	1.199,24	in2	1,86	mm2	1.312,05	in2	2,03	mm2	1.429,97	in2	2,22	mm2	1.540,63	in2	2,39	mm2	1.590,11	in2	2,46
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	4,94	in	0,194	mm	5,47	in	0,215	mm	5,99	in	0,236	mm	6,53	in	0,257	mm	7,03	in	0,277	mm	7,26	in	0,286
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	6,50	in	0,256	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	7,50	in	0,295
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	83,18		3,275	mm	92,25		3,632	mm	100,93		3,973	mm	102,14		4,021	mm	102,71		4,044	mm	106,01		4,174
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**6,50**		0,256		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**7,50**		0,295
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1524/813 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1626/813 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1829/813 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 1930/813 en 90º Presión=18Atm-Acero S355				pieza T 2032/813 en 90º Presión=18Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/ cm2	18,00	PSI	256,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				5.043,33				4.371,55				4.097,32				3.642,56				3.451,94				3.278,66
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00025				0,00025				0,00025				0,00027				0,00029				0,00031
M=M1*PDV				1,26				1,09				1,02				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	6,70	in	0,264	mm	7,73	in	0,304	mm	8,24	in	0,325	mm	9,27	in	0,365	mm	9,79	in	0,385	mm	10,30	in	0,406
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	4,12	in	0,162	mm	4,12	in	0,162	mm	4,12	in	0,162	mm	4,12	in	0,162	mm	4,12	in	0,162	mm	4,12	in	0,162
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	6.764,52	in2	10,49	mm2	6.764,52	in2	10,49	mm2	6.764,52	in2	10,49	mm2	7.428,32	in2	11,51	mm2	7.838,52	in2	12,15	mm2	8.252,78	in2	12,79
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	1.099,21	in2	1,704	mm2	1.476,25	in2	2,288	mm2	1.462,48	in2	2,267	mm2	1.839,52	in2	2,851	mm2	1.829,81	in2	2,836	mm2	2.056,35	in2	3,187
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	5.665,31	in2	8,78	mm2	5.288,27	in2	8,20	mm2	5.302,04	in2	8,22	mm2	5.588,80	in2	8,66	mm2	6.008,70	in2	9,31	mm2	6.196,43	in2	9,60
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	6,97	in	0,274	mm	6,50	in	0,256	mm	6,52	in	0,257	mm	6,87	in	0,271	mm	7,39	in	0,291	mm	7,62	in	0,300
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	7,00	in	0,276	mm	7,00	in	0,276	mm	7,00	in	0,276	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	404,66		15,932	mm	377,73		14,871	mm	378,72		14,910	mm	399,20		15,717	mm	400,58		15,771	mm	387,28		15,247
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	1.622,33		63,871	mm	1.568,47		61,751	mm	1.570,43		61,828	mm	1.611,40		63,441	mm	1.614,16		63,550	mm	1.587,55		62,502
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**7,00**		0,276		**7,00**		0,276		**7,00**		0,276		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**8,00**		0,315
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992		**1.600**		62,992		**1.700**		66,929		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992
W=Ancho de corona (mm)		**444**		17,461		**394**		15,492		**394**		15,492		**444**		17,461		**444**		17,461		**394**		15,492

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1524/323 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1626/323 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1829/323 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1930/323 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 2032/323 en 90º Presión=20Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				884,50				766,68				718,59				638,83				605,40				575,01
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00113				0,00130				0,00139				0,00157				0,00165				0,00174
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,44	in	0,293	mm	8,59	in	0,338	mm	9,16	in	0,361	mm	10,30	in	0,406	mm	10,87	in	0,428	mm	11,45	in	0,451
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,82	in	0,072	mm	1,82	in	0,072	mm	1,82	in	0,072	mm	1,82	in	0,072	mm	1,82	in	0,072	mm	1,82	in	0,072
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.344,31	in2	3,63	mm2	2.704,56	in2	4,19	mm2	2.885,58	in2	4,47	mm2	3.245,83	in2	5,03	mm2	3.425,07	in2	5,31	mm2	3.606,08	in2	5,59
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	219,30	in2	0,340	mm2	331,54	in2	0,514	mm2	308,03	in2	0,477	mm2	420,27	in2	0,651	mm2	398,54	in2	0,618	mm2	469,52	in2	0,728
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.125,01	in2	3,29	mm2	2.373,02	in2	3,68	mm2	2.577,55	in2	4,00	mm2	2.825,56	in2	4,38	mm2	3.026,54	in2	4,69	mm2	3.136,56	in2	4,86
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	6,58	in	0,259	mm	7,35	in	0,289	mm	7,98	in	0,314	mm	8,75	in	0,344	mm	9,37	in	0,369	mm	9,71	in	0,382
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315	mm	9,00	in	0,354	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	151,79		5,976	mm	158,20		6,228	mm	161,10		6,342	mm	156,98		6,180	mm	159,29		6,271	mm	156,83		6,174
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**8,00**		0,315		**9,00**		0,354		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1524/273 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1626/273 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1829/273 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1930/273 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 2032/273 en 90º Presión=20Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				631,86				547,69				513,34				456,36				432,48				410,77
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00158				0,00183				0,00195				0,00219				0,00231				0,00243
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,44	in	0,293	mm	8,59	in	0,338	mm	9,16	in	0,361	mm	10,30	in	0,406	mm	10,87	in	0,428	mm	11,45	in	0,451
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.972,20	in2	3,06	mm2	2.275,27	in2	3,53	mm2	2.427,55	in2	3,76	mm2	2.730,62	in2	4,23	mm2	2.881,41	in2	4,47	mm2	3.033,69	in2	4,70
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	197,04	in2	0,305	mm2	291,47	in2	0,452	mm2	271,69	in2	0,421	mm2	366,12	in2	0,567	mm2	347,83	in2	0,539	mm2	407,55	in2	0,632
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.775,15	in2	2,75	mm2	1.983,80	in2	3,07	mm2	2.155,86	in2	3,34	mm2	2.364,50	in2	3,66	mm2	2.533,58	in2	3,93	mm2	2.626,14	in2	4,07
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	6,50	in	0,256	mm	7,27	in	0,286	mm	7,90	in	0,311	mm	8,66	in	0,341	mm	9,28	in	0,365	mm	9,62	in	0,379
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	7,00	in	0,276	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315	mm	9,00	in	0,354	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	126,80		4,992	mm	132,25		5,207	mm	134,74		5,305	mm	131,36		5,172	mm	133,35		5,250	mm	131,31		5,170
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**7,00**		0,276		**7,50**		0,295		**8,00**		0,315		**9,00**		0,354		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=20Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				406,99				352,77				330,64				293,95				278,56				264,58
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00246				0,00283				0,00302				0,00340				0,00359				0,00378
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,44	in	0,293	mm	8,59	in	0,338	mm	9,16	in	0,361	mm	10,30	in	0,406	mm	10,87	in	0,428	mm	11,45	in	0,451
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,23	in	0,049	mm	1,23	in	0,049	mm	1,23	in	0,049	mm	1,23	in	0,049	mm	1,23	in	0,049	mm	1,23	in	0,049
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.571,06	in2	2,44	mm2	1.812,49	in2	2,81	mm2	1.933,79	in2	3,00	mm2	2.175,22	in2	3,37	mm2	2.295,34	in2	3,56	mm2	2.416,65	in2	3,75
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	173,05	in2	0,268	mm2	248,28	in2	0,385	mm2	232,52	in2	0,360	mm2	307,74	in2	0,477	mm2	293,17	in2	0,454	mm2	340,74	in2	0,528
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.398,01	in2	2,17	mm2	1.564,21	in2	2,42	mm2	1.701,28	in2	2,64	mm2	1.867,48	in2	2,89	mm2	2.002,17	in2	3,10	mm2	2.075,91	in2	3,22
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	6,38	in	0,251	mm	7,14	in	0,281	mm	7,76	in	0,306	mm	8,52	in	0,336	mm	9,14	in	0,360	mm	9,47	in	0,373
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	6,50	in	0,256	mm	7,50	in	0,295	mm	8,00	in	0,315	mm	9,00	in	0,354	mm	9,50	in	0,374	mm	9,50	in	0,374
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	107,54		4,234	mm	104,28		4,106	mm	106,33		4,186	mm	103,75		4,085	mm	105,38		4,149	mm	109,26		4,302
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**6,50**		0,256		**7,50**		0,295		**8,00**		0,315		**9,00**		0,354		**9,50**		0,374		**9,50**		0,374
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1524/813 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1626/813 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1829/813 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 1930/813 en 90º Presión=20Atm-Acero S355				pieza T 2032/813 en 90º Presión=20Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/ cm2	20,00	PSI	284,47
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				5.603,70				4.857,28				4.552,58				4.047,29				3.835,49				3.642,96
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00025				0,00025				0,00025				0,00025				0,00026				0,00027
M=M1*PDV				1,40				1,21				1,14				1,01				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	7,44	in	0,293	mm	8,59	in	0,338	mm	9,16	in	0,361	mm	10,30	in	0,406	mm	10,87	in	0,428	mm	11,45	in	0,451
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	4,58	in	0,180	mm	4,58	in	0,180	mm	4,58	in	0,180	mm	4,58	in	0,180	mm	4,58	in	0,180	mm	4,58	in	0,180
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	8.351,26	in2	12,94	mm2	8.351,26	in2	12,94	mm2	8.351,26	in2	12,94	mm2	8.351,26	in2	12,94	mm2	8.709,46	in2	13,50	mm2	9.169,76	in2	14,21
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	489,35	in2	0,758	mm2	774,77	in2	1,201	mm2	714,98	in2	1,108	mm2	1.000,41	in2	1,551	mm2	945,13	in2	1,465	mm2	1.125,63	in2	1,745
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	7.861,91	in2	12,19	mm2	7.576,48	in2	11,74	mm2	7.636,28	in2	11,84	mm2	7.350,85	in2	11,39	mm2	7.764,34	in2	12,03	mm2	8.044,12	in2	12,47
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w	mm	9,67	in	0,381	mm	9,32	in	0,367	mm	9,39	in	0,370	mm	9,04	in	0,356	mm	9,55	in	0,376	mm	9,89	in	0,390
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	10,00	in	0,394	mm	9,50	in	0,374	mm	9,50	in	0,374	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	10,00	in	0,394
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	393,10		15,476	mm	398,76		15,699	mm	401,91		15,823	mm	386,89		15,232	mm	388,22		15,284	mm	402,21		15,835
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	1.599,19		62,960	mm	1.610,52		63,406	mm	1.616,82		63,654	mm	1.586,77		62,471	mm	1.589,43		62,576	mm	1.617,41		63,678
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**10,00**		0,394		**9,50**		0,374		**9,50**		0,374		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394		**10,00**		0,394
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**1.600**		62,992		**1.700**		66,929		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992		**1.600**		62,992		**1.700**		66,929
W=Ancho de corona (mm)		**394**		15,492		**444**		17,461		**444**		17,461		**394**		15,492		**394**		15,492		**444**		17,461

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/323 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1524/323 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1626/323 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1829/323 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1930/323 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 2032/323 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,50	in	0,335	mm	9,50	in	0,374	mm	10,50	in	0,413	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				995,06				862,52				808,41				718,69				681,08				646,89
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00100				0,00116				0,00124				0,00139				0,00147				0,00155
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	8,37	in	0,330	mm	9,66	in	0,380	mm	10,31	in	0,406	mm	11,59	in	0,456	mm	12,23	in	0,482	mm	12,88	in	0,507
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	2,05	in	0,081	mm	2,05	in	0,081	mm	2,05	in	0,081	mm	2,05	in	0,081	mm	2,05	in	0,081	mm	2,05	in	0,081
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.637,35	in2	4,09	mm2	3.042,63	in2	4,72	mm2	3.246,27	in2	5,03	mm2	3.651,56	in2	5,66	mm2	3.853,20	in2	5,97	mm2	4.056,85	in2	6,29
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	79,21	in2	0,123	mm2	-11,08	in2	-0,017	mm2	100,28	in2	0,155	mm2	10,00	in2	0,015	mm2	-34,15	in2	-0,053	mm2	14,21	in2	0,022
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.558,14	in2	3,97	mm2	3.053,71	in2	4,73	mm2	3.145,99	in2	4,88	mm2	3.641,56	in2	5,64	mm2	3.887,35	in2	6,03	mm2	4.042,63	in2	6,27
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	7,92	in	0,312	mm	9,45	in	0,372	mm	9,74	in	0,383	mm	11,27	in	0,444	mm	12,04	in	0,474	mm	12,52	in	0,493
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,50	in	0,492	mm	13,00	in	0,512
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	159,88		6,295	mm	160,72		6,328	mm	157,30		6,193	mm	158,33		6,233	mm	155,49		6,122	mm	155,49		6,121
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**8,00**		0,315		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394		**11,50**		0,453		**12,50**		0,492		**13,00**		0,512
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/273 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1524/273 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1626/273 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1829/273 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1930/273 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 2032/273 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,50	in	0,335	mm	9,50	in	0,374	mm	10,50	in	0,413	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				710,84				616,15				577,50				513,41				486,54				462,12
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00141				0,00162				0,00173				0,00195				0,00206				0,00216
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	8,37	in	0,330	mm	9,66	in	0,380	mm	10,31	in	0,406	mm	11,59	in	0,456	mm	12,23	in	0,482	mm	12,88	in	0,507
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,73	in	0,068	mm	1,73	in	0,068	mm	1,73	in	0,068	mm	1,73	in	0,068	mm	1,73	in	0,068	mm	1,73	in	0,068
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.218,72	in2	3,44	mm2	2.559,68	in2	3,97	mm2	2.730,99	in2	4,23	mm2	3.071,95	in2	4,76	mm2	3.241,58	in2	5,02	mm2	3.412,90	in2	5,29
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	79,17	in2	0,123	mm2	3,22	in2	0,005	mm2	96,90	in2	0,150	mm2	20,95	in2	0,032	mm2	-16,19	in2	-0,025	mm2	24,49	in2	0,038
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.139,55	in2	3,32	mm2	2.556,46	in2	3,96	mm2	2.634,09	in2	4,08	mm2	3.051,00	in2	4,73	mm2	3.257,77	in2	5,05	mm2	3.388,41	in2	5,25
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	7,84	in	0,309	mm	9,36	in	0,369	mm	9,65	in	0,380	mm	11,18	in	0,440	mm	11,93	in	0,470	mm	12,41	in	0,489
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,50	in	0,492
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	133,72		5,265	mm	134,55		5,297	mm	131,70		5,185	mm	132,65		5,223	mm	135,74		5,344	mm	135,54		5,336
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**8,00**		0,315		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394		**11,50**		0,453		**12,00**		0,472		**12,50**		0,492
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,50	in	0,335	mm	9,50	in	0,374	mm	10,50	in	0,413	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				457,86				396,87				371,97				330,69				313,38				297,65
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00218				0,00252				0,00269				0,00302				0,00319				0,00336
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	8,37	in	0,330	mm	9,66	in	0,380	mm	10,31	in	0,406	mm	11,59	in	0,456	mm	12,23	in	0,482	mm	12,88	in	0,507
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055	mm	1,39	in	0,055
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.767,44	in2	2,74	mm2	2.039,05	in2	3,16	mm2	2.175,52	in2	3,37	mm2	2.447,12	in2	3,79	mm2	2.582,26	in2	4,00	mm2	2.718,73	in2	4,21
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	79,13	in2	0,123	mm2	18,63	in2	0,029	mm2	93,26	in2	0,145	mm2	32,75	in2	0,051	mm2	3,17	in2	0,005	mm2	35,58	in2	0,055
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.688,31	in2	2,62	mm2	2.020,42	in2	3,13	mm2	2.082,26	in2	3,23	mm2	2.414,37	in2	3,74	mm2	2.579,09	in2	4,00	mm2	2.683,15	in2	4,16
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	7,71	in	0,303	mm	9,22	in	0,363	mm	9,50	in	0,374	mm	11,02	in	0,434	mm	11,77	in	0,463	mm	12,25	in	0,482
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	8,00	in	0,315	mm	9,50	in	0,374	mm	10,00	in	0,394	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,50	in	0,492
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	105,52		4,154	mm	106,34		4,187	mm	104,11		4,099	mm	104,97		4,133	mm	107,46		4,231	mm	107,33		4,225
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**8,00**		0,315		**9,50**		0,374		**10,00**		0,394		**11,50**		0,453		**12,00**		0,472		**12,50**		0,492
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / N

	pieza T 1321/813 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1524/813 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1626/813 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1829/813 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 1930/813 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355				pieza T 2032/813 en 90º Presión=22,5Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	8,50	in	0,335	mm	9,50	in	0,374	mm	10,50	in	0,413	mm	11,50	in	0,453	mm	12,00	in	0,472	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02	Atm= Kg/cm2	22,50	PSI	320,02
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				6.304,16				5.464,44				5.121,65				4.553,20				4.314,92				4.098,33
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				Ala monja				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A
M1= Coef. Multiplicador								0,00025				0,00025				0,00025				0,00025				0,00025
M=M1*PDV								1,37				1,28				1,14				1,08				1,02
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs							in	0,380	mm	10,31	in	0,406	mm	11,59	in	0,456	mm	12,23	in	0,482	mm	12,88	in	0,507
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs							in	0,203	mm	5,15	in	0,203	mm	5,15	in	0,203	mm	5,15	in	0,203	mm	5,15	in	0,203
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))							in2	16,38	mm2	10.569,56	in2	16,38	mm2	10.569,56	in2	16,38	mm2	10.569,56	in2	16,38	mm2	10.569,56	in2	16,38
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)							in2	-0,158	mm2	181,10	in2	0,281	mm2	-48,48	in2	-0,075	mm2	-160,73	in2	-0,249	mm2	-37,76	in2	-0,059
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo							in2	16,54	mm2	10.388,46	in2	16,10	mm2	10.618,04	in2	16,46	mm2	10.730,29	in2	16,63	mm2	10.607,32	in2	16,44
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)							in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w							in	0,517	mm	12,78	in	0,503	mm	13,06	in	0,514	mm	13,20	in	0,520	mm	13,05	in	0,514
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)							in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)							in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado							in	0,000	mm	13,00	in	0,512	mm	13,50	in	0,531	mm	13,50	in	0,531	mm	13,50	in	0,531
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T								#¡DIV/0!	mm	399,56		15,731	mm	393,26		15,483	mm	397,42		15,646	mm	392,86		15,467
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))								10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)								#¡DIV/0!	mm	1.612,11		63,469	mm	1.599,52		62,973	mm	1.607,84		63,301	mm	1.598,73		62,942
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)								0,000		**13,00**		0,512		**13,50**		0,531		**13,50**		0,531		**13,50**		0,531
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)								0,000		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992		**1.700**		66,929		**1.600**		62,992
W=Ancho de corona (mm)								0,000		**444**		17,461		**394**		15,492		**444**		17,461		**394**		15,492

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NC	pieza T 1321/323 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1524/323 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1626/323 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1829/323 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1930/323 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 2032/323 en 90º Presión=25Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	in	0,374	mm	11,00	in	0,433	mm	11,50	in	0,453	mm	13,00	in	0,512	mm	13,80	in	0,543	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717	mm	323	in	12,717
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				1.105,63				958,36				898,24				798,54				756,75				718,77
d/D=				0,24				0,21				0,20				0,18				0,17				0,16
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00090				0,00104				0,00111				0,00125				0,00132				0,00139
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	9,30	in	0,366	mm	10,73	in	0,423	mm	11,45	in	0,451	mm	12,88	in	0,507	mm	13,59	in	0,535	mm	14,31	in	0,563
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	2,27	in	0,090	mm	2,27	in	0,090	mm	2,27	in	0,090	mm	2,27	in	0,090	mm	2,27	in	0,090	mm	2,27	in	0,090
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.930,39	in2	4,54	mm2	3.380,70	in2	5,24	mm2	3.606,97	in2	5,59	mm2	4.057,29	in2	6,29	mm2	4.281,34	in2	6,64	mm2	4.507,61	in2	6,99
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	96,62	in2	0,150	mm2	118,80	in2	0,184	mm2	50,04	in2	0,078	mm2	72,22	in2	0,112	mm2	100,17	in2	0,155	mm2	-441,10	in2	-0,684
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.833,77	in2	4,39	mm2	3.261,90	in2	5,06	mm2	3.556,94	in2	5,51	mm2	3.985,07	in2	6,18	mm2	4.181,17	in2	6,48	mm2	4.948,70	in2	7,67
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36	mm	161,50	in	6,36
T=esp. Min=Aw/2w	mm	8,77	in	0,345	mm	10,10	in	0,398	mm	11,01	in	0,434	mm	12,34	in	0,486	mm	12,94	in	0,510	mm	15,32	in	0,603
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24	mm	539,41	in	21,24
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43	mm	646,00	in	25,43
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	9,00	in	0,354	mm	10,50	in	0,413	mm	11,50	in	0,453	mm	12,50	in	0,492	mm	13,00	in	0,512	mm	15,50	in	0,610
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	157,43		6,198	mm	155,33		6,115	mm	154,65		6,089	mm	159,40		6,276	mm	160,81		6,331	mm	159,64		6,285
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239	mm	107,67		4,239
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194	mm	538,33		21,194
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**9,00**		0,354		**10,50**		0,413		**11,50**		0,453		**12,50**		0,492		**13,00**		0,512		**15,50**		0,610
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453		**139**		5,453

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NC	pieza T 1321/273 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1524/273 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1626/273 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1829/273 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1930/273 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 2032/273 en 90º Presión=25Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	in	0,374	mm	11,00	in	0,433	mm	11,50	in	0,453	mm	13,00	in	0,512	mm	13,80	in	0,543	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				789,82				684,62				641,67				570,45				540,60				513,46
d/D=				0,21				0,18				0,17				0,15				0,14				0,13
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00127				0,00146				0,00156				0,00175				0,00185				0,00195
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	9,30	in	0,366	mm	10,73	in	0,423	mm	11,45	in	0,451	mm	12,88	in	0,507	mm	13,59	in	0,535	mm	14,31	in	0,563
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,92	in	0,076	mm	1,92	in	0,076	mm	1,92	in	0,076	mm	1,92	in	0,076	mm	1,92	in	0,076	mm	1,92	in	0,076
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	2.465,25	in2	3,82	mm2	2.844,08	in2	4,41	mm2	3.034,44	in2	4,70	mm2	3.413,27	in2	5,29	mm2	3.601,76	in2	5,58	mm2	3.792,11	in2	5,88
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	93,80	in2	0,145	mm2	112,46	in2	0,174	mm2	54,61	in2	0,085	mm2	73,27	in2	0,114	mm2	96,79	in2	0,150	mm2	-358,56	in2	-0,556
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	2.371,44	in2	3,68	mm2	2.731,62	in2	4,23	mm2	2.979,82	in2	4,62	mm2	3.340,00	in2	5,18	mm2	3.504,97	in2	5,43	mm2	4.150,68	in2	6,43
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37	mm	136,50	in	5,37
T=esp. Min=Aw/2w	mm	8,69	in	0,342	mm	10,01	in	0,394	mm	10,92	in	0,430	mm	12,23	in	0,482	mm	12,84	in	0,505	mm	15,20	in	0,599
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95	mm	455,91	in	17,95
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50	mm	546,00	in	21,50
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	9,00	in	0,354	mm	10,50	in	0,413	mm	11,00	in	0,433	mm	12,50	in	0,492	mm	13,00	in	0,512	mm	15,50	in	0,610
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	131,75		5,187	mm	130,08		5,121	mm	135,45		5,333	mm	133,60		5,260	mm	134,81		5,307	mm	133,89		5,271
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583	mm	91,00		3,583
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913	mm	455,00		17,913
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**9,00**		0,354		**10,50**		0,413		**11,00**		0,433		**12,50**		0,492		**13,00**		0,512		**15,50**		0,610
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622		**600**		23,622
W=Ancho de corona (mm)		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437		**164**		6,437

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NC	pieza T 1321/219,1 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1524/219,1 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1626/219,1 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1829/219,1 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1930/219,1 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 2032/219,1 en 90º Presión=25Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	in	0,374	mm	11,00	in	0,433	mm	11,50	in	0,453	mm	13,00	in	0,512	mm	13,80	in	0,543	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157	mm	4,00	in	0,157
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				508,73				440,97				413,31				367,43				348,20				330,73
d/D=				0,17				0,14				0,13				0,12				0,11				0,11
Refuerzo recomendado				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B				babero tabla-B
M1= Coef. Multiplicador				0,00197				0,00227				0,00242				0,00272				0,00287				0,00302
M=M1*PDV				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs	mm	9,30	in	0,366	mm	10,73	in	0,423	mm	11,45	in	0,451	mm	12,88	in	0,507	mm	13,59	in	0,535	mm	14,31	in	0,563
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061	mm	1,54	in	0,061
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))	mm2	1.963,82	in2	3,04	mm2	2.265,61	in2	3,51	mm2	2.417,24	in2	3,75	mm2	2.719,03	in2	4,21	mm2	2.869,18	in2	4,45	mm2	3.020,81	in2	4,68
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)	mm2	90,77	in2	0,141	mm2	105,63	in2	0,164	mm2	59,55	in2	0,092	mm2	74,41	in2	0,115	mm2	93,14	in2	0,144	mm2	-269,59	in2	-0,418
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo	mm2	1.873,06	in2	2,90	mm2	2.159,98	in2	3,35	mm2	2.357,70	in2	3,65	mm2	2.644,61	in2	4,10	mm2	2.776,03	in2	4,30	mm2	3.290,40	in2	5,10
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31	mm	109,55	in	4,31
T=esp. Min=Aw/2w	mm	8,55	in	0,337	mm	9,86	in	0,388	mm	10,76	in	0,424	mm	12,07	in	0,475	mm	12,67	in	0,499	mm	15,02	in	0,591
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41	mm	365,90	in	14,41
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25	mm	438,20	in	17,25
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado	mm	9,00	in	0,354	mm	10,00	in	0,394	mm	11,00	in	0,433	mm	12,50	in	0,492	mm	13,00	in	0,512	mm	15,50	in	0,610
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T	mm	104,06		4,097	mm	108,00		4,252	mm	107,17		4,219	mm	105,78		4,165	mm	106,77		4,204	mm	106,14		4,179
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875	mm	73,03		2,875
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377	mm	365,17		14,377
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)		**9,00**		0,354		**10,00**		0,394		**11,00**		0,433		**12,50**		0,492		**13,00**		0,512		**15,50**		0,610
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685		**500**		19,685
W=Ancho de corona (mm)		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530		**140**		5,530

REFUERZOS EN PIEZAS T DE ACERO S / NC	pieza T 1321/813 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1524/813 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1626/813 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1829/813 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 1930/813 en 90º Presión=25Atm-Acero S355				pieza T 2032/813 en 90º Presión=25Atm-Acero S355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	1.321	in	52,008	mm	1.524	in	60,000	mm	1.626	in	64,016	mm	1.829	in	72,008	mm	1.930	in	75,984	mm	2.032	in	80,000
Ty=esp. Tubería	mm	9,50	in	0,374	mm	11,00	in	0,433	mm	11,50	in	0,453	mm	13,00	in	0,512	mm	13,80	in	0,543	mm	12,80	in	0,504
d=Diám. Ext. Derivación T	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008	mm	813	in	32,008
ty=esp. Tub. Derivación T	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236	mm	6,00	in	0,236
Ang=Ángulo derivación	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571	º	90	Rad	1,571
P=Presión de diseño	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58
Tipo de acero		Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355				Acero S355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72	Kg/cm2	3.550,00	PSI	50.492,72
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg+1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36	Kg/cm2	1.775,00	PSI	25.246,36
Tipo de refuerzo																								
PDV=P*d^2/(Dsen^2(ang))				7.004,63				6.071,59				5.690,72				5.059,11				4.794,36				4.553,70
d/D=				0,62				0,53				0,50				0,44				0,42				0,40
Refuerzo recomendado				Ala monja				Ala monja				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A				babero tabla-A
M1= Coef. Multiplicador												0,00025				0,00025				0,00025				0,00025
M=M1*PDV												1,42				1,26				1,20				1,14
Tr=Esp. Teórico de la tubería principal=PD/2fs										11,45	in	0,451	mm	12,88	in	0,507	mm	13,59	in	0,535	mm	14,31	in	0,563
tr=Esp. Teórico de la tubería de derivación=Pd/2fs										5,73	in	0,225	mm	5,73	in	0,225	mm	5,73	in	0,225	mm	5,73	in	0,225
Ar=Área teórica de refuerzo=M(Tr(d-ty)/sen(ang))										13.048,84	in2	20,23	mm2	13.048,84	in2	20,23	mm2	13.048,84	in2	20,23	mm2	13.048,84	in2	20,23
A3=Area disponible por esceso de Ty=((d-2ty)/(seno(ang))*(Ty-Tr)+5ty(ty-tr)										47,73	in2	0,074	mm2	104,13	in2	0,161	mm2	175,21	in2	0,272	mm2	-1.201,16	in2	-1,862
Aw=Ar-A3=Área de refuerzo										13.001,12	in2	20,15	mm2	12.944,71	in2	20,06	mm2	12.873,63	in2	19,95	mm2	14.250,00	in2	22,09
Dimensión mínima de refuerzo (ancho y esp																								
W=Ancho mínimo=d/2seno(ang)										406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00	mm	406,50	in	16,00
T=esp. Min=Aw/2w										15,99	in	0,630	mm	15,92	in	0,627	mm	15,83	in	0,623	mm	17,53	in	0,690
W1= Límite de refuerzo. No menor a 1,67d/seno (ang)										1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45	mm	1.357,71	in	53,45
W2= Límite de refuerzo. No mayor a 2d/seno (ang)										1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02	mm	1.626,00	in	64,02
Selección de espesores																								
Espesor de chapa seleccionado										16,00	in	0,630	mm	16,00	in	0,630	mm	16,00	in	0,630	mm	18,00	in	0,709
Ala s/ esp. Seleccionado=w=Aw/2T										406,28		15,995	mm	404,52		15,926	mm	402,30		15,839	mm	395,83		15,584
Ala mínima permitida=W(min)=d/(3seno(ang))										271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669	mm	271,00		10,669
W= Ancho de refuerzo=2w+d/seno(ang)										1.625,57		63,999	mm	1.622,04		63,860	mm	1.617,60		63,685	mm	1.604,67		63,176
Resumen																								
Espesor de chapa seleccionado (mm)										**16,00**		0,630		**16,00**		0,630		**16,00**		0,630		**18,00**		0,709
W=Ancho de refuerzo redondeado y seleccionado (mm)										**1.700**		66,929		**1.700**		66,929		**1.700**		66,929		**1.700**		66,929
W=Ancho de corona (mm)										**444**		17,461		**444**		17,461		**444**		17,461		**444**		17,461

14. APÉNDICE 7.2.4: CÁLCULO MECÁNICO DE ESPESORES MÍNIMOS EN CODOS

CÁLCULO DE ESPESORES MÍNIMOS EN CODOS Y PIEZAS

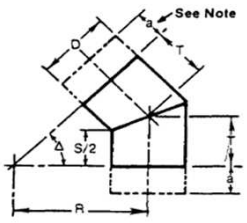


Fig. 2A: Two-Piece Elbow (0-22.5°)

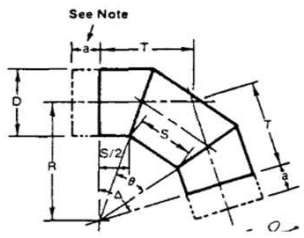


Fig. 2B: Three-Piece Elbow (22.5-45°)

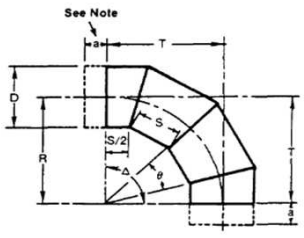


Fig. 2C: Four-Piece Elbow (45-67.5°)

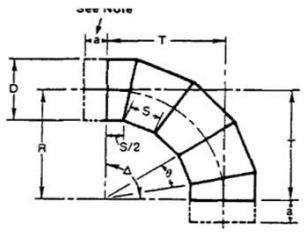


Fig. 2D: Five-Piece Elbow (67.5-90°)

CODO EN BYPASS DN 200

	Codo DN= 219,1 con radio R=45º PMD=18Atm-Acero 275				Codo DN= 219,1 con radio R=45º PMD=18Atm-Acero 275				Codo DN= 219,1 con radio R=45º PMD=30Atm-Acero 275				Codo DN= 219,1 con radio R=45º PMD=37,5Atm-Acero 275				Codo DN= 219,1 con radio R=45º PMD=30Atm-Acero 355				Codo DN= 219,1 con radio R=45º PMD=37,5Atm-Acero 355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626	mm	219	in	8,626
Radio mínimo =2,5*D	mm	548			mm	548			mm	548			mm	548			mm	548			mm	548		
Ang=Ángulo derivación	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785
Timbraje adoptado o Presión hidráulica	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/cm2	30,00	PSI	426,70	Atm= Kg/cm2	37,50	PSI	533,37	Atm= Kg/cm2	30,00	PSI	426,70	Atm= Kg/cm2	37,50	PSI	533,37
Tipo de acero		Acero 275				Acero 275				Acero 275				Acero 275				Acero 355				Acero 355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	355,00	PSI	5.049,27	Kg/cm2	355,00	PSI	5.049,27
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	177,50	PSI	2.524,64	Kg/cm2	177,50	PSI	2.524,64
tmin= espesor mínimo =PD/(s*f)*(4+D/(3R-1,5D))	mm	2,04	in	0,816	mm	2,04	in	0,816	mm	3,40	in	1,359	mm	4,25	in	1,699	mm	2,63	in	1,053	mm	3,29	in	1,316
Espesor adoptado	mm	4,00			mm	4,00			mm	4,00			mm	6,40			mm	4,00			mm	4,00		

CODO EN BYPASS DN 250

	Codo DN= 273 con radio R=45º PMD=18Atm-Acero 275				Codo DN= 273 con radio R=45º PMD=18Atm-Acero 275				Codo DN= 273 con radio R=45º PMD=30Atm-Acero 275				Codo DN= 273 con radio R=45º PMD=37,5Atm-Acero 275				Codo DN= 273 con radio R=45º PMD=30Atm-Acero 355				Codo DN= 273 con radio R=45º PMD=37,5Atm-Acero 355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748	mm	273	in	10,748
Radio mínimo =2,5*D	mm	683			mm	683			mm	683			mm	683			mm	683			mm	683		
Ang=Ángulo derivación	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785
Timbraje adoptado o Presión hidráulica	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/cm2	30,00	PSI	426,70	Atm= Kg/cm2	37,50	PSI	533,37	Atm= Kg/cm2	30,00	PSI	426,70	Atm= Kg/cm2	37,50	PSI	533,37
Tipo de acero		Acero 275				Acero 275				Acero 275				Acero 275				Acero 355				Acero 355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	355,00	PSI	5.049,27	Kg/cm2	355,00	PSI	5.049,27
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	177,50	PSI	2.524,64	Kg/cm2	177,50	PSI	2.524,64
tmin= espesor mínimo =PD/(s*f)*(4+D/(3R-1,5D))	mm	2,54	in	1,016	mm	2,54	in	1,016	mm	4,23	in	1,694	mm	5,29	in	2,117	mm	3,28	in	1,312	mm	4,10	in	1,640
Espesor adoptado	mm	4,00			mm	4,00			mm	5,00			mm	6,40			mm	4,00			mm	5,00		

CODO EN BYPASS DN 300

	Codo DN= 323,9 con radio R=45º PMD=18Atm-Acero 275				Codo DN= 323,9 con radio R=45º PMD=18Atm-Acero 275				Codo DN= 323,9 con radio R=45º PMD=30Atm-Acero 275				Codo DN= 323,9 con radio R=45º PMD=37,5Atm-Acero 275				Codo DN= 323,9 con radio R=45º PMD=30Atm-Acero 355				Codo DN= 320 con radio R=45º PMD=37,5Atm-Acero 355			
D=Diámetro ext. Tubería	mm	323,9	in	12,752	mm	324	in	12,752	mm	324	in	12,752	mm	324	in	12,752	mm	324	in	12,752	mm	320	in	12,598
Radio mínimo =2,5*D	mm	810			mm	810			mm	810			mm	810			mm	810			mm	800		
Ang=Ángulo derivación	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785	º	45	Rad	0,785
Timbraje adoptado o Presión hidráulica	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	12,00	PSI	170,68	Atm= Kg/cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58	Atm= Kg/cm2	20,00	PSI	284,47	Atm= Kg/cm2	25,00	PSI	355,58
P=Presión de diseño =PMD= Coef. Seg x Presión interna máxima	Atm= Kg/cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/cm2	18,00	PSI	256,02	Atm= Kg/cm2	30,00	PSI	426,70	Atm= Kg/cm2	37,50	PSI	533,37	Atm= Kg/cm2	30,00	PSI	426,70	Atm= Kg/cm2	37,50	PSI	533,37
Tipo de acero		Acero 275				Acero 275				Acero 275				Acero 275				Acero 355				Acero 355		
Ts=Tensión del material	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	275,00	PSI	3.911,41	Kg/cm2	355,00	PSI	5.049,27	Kg/cm2	355,00	PSI	5.049,27
C1=Coef seguridad tensión admisible (30-50%)	%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%			%	50%		
n=Coef. Seg=1/C1	n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00			n	2,00		
fs=Tensión admisible (σ_{adm})=C1*Remin	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	137,50	PSI	1.955,70	Kg/cm2	177,50	PSI	2.524,64	Kg/cm2	177,50	PSI	2.524,64
tmin= espesor mínimo =PD/(s*f)*(4+D/(3R-1,5D))	mm	3,01	in	1,206	mm	3,01	in	1,206	mm	5,02	in	2,009	mm	6,28	in	2,512	mm	3,89	in	1,557	mm	4,81	in	1,922
Espesor adoptado	mm	4,00			mm	4,00			mm	5,00			mm	6,40			mm	4,00			mm	5,00		

15. APÉNDICE 7.2.5: COMPROBACIÓN DE NECESIDAD DE ANCLAJE EN CONDUCCIÓN ENTERRADA DE ACERO HELICOIDAL CON RADIOS DE GIRO.

COMPROBACIÓN DE LA LONGITUD DE TUBERÍA ENTERRADA MÍNIMA PARA COMPENSAR ESFUERZOS EN ÁNGULOS MÁXIMOS SIN ANCLAJE HORIZONTAL

Nota: Tocar celdas grises

Hipótesis de cálculo

¿Peso de tierras? Si/no	si
¿Peso de tubería? Si/no	si
¿Peso de agua? Si/no	si
¿Peso de relleno de tierras? Si/no	si
¿Empuje pasivo del terreno? Si/no	si

Altura mínima de cobertura en el tubo	1,50
Ángulo máximo en tuberías sin anclaje (º)	6,00
Coef. De seguridad deslizamiento	1,50
Coef. De seguridad vuelco	1,50

&c= Densidad del hormigón	Tn/m3	2,35
&w=Densidad del agua	Tn/m3	1,00
Características del terreno		
&t=Densidad del terreno (seco)	Tn/m3	1,80
&tw=Densidad del terreno (sumergido)	Tn/m3	1,10
φ= Ángulo de roz. Terreno (º)	º	25,00
c´=Cohesión terreno	Tn/m3	0,00
K1= coef. Función del revestimiento de la tubería (Tub. libre=1,0; K=2/3		1,00
µ1= Coef. Fricción tubería-terreno=K x Tang(0,8 x φ)		0,36
µ2= Coef. Fricción hormigón-terreno= Tang(φ)		0,47
Τμαξ= τενσιόν ηοριζονταλ μάξιμα δελ τερρενο	Tn/m2	10,00
Características de la tubería		
Tipo de tubería		Acero
&a=densidad del acero	Tn/m3	7,85
β=coef. Dilatación térmica		1,20E-05
E= Mod elasticidad del material	Tn/m2	2,14E+07
VT= incremento temperatura	º	2,00
Alargamiento =VT * β	m	2,40E-05
T=tensión por dilatacion térmica=E*VT * β	Tn/m2	5,14E+02
Cuantía mínima	Kg/m3	15,00

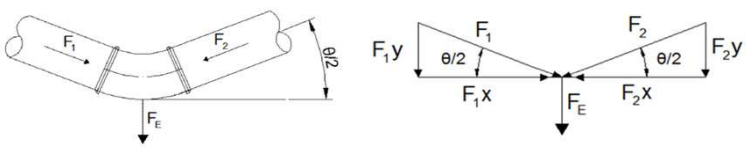


TABLA DE ESPESORES MÍNIMO ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN	**DN ext**	**6,00**	**8,00**	**10,00**	**12,50**	**14,00**	**16,00**	**18,00**	**20,00**	**22,00**	**25,00**
1300	1321	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1500	1524	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1600	1626	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1800	1829	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1900	1930	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
2000	2032	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00

					Empuje y momento desestabilizador				Peso (eje Z)															
P (atm)	Ángl=Angulo max entre tuberías (º)	DN (mm)	DNext (mm)	e (mm)	F1 (Tn)= 2Pl*(r^2)*sen(ang/2)	F2 (Tn)= Dilatac. térmica=2*pi*(rext-e)^2*e*T*sen(ang/2)	E1=F1+F2 (Tn)	E1x (Tn)= =P*A*(1-cos(ang))*10	P1=Peso de anclaje(Tn/m)	P2=Peso de tubería (Tn/m)	P3= Peso del agua (Tn/m)	P4=Peso de tierras (T/m)	Pt= P1+P2+P3+P4	E2=Empuje estabilizador por rozamiento=µ1*Pt+0,5*c´*(B1+B2)/2	Longitud tubería enterrada mínima= coef. Sef x E1x/E2 (m)	Longitud tubería enterrada mínima= coef. Sef x E1/E2 (m)	Tensión a tracción= PS/(pi*D*e)=PD/4e) (N/mm2)	Tipo de acero	Límite elástico (N/mm2)	fu= Tensión última a tracción (N/mm2)	Tensión máx = 0,5x Lim elástico	B=coef. Correlación soldadura	Tensión en soldaduras en ángulo=(fu/(3)^0,5)/(b*1,25)	Tensión máx. a tracción (N/mm2)
DIÁMETRO		**1300 mm**																						
6,00	6,00	1.300	1.321	8,00	8,40	1,78	10,18	1,07	0,00	0,26	1,34	3,57	5,16	1,88	0,86	8,12	24,62	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,33
8,00	6,00	1.300	1.321	8,00	11,20	1,78	12,98	1,37	0,00	0,26	1,34	3,57	5,16	1,88	1,09	10,36	32,83	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,42
10,00	6,00	1.300	1.321	8,00	14,00	1,78	15,78	1,67	0,00	0,26	1,34	3,57	5,16	1,88	1,33	12,59	41,03	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,51
12,50	6,00	1.300	1.321	8,00	17,50	1,78	19,28	2,04	0,00	0,26	1,34	3,57	5,16	1,88	1,63	15,39	51,29	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,62
20,00	6,00	1.300	1.321	8,00	28,00	1,78	29,78	3,15	0,00	0,26	1,34	3,57	5,16	1,88	2,51	23,77	82,06	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	0,95
22,00	6,00	1.300	1.321	8,50	30,75	1,89	32,64	3,46	0,00	0,28	1,34	3,57	5,18	1,88	2,75	25,98	84,93	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	0,99
25,00	6,00	1.300	1.321	9,50	34,84	2,11	36,95	3,92	0,00	0,31	1,33	3,57	5,21	1,89	3,10	29,25	86,28	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,00
DIÁMETRO		**1500 mm**																						
6,00	6,00	1.500	1.524	8,00	11,22	2,05	13,27	1,40	0,00	0,30	1,79	4,11	6,20	2,26	0,93	8,82	28,43	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,37
8,00	6,00	1.500	1.524	8,00	14,96	2,05	17,01	1,79	0,00	0,30	1,79	4,11	6,20	2,26	1,19	11,30	37,90	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,47
10,00	6,00	1.500	1.524	8,00	18,69	2,05	20,74	2,19	0,00	0,30	1,79	4,11	6,20	2,26	1,46	13,79	47,38	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,57
12,50	6,00	1.500	1.524	8,00	23,37	2,05	25,42	2,68	0,00	0,30	1,79	4,11	6,20	2,26	1,78	16,90	59,22	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,70
20,00	6,00	1.500	1.524	8,00	37,39	2,05	39,44	4,17	0,00	0,30	1,79	4,11	6,20	2,26	2,77	26,22	94,75	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,09
22,00	6,00	1.500	1.524	8,00	41,13	2,05	43,18	4,56	0,00	0,30	1,79	4,11	6,20	2,26	3,03	28,70	104,23	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,20
25,00	6,00	1.500	1.524	9,50	46,55	2,43	48,98	5,19	0,00	0,35	1,78	4,11	6,25	2,27	3,42	32,31	99,64	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,15
DIÁMETRO		**1600 mm**																						
6,00	6,00	1.600	1.626	8,00	12,79	2,19	14,97	1,58	0,00	0,32	2,04	4,39	6,75	2,46	0,96	9,15	30,34	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,39
8,00	6,00	1.600	1.626	8,00	17,05	2,19	19,24	2,03	0,00	0,32	2,04	4,39	6,75	2,46	1,24	11,75	40,45	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,50
10,00	6,00	1.600	1.626	8,00	21,31	2,19	23,50	2,48	0,00	0,32	2,04	4,39	6,75	2,46	1,51	14,36	50,56	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,61
12,50	6,00	1.600	1.626	8,00	26,64	2,19	28,82	3,04	0,00	0,32	2,04	4,39	6,75	2,46	1,86	17,61	63,20	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,75
20,00	6,00	1.600	1.626	8,00	42,62	2,19	44,81	4,73	0,00	0,32	2,04	4,39	6,75	2,46	2,89	27,38	101,13	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,16
22,00	6,00	1.600	1.626	8,50	46,82	2,32	49,15	5,19	0,00	0,34	2,03	4,39	6,76	2,46	3,17	29,95	104,66	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,20
25,00	6,00	1.600	1.626	9,50	53,08	2,60	55,67	5,89	0,00	0,38	2,03	4,39	6,80	2,47	3,57	33,75	106,35	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,22
DIÁMETRO		**1800 mm**																						
6,00	6,00	1.800	1.829	9,50	16,16	2,92	19,08	2,01	0,00	0,43	2,57	4,94	7,94	2,89	1,04	9,91	28,73	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,37
8,00	6,00	1.800	1.829	9,50	21,55	2,92	24,47	2,58	0,00	0,43	2,57	4,94	7,94	2,89	1,34	12,70	38,31	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,48
10,00	6,00	1.800	1.829	9,50	26,93	2,92	29,85	3,15	0,00	0,43	2,57	4,94	7,94	2,89	1,64	15,50	47,88	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,58
12,50	6,00	1.800	1.829	9,50	33,67	2,92	36,59	3,86	0,00	0,43	2,57	4,94	7,94	2,89	2,01	19,00	59,85	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,71
20,00	6,00	1.800	1.829	9,50	53,87	2,92	56,79	6,00	0,00	0,43	2,57	4,94	7,94	2,89	3,12	29,48	95,76	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,10
22,00	6,00	1.800	1.829	9,50	59,25	2,92	62,17	6,57	0,00	0,43	2,57	4,94	7,94	2,89	3,41	32,28	105,34	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,21
25,00	6,00	1.800	1.829	11,00	67,11	3,38	70,49	7,46	0,00	0,49	2,56	4,94	8,00	2,91	3,85	36,33	103,30	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,19
DIÁMETRO		**1900 mm**																						
6,00	6,00	1.900	1.930	10,00	17,99	3,24	21,24	2,24	0,00	0,47	2,87	5,21	8,55	3,11	1,08	10,24	28,80	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,37
8,00	6,00	1.900	1.930	10,00	23,99	3,24	27,24	2,87	0,00	0,47	2,87	5,21	8,55	3,11	1,39	13,13	38,40	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,48
10,00	6,00	1.900	1.930	10,00	29,99	3,24	33,24	3,51	0,00	0,47	2,87	5,21	8,55	3,11	1,69	16,02	48,00	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,58
12,50	6,00	1.900	1.930	10,00	37,49	3,24	40,73	4,30	0,00	0,47	2,87	5,21	8,55	3,11	2,07	19,63	60,00	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,71
20,00	6,00	1.900	1.930	10,00	59,98	3,24	63,23	6,68	0,00	0,47	2,87	5,21	8,55	3,11	3,22	30,48	96,00	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,11
22,00	6,00	1.900	1.930	10,50	65,91	3,41	69,32	7,33	0,00	0,50	2,86	5,21	8,57	3,12	3,52	33,33	100,55	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,16
25,00	6,00	1.900	1.930	11,50	74,74	3,73	78,47	8,30	0,00	0,54	2,86	5,21	8,61	3,13	3,97	37,55	104,27	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,20
DIÁMETRO		**2000 mm**																						
6,00	6,00	2.000	2.032	11,50	19,91	3,93	23,83	2,51	0,00	0,57	3,17	5,49	9,23	3,36	1,12	10,64	26,35	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,34
8,00	6,00	2.000	2.032	11,50	26,54	3,93	30,47	3,22	0,00	0,57	3,17	5,49	9,23	3,36	1,44	13,61	35,14	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,44
10,00	6,00	2.000	2.032	11,50	33,18	3,93	37,11	3,92	0,00	0,57	3,17	5,49	9,23	3,36	1,75	16,57	43,92	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,54
12,50	6,00	2.000	2.032	11,50	41,48	3,93	45,40	4,80	0,00	0,57	3,17	5,49	9,23	3,36	2,14	20,27	54,90	S275	275	430	137,50	0,85	233,66	0,66
20,00	6,00	2.000	2.032	11,50	66,36	3,93	70,29	7,43	0,00	0,57	3,17	5,49	9,23	3,36	3,32	31,39	87,85	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,02
22,00	6,00	2.000	2.032	11,50	73,00	3,93	76,92	8,14	0,00	0,57	3,17	5,49	9,23	3,36	3,63	34,35	96,63	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,11
25,00	6,00	2.000	2.032	13,00	82,70	4,44	87,14	9,23	0,00	0,65	3,16	5,49	9,29	3,38	4,09	38,64	97,07	S355	355	510	177,50	0,90	261,73	1,12

16. APÉNDICE 7.2.6: CÁLCULO DE ANCLAJES EN TOMAS

16.1. CÁLCULO DE ANCLAJES EN DERIVACIONES DE T EN TOMAS

CÁLCULO DE MACIZOS DE ANCLAJE HORIZONTALES ENTERRADOS EN DERIVACIONES EN T (No considera elementos de compensación de dilatación térmica)

Hipótesis de cálculo

¿Peso de tierras?		**no**
¿Peso de tubería?		**si**
¿Peso de agua?		**si**
¿Empuje pasivo?		**si**

&c= Densidad del hormigón	Tn/m3	2,35
&w=Densidad del agua	Tn/m3	1,00

Características del terreno

&t=Densidad del terreno (seco)	Tn/m3	1,80
&tw=Densidad del terreno (sumergido)	Tn/m3	1,10
φ= Ángulo de roz. Terreno (º)	º	35,00
c´=Cohesión terreno	Tn/m3	0,00
K1= coef. Función del revestimiento de la tubería (Tub. libre=1,0; K=2/3 tub con manga)		0,00
µ1= Coef. Fricción tubería-terreno=K x Tang(0,8 x φ)		0,00
µ2= Coef. Fricción hormigón-terreno= Tang(φ)		0,70
Τμαξ= τευσιόν ηοριζουταλ μάξιμα	Tn/m2	20,00

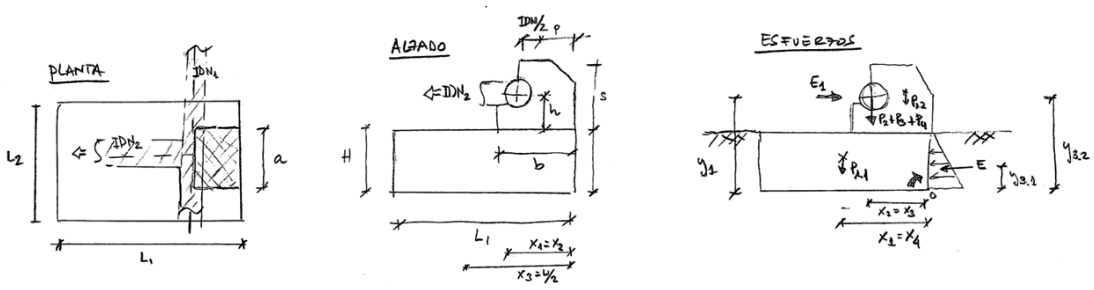
Características de la tubería

Tipo de tubería		Acero
&a=densidad del acero	Tn/m3	7,85
β=coef. Dilatación térmica		1,20E-05
E= Mod elasticidad del material	Tn/m2	2,14E+07
VT= incremento temperatura	º	10,00
Alargamiento =VT * β	m	1,20E-04
T=tensión por dilatacion térmica=E*VT * α	Tn/m2	2,57E+03
Ht= Altura de tierras mínima sobre la tubería	m	0,00
Cuantía mínima	Kg/m3	15,00

Coef. De seguridad deslizamiento	1,50
Coef. De seguridad vuelco	1,50

TABLA DE ESPESORES ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN	**DN ext**	**6,00**	**8,00**	**10,00**	**12,50**	**14,00**	**16,00**	**18,00**	**20,00**	**22,00**	**25,00**
1300	1321	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1500	1524	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1600	1626	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1800	1829	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1900	1930	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
2000	2032	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00



	Toma-11	Toma-11	Toma-12	Toma-12	Toma-13	Toma-13	Toma-17	Toma-17	Toma-18	Toma-18	Toma-19	Toma-19	Toma-20	Toma-20	Deriv. Corella	Deriv. Corella	Toma-16	Toma-16	Toma-14+15
Empuje de cálculo	T : 2032-1505 PN 6,64	T : 1524-1302 PN 6,64	T : 1806-699,2 PN 13,1	T : 711,2-496 PN 13,1	T : 1806-998 PN 19,605	T : 1016-794,8 PN 19,605	T : 1829-1000 PN 11,4	T : 1016-800,8 PN 11,4	T : 1623-1603 PN 12,7	T : 1623-1603 PN 12,7	T : 1524-1504 PN 11,8	T : 1829-1504 PN 11,8	T : 1524-1102 PN 16,77	T : 1116-898 PN 16,77	T : 1930-1806 PN 11,3	T : 1930-1806 PN 11,3	T : 1829-1301 PN 10,5	T : 1321-1102 PN 10,5	T : 1626-894,4 PN 11,2
Diametro ext. principal= ID1 (mm)	2.032	1.524	1.806	711	1.806	1.016	1.829	1.016	1.623	1.623	1.524	1.829	1.524	1.116	1.930	1.930	1.829	1.321	1.626
espesor tubería principal= e(mm)	14,00	9,5	11,50	6,0	11,50	9,0	11,50	8,0	10,00	10,0	10,00	11,50	9,50	8,00	13,00	13,00	11,50	10,00	10,00
Diametro ext. derivación= ID2 (mm)	1.524	1.321	711	508	1.016	813	1.016	813	1.623	1.623	1.524	1.524	1.118	914	1.829	1.829	1.321	1.118	914
espesor derivación= e(mm)	9,50	9,50	6,00	6,00	9,00	9,00	8,00	6,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,00	8,00	11,50	11,50	10,00	8,00	10,00
Diametro int.= ID (mm)	1.505	1.302	699	496	998	795	1.000	801	1.603	1.603	1.504	1.504	1.102	898	1.806	1.806	1.301	1.102	894
Pcal= Presión de cálculo (atm)	6,6	6,6	13,1	13,1	19,6	19,6	11,4	11,4	12,7	12,7	11,8	11,8	16,8	16,8	11,3	11,3	10,5	10,5	11,2
ángulo de desviación (θ) º	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Ht= Altura de tierras sobre clave de tubería	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F1 (t) =Pcal x (pi x ID^2)/4	116,64	87,12	49,44	24,70	150,61	95,08	88,11	56,56	253,12	253,12	206,86	206,86	157,64	104,33	285,80	285,80	137,45	98,70	68,80
F2 (t) =dilatac. Térmica	116,15	100,58	34,16	24,32	73,16	58,40	65,10	39,08	130,21	130,21	122,22	122,22	71,69	58,51	168,73	168,73	105,83	71,69	73,01
E1 (t) =F1+F2= Desestabilizante	232,78	187,70	83,60	49,02	223,77	153,48	153,21	95,64	383,33	383,33	329,08	329,08	229,32	162,84	454,53	454,53	243,28	170,39	141,81
Macizo de anclaje																			
H (m) (>0.4m)	2,00	2,00	1,50	1,20	2,00	1,50	1,50	1,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,60	1,60	2,00	2,00	1,50
L1 (m) = Largo	6,00	6,00	4,00	3,00	8,00	5,50	8,00	3,00	9,50	9,50	10,00	8,50	7,00	4,50	15,00	14,00	8,00	7,00	7,00
L2 (m) = Ancho	6,00	6,00	4,00	3,00	3,50	8,00	3,00	8,50	5,00	5,00	3,00	5,00	4,50	7,00	3,80	5,00	3,00	3,00	3,00
Soporte de apoyo																			
h1=altura a eje de tubería	1,75	1,75	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
S= Altura de apoyo (m)	3,27	3,01	3,05	2,51	3,05	2,66	3,06	2,66	2,96	2,96	2,91	3,06	2,91	2,71	3,12	3,12	3,06	2,81	2,96
P=espesor superior del apoyo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Largo base del apoyo (m)=b	3,20	2,60	2,98	2,60	2,98	2,60	3,20	2,60	3,20	3,20	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98	2,98
Ancho del apoyo (m) =a	1,70	2,10	1,70	2,10	1,70	2,10	1,70	2,10	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
h=> DN/2+0.3 (m))	1,76	1,06	1,64	0,66	1,64	0,81	1,65	0,81	1,55	1,11	1,50	1,65	1,50	1,30	1,71	1,71	1,65	1,40	1,55
Pesos																			
Volumen total hormigón	84,26	84,62	35,11	23,65	67,11	78,81	48,21	51,06	107,60	107,60	71,65	96,06	74,65	75,06	102,01	122,81	59,06	53,91	42,98
Densidad del hormigón armado (t/m3)	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35	2,35
P1=Peso hormigón (Tn)	198,00	198,85	82,52	55,57	157,72	185,21	113,29	119,99	252,85	252,85	168,38	225,74	175,43	176,38	239,72	288,60	138,79	126,69	101,01
P2=Peso tubería (tn)	8,92	5,62	3,47	0,76	8,29	3,13	8,08	1,35	10,69	10,69	10,56	10,68	5,68	2,53	23,97	22,37	9,49	5,37	6,15
P3=Peso agua interior (Tn)	35,51	22,31	12,50	1,67	33,10	8,32	33,78	3,72	49,13	49,13	45,83	46,71	23,57	7,98	108,64	100,88	39,17	19,72	22,95
P4=Peso de tierras (Tn)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pt= P1+P2+P3+P4	242,44	226,78	98,48	58,00	199,11	196,65	155,15	125,06	312,67	312,67	224,77	283,14	204,69	186,89	372,34	411,86	187,45	151,78	130,11
E2=empuje por rozamiento estabilizant.	169,76	158,79	68,96	40,61	139,42	137,70	108,64	87,57	218,93	218,93	157,39	198,25	143,32	130,86	260,71	288,39	131,25	106,28	91,11
Kp=Coef. Pasivo	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
E3,1= Empuje pasivo estabilizante	201,18	185,00	58,23	26,49	214,25	85,64	140,76	46,71	331,03	331,03	335,30	285,01	196,96	114,42	419,10	391,16	246,67	196,96	116,08
E3,2= Empuje pasivo estabilizante	28,10	27,75	12,26	8,88	17,51	15,07	17,58	15,07	27,14	27,14	25,06	26,37	18,38	13,97	32,17	32,17	22,86	17,74	15,30
E3+E2= Empujes estabilizantes (Tn)	399,04	371,55	139,45	75,98	371,18	238,40	266,98	149,35	577,10	577,10	517,75	509,63	358,66	259,26	711,98	711,72	400,78	320,97	222,49
Coef. Seguridad deslizamiento	**1,71**	**1,98**	**1,67**	**1,55**	**1,66**	**1,55**	**1,74**	**1,56**	**1,51**	**1,51**	**1,57**	**1,55**	**1,56**	**1,59**	**1,57**	**1,57**	**1,65**	**1,88**	**1,57**
Cumple coef. Deslizamiento	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Momentos estabilizadores																			
X0= sobresaliente del soporte	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,68	1,68	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
X1= brazo macizo (m)	3,00	3,00	2,00	1,50	4,00	2,75	4,00	1,50	4,75	4,75	5,00	4,25	3,50	2,25	7,50	7,00	4,00	3,50	3,50
X2=Brazo peso tubería (m)	2,76	2,66	2,36	2,25	2,51	2,41	2,51	2,41	3,49	3,49	2,76	3,76	2,56	2,46	2,91	2,91	2,66	2,56	2,46
X3=Brazo peso agua (m)	2,76	2,66	2,36	2,25	2,51	2,41	2,51	2,41	3,49	3,49	2,76	3,76	2,56	2,46	2,91	2,91	2,66	2,56	2,46
X4= Brazo peso tierras (m)	3,00	3,00	2,00	1,50	4,00	2,75	4,00	1,50	4,75	4,75	5,00	4,25	3,50	2,25	7,50	7,00	4,00	3,50	3,50
M2(tnm)=P1X1+P2X2+P3X3+P4X4	716,7	670,9	202,6	88,8	734,7	536,9	558,1	192,2	1.409,9	1.409,9	997,7	1.175,3	688,9	422,7	2.184,4	2.379,4	684,6	507,6	425,0
Y3,1=brazo empuje pasivo (m)	1,32	1,32	0,99	0,79	1,32	0,99	0,99	0,99	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,06	1,06	1,32	1,32	0,99
Y3,2=brazo empuje pasivo (m)	3,63	3,51	3,03	2,45	3,53	2,83	3,03	2,83	3,48	3,48	3,46	3,53	3,46	3,35	3,16	3,16	3,53	3,41	2,98
M3= M3*Y3 (Tnm)	367,66	341,49	94,75	42,76	344,58	127,41	192,66	88,87	531,42	531,42	529,20	469,35	323,51	197,91	544,14	514,64	406,34	320,39	160,53
Momentos desestabilizadores																			
Y1= brazo a E1 (m)	2,76	2,66	1,86	1,45	2,51	1,91	2,01	1,91	2,81	2,81	2,76	2,76	2,56	2,46	2,51	2,51	2,66	2,56	1,96
M1 (tn*m)	642,95	499,38	155,12	71,27	561,22	292,59	307,64	182,33	1.077,74	1.077,74	908,92	908,92	586,84	400,10	1.142,91	1.142,91	647,25	436,02	277,56
Coef. Seguridad vuelco	**1,69**	**2,03**	**1,92**	**1,85**	**1,92**	**2,27**	**2,44**	**1,54**	**1,80**	**1,80**	**1,68**	**1,81**	**1,73**	**1,55**	**2,39**	**2,53**	**1,69**	**1,90**	**2,11**
Cumple coef. Vuelco	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
DN Barras ancladas cortante (st) (mm)	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
separación (sp) (mm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Nº de barras	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D=Largo del muro (mm)	1.700	2.100	1.700	2.100	1.700	2.100	1.700	2.100	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700
Ast (mm2)	45.574	56.297	45.574	56.297	45.574	56.297	45.574	56.297	45.574	45.574	45.574	45.574	45.574	45.574	45.574	45.574	45.574	45.574	45.574
fy= resistencia de cálculo de armadura (N(mm2)<=400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Coef. De minoración=	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Ángulo de las barras de cosido (º)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
µ= coef. Rozamiento en hormigón	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Vu= Resistencia a cortante de armadura (N)	9511103	11749010	9511103,46	11749010,2	9511103,46	11749010,2	9511103,46	11749010,2	9511103,46	9511103,5	9511103	9511103	9511103	9511103	9511103,5	9511103,5	9511103,5	9511103	9511103,5
Empuje (Nw)	2327846	1877009,6	835975,042	490184,044	2237719,98	1534782,29	1532074,1	956388,244	3833330,94	3833330,9	3290802	3290802	2293230	1628400	4545264,9	4545264,9	2432799,4	1703855	1418128,6
Vu/E1=	4,09	6,26	11,38	23,97	4,25	7,66	6,21	12,28	2,48	2,48	2,89	2,89	4,15	5,84	2,09	2,09	3,91	5,58	6,71
s1= armadura vertical de muro	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15	16c/15
s1= armadura horizontal de muro	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20	16c/20
Cuantía geom. Vertical S1	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Cuantía geom. Horizontal S2	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%
Cuantía adoptada mínima (Kg/m3)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Kg acero requeridos	1.264	1.269	527	355	1.007	1.182	723	766	1.614	1.614	1.075	1.441	1.120	1.126	1.530	1.842	886	809	645
Armadura macizo en cada cara	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15
Kg/m2	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70
Superficie total (m2)	129,93	130,22	65,51	41,61	201,51	103,02	185,53	45,52	265,82	265,82	289,22	222,03	163,22	85,32	555,63	491,23	201,53	163,02	149,33
Kg totales	3.242	3.250	1.635	1.038	5.029	2.571	4.630	1.136	6.634	6.634	7.218	5.541	4.073	2.129	13.866	12.259	5.029	4.068	3.726
Cumple cuantía?	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

16.2. CÁLCULO DE ANCLAJES EN ÁNGULOS CÓNCAVOS Y CONVEXOS EN TOMAS

CÁLCULO DE MACIZOS DE ANCLAJE EN TOMAS (análisis de empujes en ángulos cóncavos y convexos)

Hipótesis de cálculo

¿Peso de tierras?		no
¿Peso de tubería?		si
¿Peso de agua?		si
¿Empuje pasivo?		No
&c= Densidad del hormigón	Tn/m3	2,35
&w=Densidad del agua	Tn/m3	1,00
Características del terreno		
&t=Densidad del terreno (seco)	Tn/m3	1,80
&tw=Densidad del terreno (sumergido)	Tn/m3	1,10
φ= Ángulo de roz. Terreno (º)	º	35,00
c´=Cohesión terreno	Tn/m3	0,00
K1= coef. Función del revestimiento de la tubería (Tub. libre=1,0;		1,00
µ1= Coef. Fricción tubería-terreno=K x Tang(0,8 x φ)		0,53
µ2= Coef. Fricción hormigón-terreno= Tang(φ)		0,70
Τµαξ= τενσιόν ηοριζονταλ µάξιµα	Tn/m2	15,00

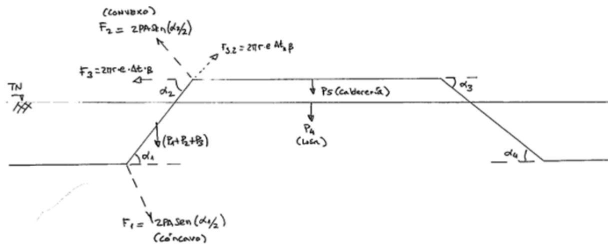
Coef. De seguridad deslizamiento		1,50
Coef. De seguridad vuelco		1,50

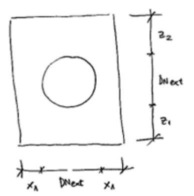
Características de la tubería

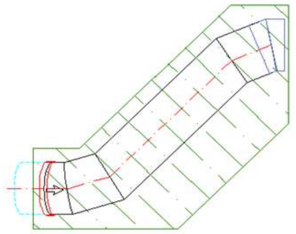
Tipo de tubería		Acero
&a=densidad del acero	Tn/m3	7,85
β=coef. Dilatación térmica		1,20E-05
E= Mod elasticidad del material	Tn/m2	2,14E+07
VT= incremento temperatura	º	10,00
Alargamiento =VT * β	m	1,20E-04
T=tensión por dilatacion térmica=E*VT * β	Tn/m2	2,57E+03
Ht= Altura de tierras mínima sobre la tubería	m	1,50
Cuantía mínima	Kg/m3	15,00

TABLA DE ESPESORES MÍNIMOS ADOPTADOS EN TUBERÍA PRINCIPAL

		S275						S355			
DN	**DN ext**	**6,00**	**8,00**	**10,00**	**12,50**	**14,00**	**16,00**	**18,00**	**20,00**	**22,00**	**25,00**
1300	1321	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
1500	1524	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1600	1626	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,50	9,50
1800	1829	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	9,50	11,00
1900	1930	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,50	11,50
2000	2032	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	13,00







ANCLAJES	**TOMA-11**				**TOMA-12**				**TOMA-13**			
ANCLAJES VERTICALES TUBERÍA PRINCIPAL	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte	Macizo de salida	Macizo de salida con válvula cortada y sin agua	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte	Macizo de salida	Macizo de salida con válvula cortada y sin agua	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte	Macizo de salida	Macizo de salida con válvula cortada y sin agua
Datos generales												
Pcal= Presión de cálculo (atm)	6,6	6,6	6,6	6,6	13,1	13,1	13,1	13,1	19,6	19,6	19,6	19,6
Dnext= diámetro nom. de la tubería principal	2.032	2032,0	1829,0	1829,0	1.829	1829,0	1829,0	1829,0	1.829	1829,0	1829,0	1829,0
espesor tub. DN1= e1(mm)	14,00	14,0	11,5	11,5	11,50	11,5	11,5	11,5	11,50	11,5	11,5	11,5
DNi= diámetro interior de la tubería principal	2004,0	2004,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0
Macizo de anclaje cóncavo y convexo												
x1= espesor de macizado a cada lado del tubo	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
z1=espesor hormigón en base	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
z2=espesor de hormigonado sobre clave	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L=Longitud total anclaje medido en su eje (m)	10,30	10,30	10,30	10,30	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35
Sección transversal (m2)	33,20	33,20	33,20	33,20	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75
Volumen total hormigón (m3)	67,26	67,26	73,50	73,50	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21
Volumen total hormigón (m3)	67,26	67,26	73,50	73,50	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21	93,21
Distancia entre macizos (m)	14,30	14,30	14,30	14,30	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75	15,75
Ángulos macizo												
α1= angulo entre tuberías tramo cóncavo	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00
α2= angulo entre tuberías tramo cónvexo	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00
Losa de apoyo (se adopta la mitad de la losa)												
Longitud total/2 (m)	15,60	15,60	15,60	15,60	14,80	14,80	14,80	14,80	18,05	18,05	18,05	18,05
Ancho total/2 (m)	13,75	13,75	13,75	13,75	16,35	16,35	16,35	16,35	16,35	16,35	16,35	16,35
espesor losa	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Peso total (tn)	151,22	151,22	151,22	151,22	170,60	170,60	170,60	170,60	208,06	208,06	208,06	208,06
Tubería y calderería de conexión entre macizos												
Peso tubería (tn) en el anclaje	9,96	9,96	7,37	7,37	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12
peso CD	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30
Peso VC	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Peso de agua	9,96	9,96	7,37	7,37	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12
Peso Otros= 15%	5,28	5,28	4,51	4,51	4,73	4,73	4,73	4,73	4,73	4,73	4,73	4,73
Empujes desestabilizantes												
F1(t)=Pcalx (pi x ID^2)/4 *sen(α1/2) (cóncavo)	160,30	160,30	130,19		256,84	0,00	256,84		384,38	0,00	384,38	
F2(t)=Pcalx (pi x ID^2)/4 *sen(α1/2) (convexo)	160,30	160,30	130,19		256,84	0,00	256,84		384,38	0,00	384,38	
F3 (t) =dilatac. Térmica tramo acero aéreo	228,07	228,07	168,73	168,73	168,73	168,73	168,73	168,73	168,73	168,73	168,73	168,73
Longitud por dilatación térmica (mm)	1,72	1,72	1,72	1,72	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89
F4 (t) =Pcalc*Area		17,23		17,23		33,99		33,99		50,86		50,86
Empujes desestabilizantes eje X												
F1*sen(α1/2) cóncavo	-61,34	-61,34	-49,82		-98,29	0,00	-98,29		-147,10	0,00	-147,10	
F2*sen(α2/2) convexo	61,34	61,34	49,82		98,29	0,00	98,29		147,10	0,00	147,10	
F2= válvula cerrada=P*A		17,23		17,23		33,99		33,99		50,86		50,86
F3/2=dilatación térmica con extremos empotrados	114,04	114,04	84,37	84,37	84,37	84,37	84,37	84,37	84,37	84,37	84,37	84,37
E1 (t) =F1+F2	114,04	131,26	84,37	101,59	84,37	118,35	84,37	118,35	84,37	135,23	84,37	135,23
Empujes estabilizantes eje Y												
P1=Peso hormigón (Tn)	158,06	158,06	172,73	172,73	219,04	219,04	219,04	219,04	219,04	219,04	219,04	219,04
P2=Peso tubería (tn)	7,18	7,18	5,31	5,31	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33	5,33
P3=Peso agua interior (Tn)	32,49	32,49	26,39		26,51	26,51	26,51		26,51	26,51	26,51	
P4=Peso de tierras (Tn)	14,43	14,43	12,99		12,99	12,99	0,00		12,99	12,99	12,99	
P5=PA*cos(α1/2) cóncavo	193,49	193,49	157,15		310,04	335,58	310,04		463,99	502,22	463,99	
P6=PA*cos(α2/2) cónvexo	-193,49	-193,49	-157,15		-310,04	-335,58	-310,04		-463,99	-502,22	-463,99	
P7=Peso de la losa (100%)(tn)	151,22	151,22	151,22	151,22	170,60	170,60	170,60	170,60	208,06	208,06	208,06	208,06
P8=peso de calderería y válvulas	40,51	40,51	34,55	34,55	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27	36,27
Pt= P1+P2+P3+P4+P5	403,89	403,89	403,18	363,81	470,74	470,74	457,75	431,24	508,20	508,20	508,20	468,70
Empujes estabilizantes eje X												
E2=empuje por rozamiento estabilizant.=Pt*µ2	282,80	282,80	282,31	254,74	329,62	329,62	320,52	301,96	355,85	355,85	355,85	328,19
Kp=Coef. Pasivo	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
E3= Empuje pasivo estabilizante por empuje pasivo	15,05	15,05	14,38	14,38	19,36	19,36	19,36	19,36	19,36	19,36	19,36	19,36
Et= Empujes estabilizantes (Tn)	297,86	297,86	296,69	269,12	348,98	348,98	339,88	321,32	375,21	375,21	375,21	347,55
Coef. Seguridad deslizamiento	**2,61**	**2,27**	**3,52**	**2,65**	**4,14**	**2,95**	**4,03**	**2,71**	**4,45**	**2,77**	**4,45**	**2,57**
Cumple coef. Deslizamiento	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Momentos estabilizadores desde O												
d1= brazo PESO macizo (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d2=Brazo peso tubería (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d3=Brazo peso agua (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d4= Brazo peso tierras (m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
d7=brAzo a peso de losa	15,16	15,16	15,16	15,16	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
d8= brazo a peso de calderería	15,16	15,16	15,16	15,16	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89	15,89
d9= distancia a empuje cóncavo	1,92	1,92	1,92	1,92	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
M2(tnm)=	4.023,6	4.023,6	3.900,5	3.529,3	4.871,5	4.306,4	4.855,9	4.184,7	5.747,1	4.901,5	5.747,1	4.779,7
Momentos desestabilizadores												
d10= brazo a empuje convexo (m)	7,40	7,40	7,40	7,40	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
d11= brazo a empuje dilat térmica (m)	6,40	6,40	6,40	6,40	7,70	7,70	7,70	7,70	6,40	6,40	6,40	6,40
M1 (tn*m)=d10*F2+d11*F3*50% (viga biempotrada)	1.916,02	2.026,27	1.503,31	650,19	2.447,51	911,31	2.447,51	911,31	3.230,61	865,47	3.230,61	865,47
Coef. Seguridad vuelco	**2,10**	**1,99**	**2,59**	**5,43**	**1,99**	**4,73**	**1,98**	**4,59**	**1,78**	**5,66**	**1,78**	**5,52**
Cumple coef. Vuelco	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Poner compensador de dilatación	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no
Cuantía geom. Vertical S1	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Cuantía geom. Horizontal S2	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%
Cuantía adoptada mínima (Kg/m3)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Kg acero requeridos	1.009	1.009	1.103	1.103	1.398	1.398	1.398	1.398	1.398	1.398	1.398	1.398
Armadura macizo en cada cara	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15
Kg/m2	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70
Superficie total (m2)	116,06	116,06	118,06	118,06	137,71	137,71	137,71	137,71	137,71	137,71	137,71	137,71
Kg totales X1,15 refuerzos	2.896	2.896	2.946	2.946	2.988	2.988	2.988	2.988	2.988	2.988	2.988	2.988
Cumple cuantía?	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

ANCLAJES	**TOMA-17**				**TOMA-18**				**TOMA-19**			
ANCLAJES VERTICALES TUBERÍA PRINCIPAL	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte	Macizo de salida	Macizo de salida con válvula cortada y sin agua	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte	Macizo de salida	Macizo de salida con válvula cortada y sin agua	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte	Macizo de salida	Macizo de salida con válvula cortada y sin agua
Datos generales												
Pcal= Presión de cálculo (atm)	11,4	11,4	11,4	11,4	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Dnext= diámetro nom. de la tubería principal	1.829	1829,0	1829,0	1829,0	1.623	1623,0	1829,0	1829,0	1.829	1829,0	1524,0	1524,0
espesor tub. DN1= e1(mm)	11,50	11,5	11,5	11,5	10,00	10,0	11,5	11,5	11,50	11,5	9,5	9,5
DNi= diámetro interior de la tubería principal	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1603,0	1603,0	1806,0	1806,0	1806,0	1806,0	1505,0	1505,0
Macizo de anclaje cóncavo y convexo												
x1= espesor de macizado a cada lado del tubo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	0,70	0,50	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75
z1=espesor hormigón en base	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
z2=espesor de hormigonado sobre clave	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L=Longitud total anclaje medido en su eje (m)	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35
Sección transversal (m2)	37,79	37,79	37,79	37,79	37,40	37,40	37,40	37,40	39,75	39,75	39,75	39,75
Volumen total hormigón (m3)	79,71	79,71	79,71	79,71	91,65	91,65	78,61	78,61	85,26	85,26	101,32	101,32
Volumen total hormigón (m3)	79,71	79,71	79,71	79,71	91,65	91,65	78,61	78,61	85,26	85,26	101,32	101,32
Distancia entre macizos (m)	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90
Ángulos macizo												
α1= angulo entre tuberías tramo cóncavo	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00
α2= angulo entre tuberías tramo cónvexo	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00	45,00	45,00
Losa de apoyo (se adopta la mitad de la losa)												
Longitud total/2 (m)	14,80	14,80	14,80	14,80	14,75	14,75	14,75	14,75	14,75	14,75	14,75	14,75
Ancho total/2 (m)	16,55	16,55	16,55	16,55	13,05	13,05	13,05	13,05	13,05	13,05	13,05	13,05
espesor losa	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Peso total (tn)	172,68	172,68	172,68	172,68	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70
Tubería y calderería de conexión entre macizos												
Peso tubería (tn) en el anclaje	8,20	8,20	8,20	8,20	6,32	6,32	8,20	8,20	8,20	8,20	5,64	5,64
peso CD	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30
Peso VC	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Peso de agua	8,20	8,20	8,20	8,20	6,32	6,32	8,20	8,20	8,20	8,20	5,64	5,64
Peso Otros= 15%	4,75	4,75	4,75	4,75	4,19	4,19	4,75	4,75	4,75	4,75	3,99	3,99
Empujes desestabilizantes												
F1(t)=Pcalx (pi x ID^2)/4 *sen(α1/2) (cóncavo)	223,51	0,00	223,51		196,17	0,00	249,00		249,00	0,00	172,92	
F2(t)=Pcalx (pi x ID^2)/4 *sen(α1/2) (convexo)	223,51	0,00	223,51		196,17	0,00	249,00		249,00	0,00	172,92	
F3 (t) =dilatac. Térmica tramo acero aéreo	168,73	168,73	168,73	168,73	130,21	130,21	168,73	168,73	168,73	168,73	116,15	116,15
Longitud por dilatación térmica (mm)	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
F4 (t) =Pcalc*Area		29,58		29,58		32,95		32,95		22,88		22,88
Empujes desestabilizantes eje X												
F1*sen(α1/2) cóncavo	-85,53	0,00	-85,53		-75,07	0,00	-95,29		-95,29	0,00	-66,17	
F2*sen(α2/2) convexo	85,53	0,00	85,53		75,07	0,00	95,29		95,29	0,00	66,17	
F2= válvula cerrada=P*A		29,58		29,58		32,95		32,95		22,88		22,88
F3/2=dilatación térmica con extremos empotrados	84,37	84,37	84,37	84,37	65,11	65,11	84,37	84,37	84,37	84,37	58,07	58,07
E1 (t) =F1+F2	84,37	113,94	84,37	113,94	65,11	98,06	84,37	117,31	84,37	107,24	58,07	80,95
Empujes estabilizantes eje Y												
P1=Peso hormigón (Tn)	187,33	187,33	187,33	187,33	215,37	215,37	184,74	184,74	200,36	200,36	238,11	238,11
P2=Peso tubería (tn)	5,33	5,33	5,33	5,33	4,12	4,12	5,33	5,33	5,33	5,33	3,67	3,67
P3=Peso agua interior (Tn)	26,51	26,51	26,51		20,89	20,89	26,51		26,51	26,51	18,41	
P4=Peso de tierras (Tn)	12,99	12,99	12,99		11,52	11,52	12,99		12,99	12,99	10,82	
P5=PA*cos(α1/2) cóncavo	269,80	292,03	269,80		236,80	256,31	300,57		300,57	325,33	208,73	
P6=PA*cos(α2/2) cónvexo	-269,80	-292,03	-269,80		-236,80	-256,31	-300,57		-300,57	-325,33	-208,73	
P7=Peso de la losa (100%)(tn)	172,68	172,68	172,68	172,68	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70	135,70
P8=peso de calderería y válvulas	36,45	36,45	36,45	36,45	32,14	32,14	36,45	36,45	36,45	36,45	30,57	30,57
Pt= P1+P2+P3+P4+P5	441,29	441,29	441,29	401,79	419,75	419,75	401,72	362,22	417,34	417,34	437,29	408,06
Empujes estabilizantes eje X												
E2=empuje por rozamiento estabilizant.=Pt*µ2	309,00	309,00	309,00	281,34	293,91	293,91	281,29	253,63	292,23	292,23	306,19	285,73
Kp=Coef. Pasivo	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
E3= Empuje pasivo estabilizante por empuje pasivo	19,36	19,36	19,36	19,36	18,67	18,67	19,36	19,36	19,36	19,36	18,35	18,35
Et= Empujes estabilizantes (Tn)	328,36	328,36	328,36	300,70	312,58	312,58	300,65	272,99	311,59	311,59	324,54	304,07
Coef. Seguridad deslizamiento	**3,89**	**2,88**	**3,89**	**2,64**	**4,80**	**3,19**	**3,56**	**2,33**	**3,69**	**2,91**	**5,59**	**3,76**
Cumple coef. Deslizamiento	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Momentos estabilizadores desde O												
d1= brazo PESO macizo (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d2=Brazo peso tubería (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d3=Brazo peso agua (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d4= Brazo peso tierras (m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
d7=brAzo a peso de losa	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96
d8= brazo a peso de calderería	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96
d9= distancia a empuje cóncavo	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
M2(tnm)=	4.722,8	4.231,1	4.722,8	4.109,3	4.086,9	3.655,4	4.178,3	3.508,7	4.240,9	3.693,1	4.089,2	3.622,1
Momentos desestabilizadores												
d10= brazo a empuje convexo (m)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	6,80	6,80	6,80	7,00	6,80	6,80	6,80
d11= brazo a empuje dilat térmica (m)	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
M1 (tn*m)=d10*F2+d11*F3*50% (viga biempotrada)	2.104,52	729,23	2.104,52	729,23	1.789,87	627,56	2.233,14	750,81	2.282,94	686,36	1.547,51	518,10
Coef. Seguridad vuelco	**2,24**	**5,80**	**2,24**	**5,64**	**2,28**	**5,82**	**1,87**	**4,67**	**1,86**	**5,38**	**2,64**	**6,99**
Cumple coef. Vuelco	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Poner compensador de dilatación	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no
Cuantía geom. Vertical S1	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Cuantía geom. Horizontal S2	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%
Cuantía adoptada mínima (Kg/m3)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Kg acero requeridos	1.196	1.196	1.196	1.196	1.375	1.375	1.179	1.179	1.279	1.279	1.520	1.520
Armadura macizo en cada cara	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15
Kg/m2	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70
Superficie total (m2)	128,28	128,28	128,28	128,28	135,22	135,22	127,50	127,50	132,20	132,20	141,08	141,08
Kg totales X1,15 refuerzos	2.784	2.784	2.784	2.784	2.934	2.934	2.767	2.767	2.869	2.869	3.061	3.061
Cumple cuantía?	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si

ANCLAJES	**TOMA-20**				**TOMA-21**	
ANCLAJES VERTICALES TUBERÍA PRINCIPAL	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte	Macizo de salida	Macizo de salida con válvula cortada y sin agua	Macizo de entrada	Macizo de entrada. Comprobación válv. Corte
Datos generales						
Pcal= Presión de cálculo (atm)	12,9	12,9	12,9	12,9	11,5	11,5
Dnext= diámetro nom. de la tubería principal	1.524	1524,0	1321,0	1321,0	1.321	1321,0
espesor tub. DN1= e1(mm)	9,50	9,5	8,0	8,0	9,50	9,5
DNi= diámetro interior de la tubería principal	1505,0	1505,0	1305,0	1305,0	1302,0	1302,0
Macizo de anclaje cóncavo y convexo						
x1= espesor de macizado a cada lado del tubo	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
z1=espesor hormigón en base	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
z2=espesor de hormigonado sobre clave	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L=Longitud total anclaje medido en su eje (m)	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35	10,35
Sección transversal (m2)	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75	39,75
Volumen total hormigón (m3)	81,45	81,45	117,82	117,82	117,82	117,82
Volumen total hormigón (m3)	81,45	81,45	117,82	117,82	117,82	117,82
Distancia entre macizos (m)	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90	15,90
Ángulos macizo						
α1= angulo entre tuberías tramo cóncavo	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00
α2= angulo entre tuberías tramo cónvexo	45,00	0,00	45,00	45,00	45,00	0,00
Losa de apoyo (se adopta la mitad de la losa)						
Longitud total/2 (m)	16,25	16,25	16,25	16,25	14,75	14,75
Ancho total/2 (m)	12,00	12,00	12,00	12,00	13,05	13,05
espesor losa	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Peso total (tn)	137,48	137,48	137,48	137,48	135,70	135,70
Tubería y calderería de conexión entre macizos						
Peso tubería (tn) en el anclaje	5,64	5,64	4,12	4,12	4,89	4,89
peso CD	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30
Peso VC	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Peso de agua	5,64	5,64	4,12	4,12	4,89	4,89
Peso Otros= 15%	3,99	3,99	3,53	3,53	3,76	3,76
Empujes desestabilizantes						
F1(t)=Pcalx (pi x ID^2)/4 *sen(α1/2) (cóncavo)	175,64	0,00	132,06		117,19	0,00
F2(t)=Pcalx (pi x ID^2)/4 *sen(α1/2) (convexo)	175,64	0,00	132,06		117,19	0,00
F3 (t) =dilatac. Térmica tramo acero aéreo	116,15	116,15	84,80	84,80	100,58	100,58
Longitud por dilatación térmica (mm)	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
F4 (t) =Pcalc*Area		17,47		17,47		0,00
Empujes desestabilizantes eje X						
F1*sen(α1/2) cóncavo	-67,21	0,00	-50,54		-44,85	0,00
F2*sen(α2/2) convexo	67,21	0,00	50,54		44,85	0,00
F2= válvula cerrada=P*A		17,47		17,47		0,00
F3/2=dilatación térmica con extremos empotrados	58,07	58,07	42,40	42,40	50,29	50,29
E1 (t) =F1+F2	58,07	75,54	42,40	59,86	50,29	50,29
Empujes estabilizantes eje Y						
P1=Peso hormigón (Tn)	191,41	191,41	276,89	276,89	276,89	276,89
P2=Peso tubería (tn)	3,67	3,67	2,68	2,68	3,18	3,18
P3=Peso agua interior (Tn)	18,41	18,41	13,84		13,78	13,78
P4=Peso de tierras (Tn)	10,82	10,82	9,38		9,38	9,38
P5=PA*cos(α1/2) cóncavo	212,02	229,48	159,41		141,46	153,11
P6=PA*cos(α2/2) cónvexo	-212,02	-229,48	-159,41		-141,46	-153,11
P7=Peso de la losa (100%)(tn)	137,48	137,48	137,48	137,48	135,70	135,70
P8=peso de calderería y válvulas	30,57	30,57	27,07	27,07	28,83	28,83
Pt= P1+P2+P3+P4+P5	392,36	392,36	467,33	444,11	467,76	467,76
Empujes estabilizantes eje X						
E2=empuje por rozamiento estabilizant.=Pt*µ2	274,73	274,73	327,23	310,97	327,53	327,53
Kp=Coef. Pasivo	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
E3= Empuje pasivo estabilizante por empuje pasivo	18,35	18,35	17,67	17,67	17,67	17,67
Et= Empujes estabilizantes (Tn)	293,08	293,08	344,90	328,64	345,20	345,20
Coef. Seguridad deslizamiento	**5,05**	**3,88**	**8,13**	**5,49**	**6,86**	**6,86**
Cumple coef. Deslizamiento	si	si	si	si	si	si
Momentos estabilizadores desde O						
d1= brazo PESO macizo (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d2=Brazo peso tubería (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d3=Brazo peso agua (m)	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01
d4= Brazo peso tierras (m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
d7=brAzo a peso de losa	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96
d8= brazo a peso de calderería	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96	15,96
d9= distancia a empuje cóncavo	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
M2(tnm)=	3.936,4	3.550,0	4.103,0	3.745,8	4.071,9	3.814,1
Momentos desestabilizadores						
d10= brazo a empuje convexo (m)	7,00	6,80	6,80	6,80	7,00	6,80
d11= brazo a empuje dilat térmica (m)	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40
M1 (tn*m)=d10*F2+d11*F3*50% (viga biempotrada)	1.601,15	483,46	1.169,35	383,13	1.142,17	321,86
Coef. Seguridad vuelco	**2,46**	**7,34**	**3,51**	**9,78**	**3,57**	**11,85**
Cumple coef. Vuelco	si	si	si	si	si	si
Poner compensador de dilatación	no	no	no	no	no	no
Cuantía geom. Vertical S1	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Cuantía geom. Horizontal S2	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%
Cuantía adoptada mínima (Kg/m3)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Kg acero requeridos	1.222	1.222	1.767	1.767	1.767	1.767
Armadura macizo en cada cara	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15	#16/15
Kg/m2	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70	21,70
Superficie total (m2)	127,47	127,47	151,39	151,39	151,39	151,39
Kg totales X1,15 refuerzos	2.766	2.766	3.285	3.285	3.285	3.285
Cumple cuantía?	si	si	si	si	si	si

Mediciones	**Macizo-1**	**Macizo-2**	**Macizo-1**	**Macizo-2**	**Macizo-1**	**Macizo-2**	**Macizo-1**	**Macizo-2**	**Macizo-1**	**Macizo-2**	**Macizo-1**	**Macizo-2**	**Macizo-1**	**Macizo-2**	**Macizo-1**
Vol. HA-30 (m3)	67,26	73,50	93,21	93,21	93,21	93,21	79,71	79,71	91,65	78,61	85,26	101,32	81,45	117,82	117,82
Encofrado (m2)	84,83	86,86	106,36	106,36	106,36	106,36	99,00	99,00	103,94	98,22	102,92	109,78	101,35	117,02	117,02
Acero (Kg)	2.896,23	2.946,07	2.988,31	2.988,31	2.988,31	2.988,31	2.783,77	2.783,77	2.934,38	2.766,84	2.868,83	3.061,45	2.766,07	3.285,15	3.285,15
Encintado (m2) (incl 10%)	72,29	65,07	65,38	65,38	65,38	65,38	65,38	65,38	58,02	65,38	65,38	54,48	54,48	47,22	47,22

17. APÉNDICE 2.7.7: CÁLCULO DE ANCLAJES EN TRAMOS INCLINADOS DE LA CONDUCCIÓN

17.1. CÁLCULO DE ANCLAJES EN TRAMOS INCLINADOS

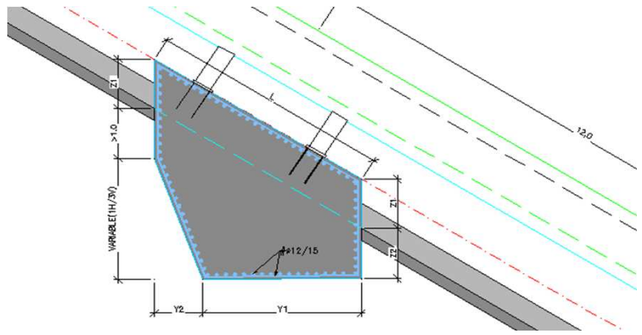
CÁLCULO DE MACIZO ANCLAJE EN PENDIENTE INCLINADA >30 º

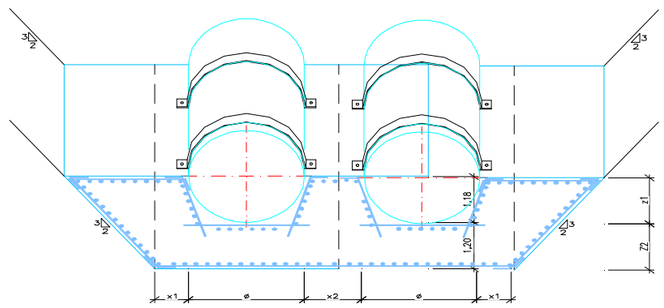
Hipótesis de cálculo

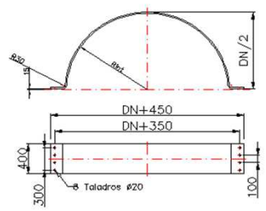
¿Peso de tierras?		**si**
¿Peso de tubería?		**si**
¿Peso de agua?		**si**
¿Empuje activo?		**si**

&c= Densidad del hormigón	Tn/m3	2,35
&w=Densidad del agua	Tn/m3	1,00
Características del terreno		
&t=Densidad del terreno (seco)	Tn/m3	1,80
&tw=Densidad del terreno (sumergido)	Tn/m3	1,10
φ= Ángulo de roz. Terreno (º)	º	30,00
c´=Cohesión terreno	Tn/m3	0,00
K1= coef. Función del revestimiento de la tubería (Tub. libre=1,0; K=2/3 tub con manga)		1,00
µ1= Coef. Fricción tubería-terreno=K x Tang(0,8 x φ)		0,45
µ2= Coef. Fricción hormigón-terreno= Tang(φ)		0,58
Tmax= tensión horizontal máxima	Tn/m2	15,00
Tmax= tensión veertical máxima	Tn/m2	20,00
Características de la tubería		
Tipo de tubería		Acero
&a=densidad del acero	Tn/m3	7,85
Ht= Altura de tierras mínima sobre la tubería	m	1,50
Talud excavación =H/V		0,33
Cuantía mínima	Kg/m3	15,00

Coef. De seguridad deslizamiento	1,50
Coef. De seguridad vuelco	1,50







	Tramo CN-T11 PK3+040 a 3+145	Tramo CN-T11 PK3+040 a 3+145	Tramo CN-T11 PK3+040 a 3+145	Tramo T13-T13b PK 1+672 a 1+713	Tramo T17-T18 PK 2+374 a 2+380	Tramo T18-19 PK 1+421 a 1+437
Empuje de cálculo	DN2032e=14-Pte=50%	DN2032e=14-Pte=60%	DN2032e=14-Pte=70%	DN1829e=11,5-Pte=41,8%	DN1626e=12,5-Pte=30,9%	DN1829e=11,5-Pte=44,8%
Nº tubos	2	2	2	2	2	1
Diametro ext.= Dext (mm)	2.032	2.032	2.032	1.829	1.626	1.829
espesor= e(mm)	14,00	14,00	14,00	11,50	12,50	11,50
Diametro int.= Di (mm)	2.004	2.004	2.004	1.806	1.601	1.806
Diámetro medio =Dm (mm)	2.018	2.018	2.018	1.818	1.614	1.818
Pendiente	50,0%	60,0%	70,0%	41,8%	30,9%	44,8%
ángulo de desviación (α) º respecto la horizontal	26,57	30,96	34,99	22,68	17,17	24,13
Ht= Altura de tierras sobre clave de tubería	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Dimensiones de macizo de anclaje						
x1= Distancia tubo-zanja (m)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
x2= Separación entre tubos (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
2*X1+Nº tubos x Dex+X2= ancho de zanja en base (m)	6,26	6,26	6,26	5,86	5,45	3,03
Talud de excavación =H/V	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Ancho zanja en eje tubería (m)	8,27	8,33	8,37	7,56	7,03	4,75
Z1=altura de macizo en tubería apoyo 180º (m)	1,02	1,02	1,02	0,91	0,81	0,91
Z2=altura de empotre desde rasante (m)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Z3= altura media de macizo(m)	3,02	3,10	3,16	2,56	2,37	2,58
Y1=Longitud de anclaje	4,00	4,00	4,00	2,50	2,50	2,50
Vol. Macizo	144,83	145,83	146,53	81,20	76,18	51,66
Distancia máxima entre macizos (m)	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
P1=Peso hormigón (Tn)	340,34	342,70	344,34	190,81	179,03	121,39
P2=Peso tubería (tn)	16,72	16,72	16,72	12,37	11,94	6,19
P3=Peso agua interior (Tn)	75,70	75,70	75,70	61,48	48,32	30,74
P4=Peso de tierras sólo s/ tubería (Tn)	131,67	131,67	131,67	118,52	105,36	59,26
Esfuerzos des-estabilizantes						
E1= (P2+P3+P4)*sen(α)	100,22	115,30	128,51	74,19	48,89	39,32
Esfuerzos estabilizantes						
E2,1=P1*µ2* cos(α)=Empuje estabilizador macizo	175,75	169,66	162,87	101,64	98,75	63,96
E2,2= (P2+P3+P4)*µ1*cos(α)	89,24	85,56	81,74	79,02	70,45	39,08
E2,1+E2,2	264,99	255,22	244,60	180,67	169,20	103,04
Coef. Seguridad deslizamiento	**2,64**	**2,21**	**1,90**	**2,44**	**3,46**	**2,62**
Cumple deslizamiento?	si	si	si	si	si	si
b1= brazo fuerzas estabilizantes pesos	1,79	1,71	1,64	1,15	1,19	1,14
b2= brazo fuerzas desestabilizantes	1,62	1,62	1,62	1,51	1,41	1,51
(E2,1+E2,2)*b1	474,03	437,69	400,78	208,36	202,08	117,54
E1,2*b2	161,95	186,32	207,67	112,36	69,09	59,56
Coef. Seg. Vuelco	**2,93**	**2,35**	**1,93**	**1,85**	**2,92**	**1,97**
Cumple coef. Seg. Vuelco?	si	si	si	si	si	si
Tensión a terrerno (tn/m2)	12,54	12,53	12,52	12,21	12,15	11,91
Cumple tensión máxima a terreno?	si	si	si	si	si	si

Cuantía mínima	2.172,38	2.187,44	2.197,91	1.217,94	1.142,72	774,83
Armadura macizo en cada cara	#12/15	#12/15	#12/15	#12/15	#12/15	#12/15
Kg/m2	12,27	12,27	12,27	12,27	12,27	12,27
Superficie total (m2)	169,98	173,59	176,12	115,05	102,08	72,50
Kg totalesx1,15	2.399	2.449	2.485	1.623	1.440	1.023
Cumple cuantía?	si	si	si	si	si	si

17.2. CÁLCULO DE ANCLAJES CÓNCAVO Y CONVEXO

CÁLCULO DE MACIZOS DE ANCLAJE CONVEXOS (ANCLAJE EN CABEZA DE TALUD)

Hipótesis de cálculo

¿Peso de tierras?		si
¿Peso de tubería?		si
¿Peso de agua?		si
¿Empuje pasivo?		No
&c= Densidad del hormigón	Tn/m3	2,35
&w=Densidad del agua	Tn/m3	1,00

Características del terreno

&t=Densidad del terreno (seco)	Tn/m3	1,80
&tw=Densidad del terreno (sumergido)	Tn/m3	1,10
φ= Ángulo de roz. Terreno (º)	º	25,00
c´=Cohesión terreno	Tn/m3	0,00
K1= coef. Función del revestimiento de la tubería (Tub. libre=1,0;		1,00
µ1= Coef. Fricción tubería-terreno=K x Tang(0,8 x φ)		0,36
µ2= Coef. Fricción hormigón-terreno= Tang(φ)		0,47
Τμαξ= τενσιόν ηοριζουταλ μάξιμα	Tn/m2	15,00

Coef. De seguridad deslizamiento		1,50
Coef. De seguridad vuelco		1,80

Características de la tubería

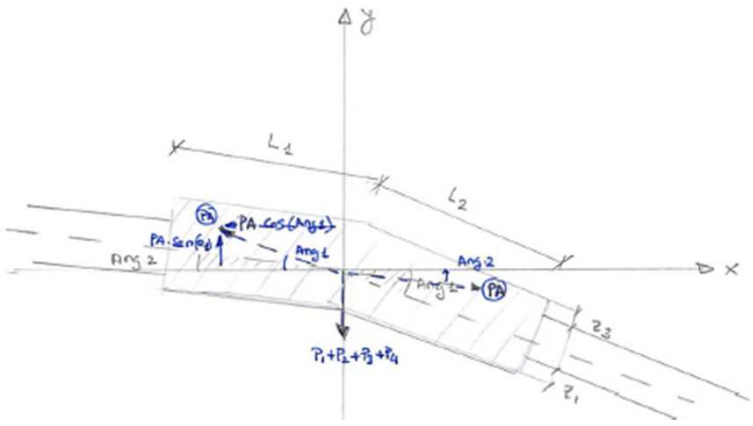
Tipo de tubería		Acero
&a=densidad del acero	Tn/m3	7,85
β=coef. Dilatación térmica		1,20E-05
E= Mod elasticidad del material	Tn/m2	2,14E+07
VT= incremento temperatura	º	2,00
Alargamiento =VT * β	m	2,40E-05
T=tensión por dilatacion térmica=E*VT * α	Tn/m2	5,14E+02
Ht= Altura de tierras mínima sobre la tubería	m	1,50
Cuantía mínima	Kg/m3	15,00

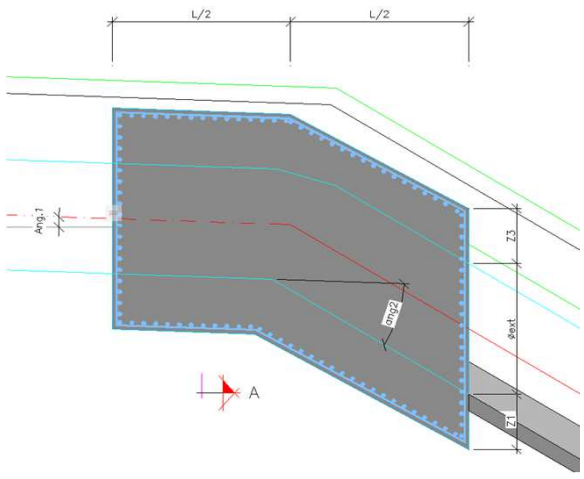
Talud del macizo	H/V	0,00

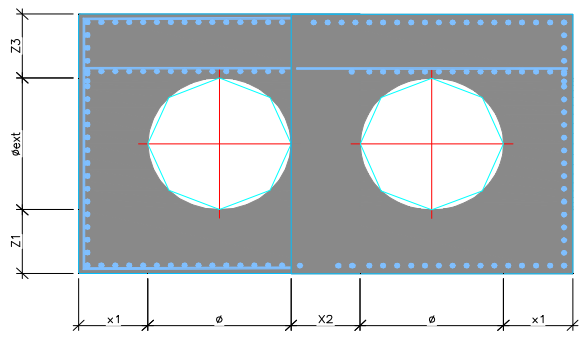
ANCLAJE VERTICAL CÓNCAVO (CABEZA DE TALUD)

	Tramo CN-T11 PK3+040
	DN2032-PN4-Ang cóncavo=1,71
Pcal= Presión de cálculo (atm)	4,0
Nº de tuberías	2,0
DNext= diámetro nom. de la tubería principal	2.032
espesor tub. DN1= e1(mm)	14,0
DNi= diámetro interior de la tubería principal	2.004
Macizo de anclaje	
Ht= Altura de tierras sobre clave de tubería	1,50
Talud del macizo= H/V	0,00
z1=espesor apoyo de cama	1,00
ángulo de apoyo (º)	360
z2=altura de hormigonado desde cota roja(rasante)	3,03
z3=espesor de hormigonado en cobertura sobre clave	1,00
x1= espesor de macizado a cada lado del tubo	1,00
Ancho en base	7,06
Ancho en coronación de hormigón	7,06
L1=Longitud a cada lado del vértice	3,00
Lt=2L1=Longitud total anclaje	6,00
Volumen total hormigón	131,98
Ángulos	
ang1= angulo con la horizontal tramo-1	1,71
ang-2= angulo con la horizontal tramo-2	32,20
Empujes desestabilizantes eje X	
F1 (t) =nº tubos x Pcal x (pi x ID^2)/4 * (cos(ang1)-cos(ang2))	38,70
F2 (t) =dilatac. Térmica	13,99
E1 (t) =F1+F2	52,69
Empujes estabilizantes eje Y	
Densidad del hormigón armado (t/m3)	2,35
P1=Peso hormigón (Tn)	310,15
P2=Peso tubería (tn)	8,36
P3=Peso agua interior (Tn)	37,85
P4=Peso de tierras (Tn)	14,33
P5=PA*(sen(ang1)-Sen(ang2))	17,90
P6=dilatc termica	91,78
Pt= P1+P2+P3+P4+P5	480,36
E2=empuje por rozamiento estabilizant.=Pt*µ2	224,00
Kp=Coef. Pasivo	2,46
E3,1= Empuje pasivo estabilizante por empuje pasivo	
E3= Empujes estabilizantes (Tn)	224,00
Coef. Seguridad deslizamiento	**4,25**
Cumple coef. Deslizamiento	si
Momentos estabilizadores	
X1= brazo PESO macizo (m)	3,00
X2=Brazo peso tubería (m)	3,00
X3=Brazo peso agua (m)	3,00
X4= Brazo peso tierras (m)	3,00
x5= Brazo P5	3,00
x6= Brazo P6	3,00
M2(tnm)=P1X1+P2X2+P3X3+P4X4+P5X5+P6X6	1.441,1
Y3,1=brazo empuje pasivo (m)	2,52
M3= M3*Y3 (Tnm)	0,00
Momentos desestabilizadores	
Y1= brazo a E1 (m)	2,02
M1 (tn*m)	106,22
Coef. Seguridad vuelco	**13,57**
Cumple coef. Vuelco	si

Cuantía geom. Vertical S1	0,20%
Cuantía geom. Horizontal S2	0,12%
Cuantía adoptada mínima (Kg/m3)	15,00
Kg acero requeridos	1.980
Armadura macizo en cada cara	#12/15
Kg/m2	12,27
Superficie total (m2)	183,63
Kg totales incl 15%	2.591
Cumple cuantía?	si







17.3. CÁLCULO DE MURO-ANCLAJE INCLINADO

1.- NORMA Y MATERIALES

Norma: EHE-08-CTE (España)

Hormigón: HA-30, Control Estadístico

Acero de barras: B 500 S, Control Reducido

Tipo de ambiente: Clase IIa

Recubrimiento en el intradós del muro: 5.0 cm

Recubrimiento en el trasdós del muro: 5.0 cm

Recubrimiento superior de la cimentación: 5.0 cm

Recubrimiento inferior de la cimentación: 5.0 cm

Recubrimiento lateral de la cimentación: 7.0 cm

Tamaño máximo del árido: 20 mm

2.- ACCIONES

Empuje en el intradós: Pasivo

Empuje en el trasdós: Activo

3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Enrase: Trasdós

Longitud del muro en planta: 1.00 m

Juntas de retracción: Sin juntas de retracción

Tipo de cimentación: Zapata corrida

4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Ángulo talud: 45 grados

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro: 30 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro: 30 %

Evacuación por drenaje: 100 %

Porcentaje de empuje pasivo: 100 %

Cota empuje pasivo: 0.50 m

Tensión admisible: 2.00 kp/cm²

Coeficiente de rozamiento terreno-cimiento: 0.50

Profundidad del nivel freático: 2.50 m

ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1 - Relleno	0.00 m	Densidad aparente: 1.80 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.10 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 35.00 grados Cohesión: 1.00 t/m²	Activo trasdós: 0.25 Pasivo intradós: 5.33

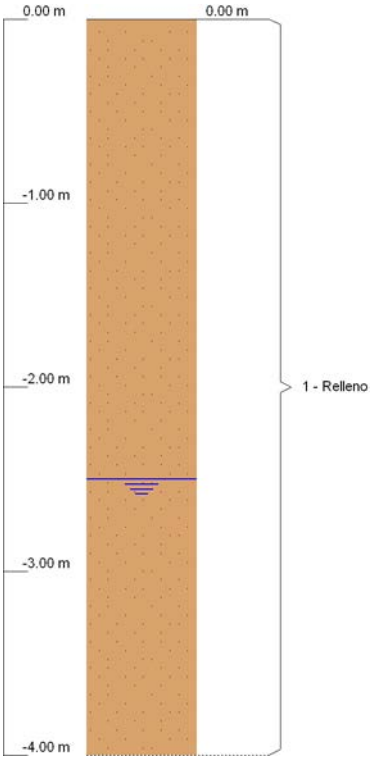
RELLENO EN INTRADÓS

Referencias	Descripción	Coeficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 1.80 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.10 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados Cohesión: 0.00 t/m²	Activo trasdós: 0.31 Pasivo intradós: 3.95

RELLENO EN TRASDÓS

Referencias	Descripción	Coeficientes de empuje
Relleno	Densidad aparente: 1.80 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.10 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 30.00 grados Cohesión: 0.00 t/m²	Activo trasdós: 0.31 Pasivo intradós: 3.95

5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



6.- GEOMETRÍA

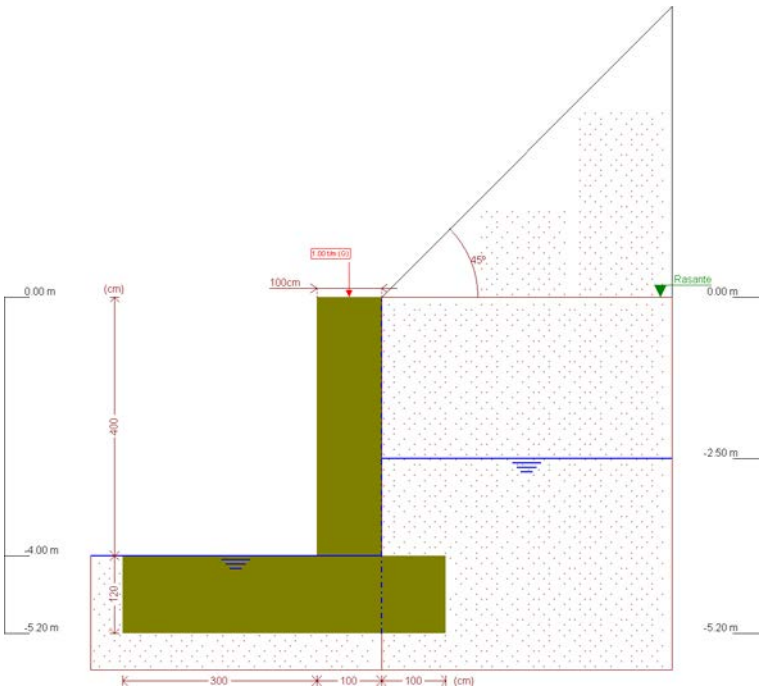
MURO

Altura: 4.00 m
Espesor superior: 100.0 cm
Espesor inferior: 100.0 cm

ZAPATA CORRIDA

Con puntera y talón
Canto: 120 cm
Vuelos intradós / trasdós: 300.0 / 100.0 cm
Hormigón de limpieza: 10 cm

7.- ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Muro-1 (H=4.0m+ zapata 1.2m)	Con nivel freático trasdós hasta la cota: -2.50 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -4.00 m

8.- RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

FASE 1: MURO-1 (H=4.0M+ ZAPATA 1.2M)

CARGA PERMANENTE Y EMPUJE DE TIERRAS

Cota (m)	Ley de axiles (t/m)	Ley de cortantes (t/m)	Ley de momento flector (t·m/m)	Ley de empujes (t/m²)	Presión hidrostática (t/m²)
0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.39	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.79	2.98	0.01	-0.00	0.21	0.00
-1.19	4.02	0.22	0.02	0.82	0.00
-1.59	5.10	0.67	0.15	1.44	0.00
-1.99	6.23	1.37	0.48	2.05	0.00
-2.39	7.40	2.31	1.12	2.66	0.00
-2.79	8.62	3.53	2.17	3.23	0.29
-3.19	9.88	5.13	3.76	3.77	0.68
-3.59	11.18	7.10	6.04	4.31	1.08
-3.99	12.52	9.44	9.17	4.86	1.48
Máximos	12.56 Cota: -4.00 m	9.51 Cota: -4.00 m	9.26 Cota: -4.00 m	4.88 Cota: -4.00 m	1.50 Cota: -4.00 m
Mínimos	1.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: -0.84 m	0.00 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m

9.- COMBINACIONES

HIPÓTESIS

1 - Carga permanente
2 - Empuje de tierras

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

	Hipótesis	
Combinación	1	2
1	1.00	1.00
2	1.60	1.00
3	1.00	1.60
4	1.60	1.60

COMBINACIONES PARA ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

	Hipótesis	
Combinación	1	2
1	1.00	1.00

10.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

CORONACIÓN				
Armadura superior: 6 Ø16 Anclaje intradós / trasdós: 100 / 100 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	Ø16c/15 Solape: 1.5 m	Ø20c/15	Ø25c/20 Solape: 2.5 m Refuerzo 1: Ø25 h=2.5 m	Ø25c/20

ZAPATA		
Armadura	Longitudinal	Transversal
Superior	Ø16c/15	Ø16c/15 Patilla Intradós / Trasdós: 100 / 100 cm
Inferior	Ø25c/20	Ø25c/20 Patilla intradós / trasdós: 100 / 100 cm
Longitud de pata en arranque: 100 cm		

11.- COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: Muro: muro terreno 45º (muro terreno 45º)		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro:	Máximo: 213.54 t/m Calculado: 15.21 t/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: *Jiménez Salas, J.A.. Geotecnia y Cimientos II, (Cap. 12)*	Mínimo: 20 cm Calculado: 100 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 17.5 cm Calculado: 13 cm	 Cumple Cumple

Referencia: Muro: muro terreno 45º (muro terreno 45º)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armaduras horizontales: *Norma EHE, artículo 42.3.1*	Máximo: 30 cm	
- Trasdós:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 15 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara:	Mínimo: 0.0016	
- Trasdós (-4.00 m):	Calculado: 0.00245	Cumple
- Intradós (-4.00 m):	Calculado: 0.00209	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: *Criterio J.Calavera. Muros de contención y muros de sótano. (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)*		
- Trasdós:	Mínimo: 0.00098 Calculado: 0.00245	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0.00026 Calculado: 0.00209	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada:	Mínimo: 0.0009	
- Trasdós (-4.00 m):	Calculado: 0.0049	Cumple
- Trasdós (-1.50 m):	Calculado: 0.00245	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada:	Mínimo: 0.00244	
- Trasdós (-4.00 m):	Calculado: 0.0049	Cumple
- Trasdós (-1.50 m):	Calculado: 0.00245	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida:	Mínimo: 0.00027	
- Intradós (-4.00 m):	Calculado: 0.00134	Cumple
- Intradós (-1.50 m):	Calculado: 0.00134	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida:	Calculado: 0.00134	
- Intradós (-4.00 m):	Mínimo: 3e-005	Cumple
- Intradós (-1.50 m):	Mínimo: 1e-005	Cumple
Cuantía máxima geométrica de armadura vertical total: *EC-2, art. 5.4.7.2*	Máximo: 0.04	
- (0.00 m):	Calculado: 0.00379	Cumple
- (-1.50 m):	Calculado: 0.00624	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales:	Mínimo: 2.5 cm	
- Trasdós:	Calculado: 6.2 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 11.8 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Norma EHE, artículo 42.3.1*	Máximo: 30 cm	

Referencia: Muro: muro terreno 45º (muro terreno 45º)		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura vertical Trasdós: - Armadura vertical Intradós:	Calculado: 20 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: *Comprobación realizada por unidad de longitud de muro*		Cumple
Comprobación a cortante:	Máximo: 43.39 t/m Calculado: 7.32 t/m	Cumple
Comprobación de fisuración: *Artículo 49.2.4 de la norma EHE*	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0.015 mm	Cumple
Longitud de solapes: - Base trasdós: - Base intradós:	 Mínimo: 1.45 m Calculado: 2.5 m Mínimo: 0.4 m Calculado: 1.5 m	 Cumple Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: *Criterio J.Calavera. Muros de contención y muros de sótano.* - Trasdós: - Intradós:	 Calculado: 100 cm Mínimo: 87 cm Mínimo: 0 cm	 Cumple Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: *J.Calavera (Muros de contención y muros de sótano)*	Mínimo: 2.2 cm² Calculado: 12 cm²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:

- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -4.00 m
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -4.00 m
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -4.00 m, Md: 14.81 t·m/m, Nd: 13.49 t/m, Vd: 15.21 t/m, Tensión máxima del acero: 0.240 t/cm²
- Sección crítica a cortante: Cota: -3.07 m
- Sección con la máxima abertura de fisuras: Cota: -4.00 m, M: 9.26 t·m/m, N: 12.56 t/m

Referencia: Zapata corrida: muro terreno 45º (muro terreno 45º)		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de estabilidad: *Valor introducido por el usuario.* - Coeficiente de seguridad al vuelco: - Coeficiente de seguridad al deslizamiento:	 Mínimo: 2 Calculado: 7.16 Mínimo: 1.5 Calculado: 1.75	 Cumple Cumple
Canto mínimo: - Zapata: *Norma EHE. Artículo 59.8.1.*	 Mínimo: 25 cm Calculado: 120 cm	 Cumple
Tensiones sobre el terreno: *Valor introducido por el usuario.* - Tensión media:	 Máximo: 2 kp/cm² Calculado: 1.024 kp/cm²	 Cumple

Referencia: Zapata corrida: muro terreno 45º (muro terreno 45º)		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima:	Máximo: 2.5 kp/cm² Calculado: 1.901 kp/cm²	Cumple
Flexión en zapata: *Comprobación basada en criterios resistentes*		
- Armado superior trasdós:	Mínimo: 3.01 cm²/m Calculado: 13.4 cm²/m	Cumple
- Armado inferior trasdós:	Mínimo: 0 cm²/m Calculado: 24.54 cm²/m	Cumple
- Armado superior intradós:	Mínimo: 0 cm²/m Calculado: 13.4 cm²/m	Cumple
- Armado inferior intradós:	Mínimo: 4.58 cm²/m Calculado: 24.54 cm²/m	Cumple
Esfuerzo cortante:	Máximo: 37 t/m	
- Trasdós:	Calculado: 0 t/m	Cumple
- Intradós:	Calculado: 5.11 t/m	Cumple
Longitud de anclaje:		
- Arranque trasdós:	Mínimo: 27 cm Calculado: 110 cm	Cumple
- Arranque intradós:	Mínimo: 27 cm Calculado: 110 cm	Cumple
- Armado inferior trasdós (Patilla):	Mínimo: 31 cm Calculado: 100 cm	Cumple
- Armado inferior intradós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 100 cm	Cumple
- Armado superior trasdós (Patilla):	Mínimo: 16 cm Calculado: 100 cm	Cumple
- Armado superior intradós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 100 cm	Cumple
Recubrimiento:		
- Inferior:	Mínimo: 3.5 cm Calculado: 5 cm	Cumple
- Lateral:	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
- Superior:	Mínimo: 3.5 cm Calculado: 5 cm	Cumple
Diámetro mínimo:	Mínimo: Ø12	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: Ø25	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: Ø25	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: Ø16	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: Ø16	Cumple
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: Zapata corrida: muro terreno 45º (muro terreno 45º)		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura transversal superior:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 15 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 15 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros.*	Mínimo: 0.001	
- Armadura longitudinal inferior:	Calculado: 0.00204	Cumple
- Armadura longitudinal superior:	Calculado: 0.00111	Cumple
- Armadura transversal inferior:	Calculado: 0.00204	Cumple
- Armadura transversal superior:	Calculado: 0.00111	Cumple
Cuantía mecánica mínima:		
- Armadura longitudinal inferior:	Mínimo: 0.00051 Calculado: 0.00204	Cumple
- Armadura longitudinal superior: *Norma EHE. Artículo 56.2.*	Mínimo: 0.00027 Calculado: 0.00111	Cumple
- Armadura transversal inferior: *Norma EHE. Artículo 42.3.2.*	Mínimo: 0.00054 Calculado: 0.00204	Cumple
- Armadura transversal superior: *Norma EHE. Artículo 42.3.2.*	Mínimo: 0.00036 Calculado: 0.00111	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 11.30 t·m/m		
- Momento flector pésimo en la sección de referencia del intradós: 17.18 t·m/m		

12.- COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): muro terreno 45º (muro terreno 45º)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo: Combinaciones sin sismo: - Muro-1 (H=4.0m+ zapata 1.2m): Coordenadas del centro del círculo (-7.72 m ; 10.44 m) - Radio: 17.94 m: *Valor introducido por el usuario.*	Mínimo: 1.8 Calculado: 1.962	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

18. APÉNDICE 7.2.8: CÁLCULO DE TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO EN HINCAS

18.1. CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

TUBO HINCA Ø 2500

Tubería de hormigón armado para hinca y junta de goma, fabricado según Norma UNE EN1916 y UNE 127916, en clases resistentes 90/135/180 (E) ó III/IV/V (A)

Medidas

Diámetro interior: 2500 mm.

Diámetro exterior: 3000 mm.

Espesor: 250 mm.

Longitud útil: 2350 mm.

Longitud máxima: 2510 mm.

Datos para carga

Peso / unidad: 12780 kgs.

Peso / ml: 5438 kgs.

Carga por camión: 4,7 ml.

Materiales

Hormigón HA 40/S/20

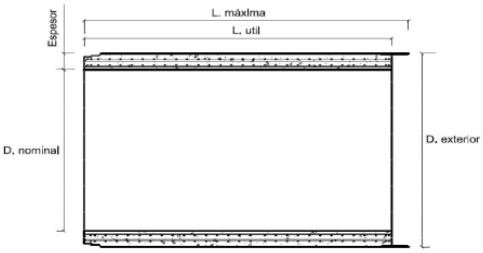
Acero: B-500 SD

TUBOS DE HORMIGON ARMADO PARA HINCA Y JUNTA DE GOMA

TUBO H ARMADO PARA HINCA Ø 2500 CLASE 90

DATOS PARA CARGA.-			
PESO (KG)		Camión 25 Ton	
Tubo	ml	ml	kg
12780	5.438	4,7	25.560

MEDIDAS (mm)				
Longitud		Diámetros		Espesor
Util	Máxima	Nominal	Exterior	
2350	2510	2500	3000	250



TOLERANCIAS (mm)	
Diámetro interior	± 15,0
Diámetro exterior	± 8,0
Espesor de pared.....	=< 5,0
Longitud interna.....	+50 /- 20
Rectitud generatrices.....	=< 8,22
Diferencia generatriz opuesta...	± 5,0
Desviación rectitud exterior.....	=< 3,0
Ortogonalidad en la pared.....	± 4,0

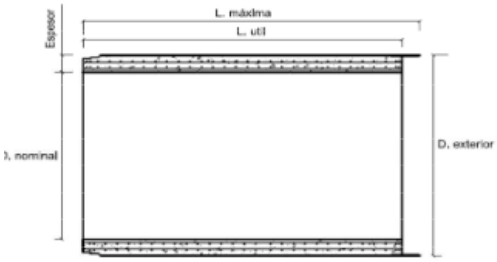
PROPIEDADES	
Carga de fisuración KN / ml.....	150,0
Carga de rotura KN / ml.....	225,0
Tipo de Junta.....	ARPON

TUBOS DE HORMIGON ARMADO PARA HINCA Y JUNTA DE GOMA

TUBO H ARMADO PARA HINCA Ø 2500 CLASE 135

DATOS PARA CARGA.-			
PESO (KG)		Camión 25 Ton	
Tubo	ml	ml	kg
12780	5.438	4,7	25.560

MEDIDAS (mm)				
Longitud		Diámetros		Espesor
Util	Máxima	Nominal	Exterior	
2350	2510	2500	3000	250



TOLERANCIAS (mm)	
Diámetro interior	± 15,0
Diámetro exterior	± 8,0
Espesor de pared.....	=< 5,0
Longitud interna.....	+50 /- 20
Rectitud generatrices.....	=< 8,22
Diferencia generatriz opuesta...	± 5,0
Desviación rectitud exterior.....	=< 3,0
Ortogonalidad en la pared.....	± 4,0

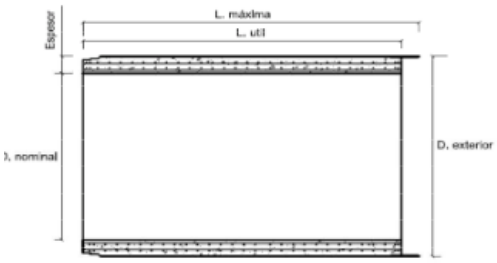
PROPIEDADES	
Carga de fisuración KN / ml.....	225,0
Carga de rotura KN / ml.....	337,5
Tipo de Junta.....	ARPON

TUBOS DE HORMIGON ARMADO PARA HINCA Y JUNTA DE GOMA

TUBO H ARMADO PARA HINCA Ø 2500 CLASE 180

DATOS PARA CARGA.-			
PESO (KG)		Camión 25 Ton	
Tubo	ml	ml	kg
12780	5.438	4,7	25.560

MEDIDAS (mm)				
Longitud		Diámetros		Espesor
Util	Máxima	Nominal	Exterior	
2350	2510	2500	3000	250



TOLERANCIAS (mm)	
Diámetro interior	± 15,0
Diámetro exterior	± 8,0
Espesor de pared.....	=< 5,0
Longitud interna.....	+50 /- 20
Rectitud generatrices.....	=< 8,22
Diferencia generatriz opuesta...	± 5,0
Desviación rectitud exterior.....	=< 3,0
Ortogonalidad en la pared.....	± 4,0

PROPIEDADES	
Carga de fisuración KN / ml.....	300,0
Carga de rotura KN / ml.....	450,0
Tipo de Junta.....	ARPON

TUBO HINCA Ø 2000

Tubería de hormigón armado para hinca y junta de goma, fabricado según Norma UNE EN1916 y UNE 127916, en clases resistentes 90/135/180 (E) ó III/IV/V (A)

Medidas

Diámetro interior: 2000 mm.

Diámetro exterior: 2400 mm.

Espesor: 200 mm.

Longitud útil: 2350 mm.

Longitud máxima: 2470 mm.

Datos para carga

Peso / unidad: 8313 kgs.

Peso / ml: 3537 kgs.

Carga por camión: 7,05 ml.

Materiales

Hormigón HA 40/S/20

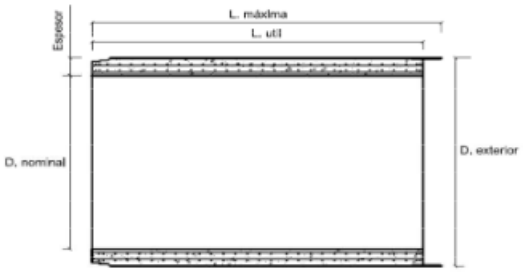
Acero: B-500 SD

TUBOS DE HORMIGON ARMADO PARA HINCA Y JUNTA DE GOMA

TUBO H ARMADO PARA HINCA Ø 2000 CLASE 90

DATOS PARA CARGA.-			
PESO (KG)		Camión 25 Ton	
Tubo	ml	ml	kg
8313	3.537	7,1	24.939

MEDIDAS (mm)				
Longitud		Diámetros		Espesor
Util	Máxima	Nominal	Exterior	
2350	2470	2000	2400	200



TOLERANCIAS (mm)	
Diámetro interior	± 15,0
Diámetro exterior	± 8,0
Espesor de pared.....	=< 5,0
Longitud interna.....	+50 /- 20
Rectitud generatrices.....	=< 8,22
Diferencia generatriz opuesta...	± 5,0
Desviación rectitud exterior.....	=< 3,0
Ortogonalidad en la pared.....	± 4,0

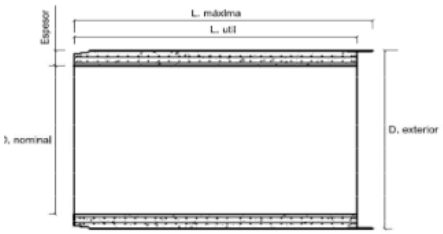
PROPIEDADES	
Carga de fisuración KN / ml.....	120,0
Carga de rotura KN / ml.....	180,0
Tipo de Junta.....	ARPON

TUBOS DE HORMIGON ARMADO PARA HINCA Y JUNTA DE GOMA

TUBO H ARMADO PARA HINCA Ø 2000 CLASE 135

DATOS PARA CARGA.-			
PESO (KG)		Camión 25 Ton	
Tubo	ml	ml	kg
8313	3.537	7,1	24.939

MEDIDAS (mm)				
Longitud		Diámetros		Espesor
Util	Máxima	Nominal	Exterior	
2350	2470	2000	2400	200



TOLERANCIAS (mm)	
Diámetro interior	± 15,0
Diámetro exterior	± 8,0
Espesor de pared.....	=< 5,0
Longitud interna.....	+50 /- 20
Rectitud generatrices.....	=< 8,22
Diferencia generatriz opuesta...	± 5,0
Desviación rectitud exterior.....	=< 3,0
Ortogonalidad en la pared.....	± 4,0

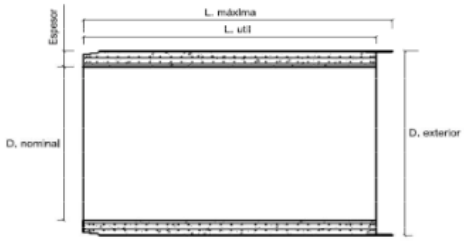
PROPIEDADES	
Carga de fisuración KN / ml.....	180,0
Carga de rotura KN / ml.....	270,0
Tipo de Junta.....	ARPON

TUBOS DE HORMIGON ARMADO PARA HINCA Y JUNTA DE GOMA

TUBO H ARMADO PARA HINCA Ø 2000 CLASE 180

DATOS PARA CARGA.-			
PESO (KG)		Camión 25 Ton	
Tubo	ml	ml	kg
8313	3.537	7,1	24.939

MEDIDAS (mm)				
Longitud		Diámetros		Espesor
Util	Máxima	Nominal	Exterior	
2350	2470	2000	2400	200

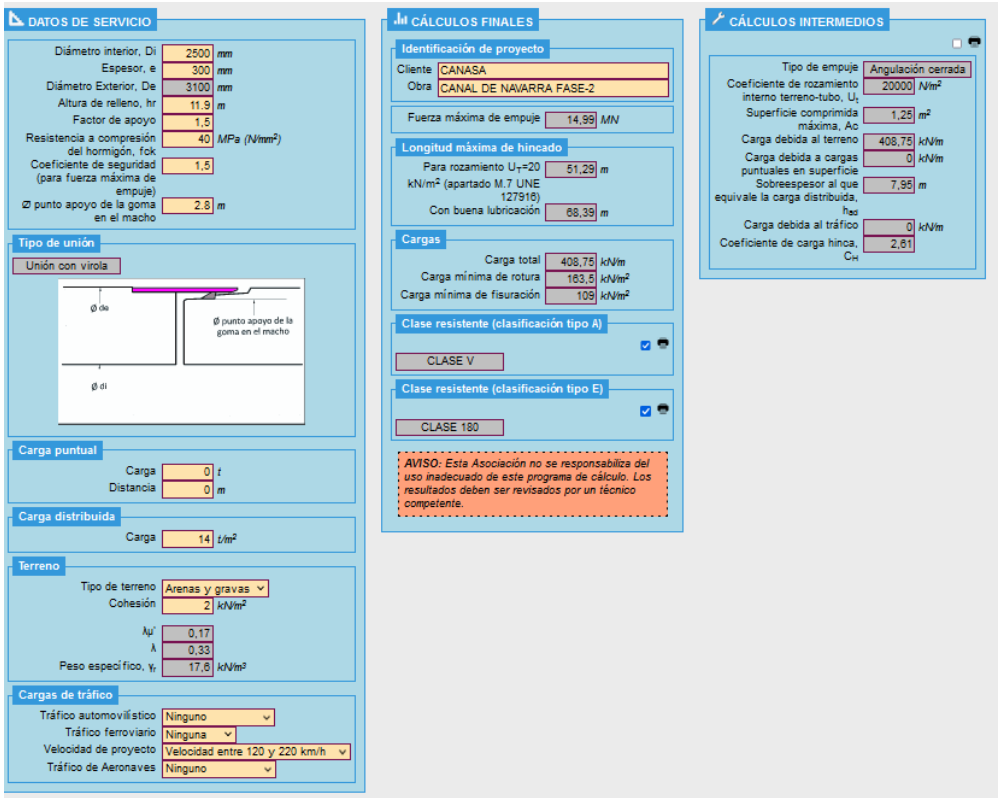


TOLERANCIAS (mm)	
Diámetro interior	± 15,0
Diámetro exterior	± 8,0
Espesor de pared.....	=< 5,0
Longitud interna.....	+50 /- 20
Rectitud generatrices.....	=< 8,22
Diferencia generatriz opuesta...	± 5,0
Desviación rectitud exterior.....	=< 3,0
Ortogonalidad en la pared.....	± 4,0

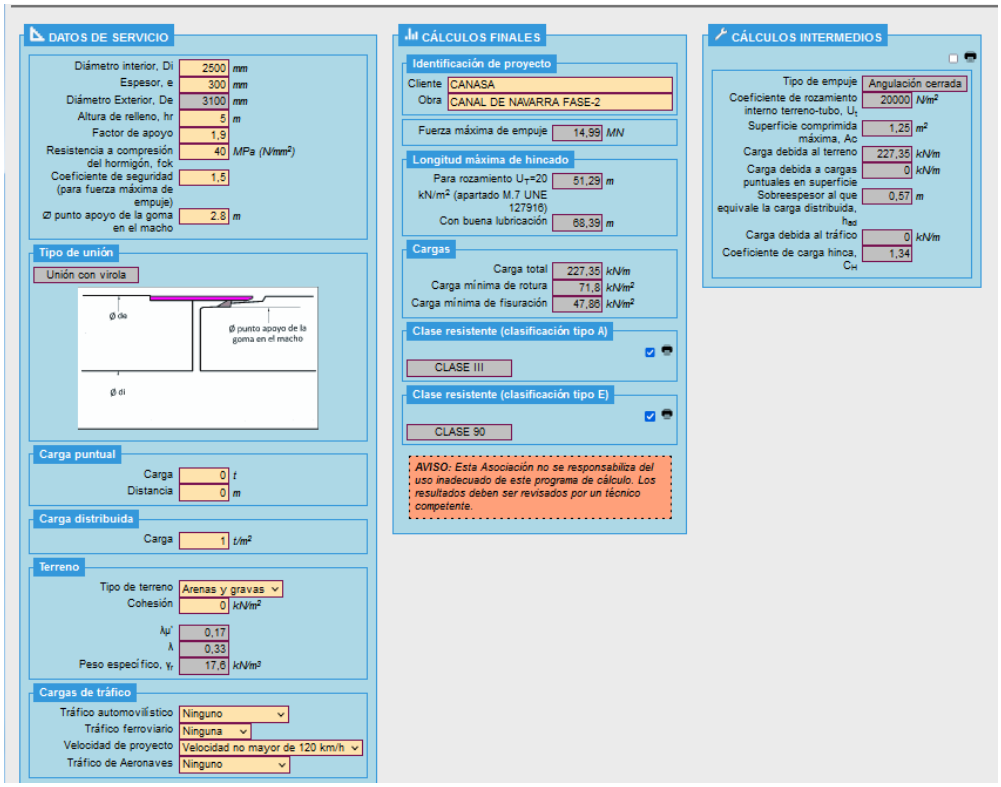
PROPIEDADES	
Carga de fisuración KN / ml.....	240,0
Carga de rotura KN / ml.....	360,0
Tipo de Junta.....	ARPON

18.2. HINCA DEL RÍO ARAGÓN

18.2.1. Cálculo para la altura máxima

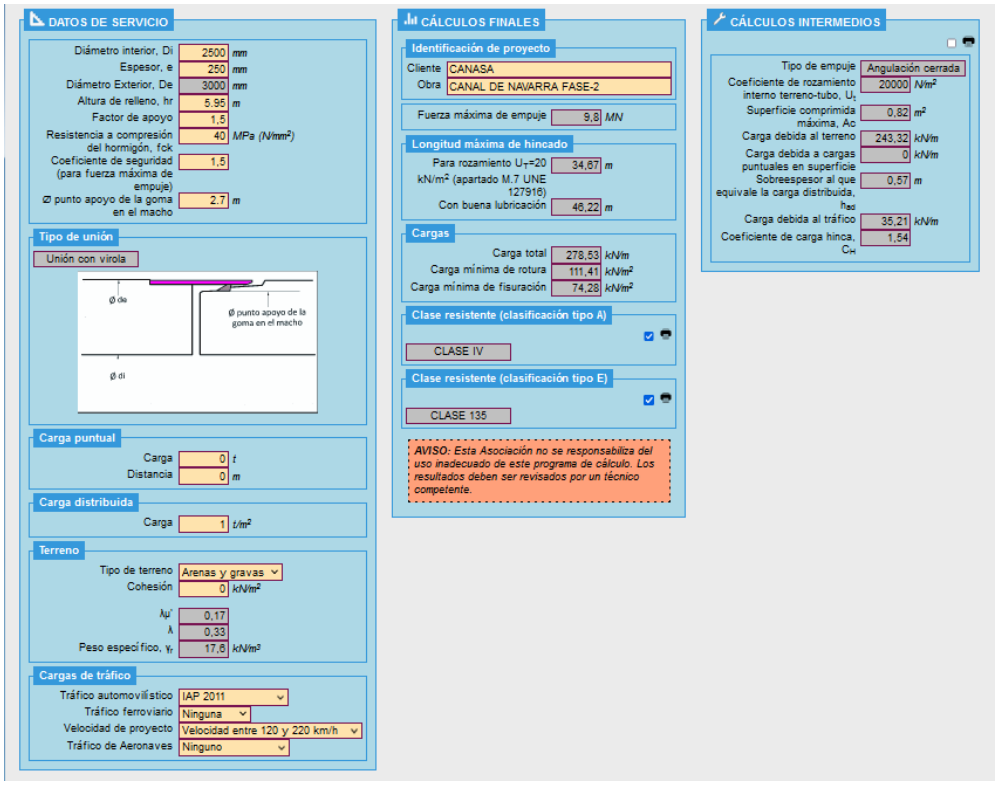


18.2.2. Cálculo de tubería a altura mínima

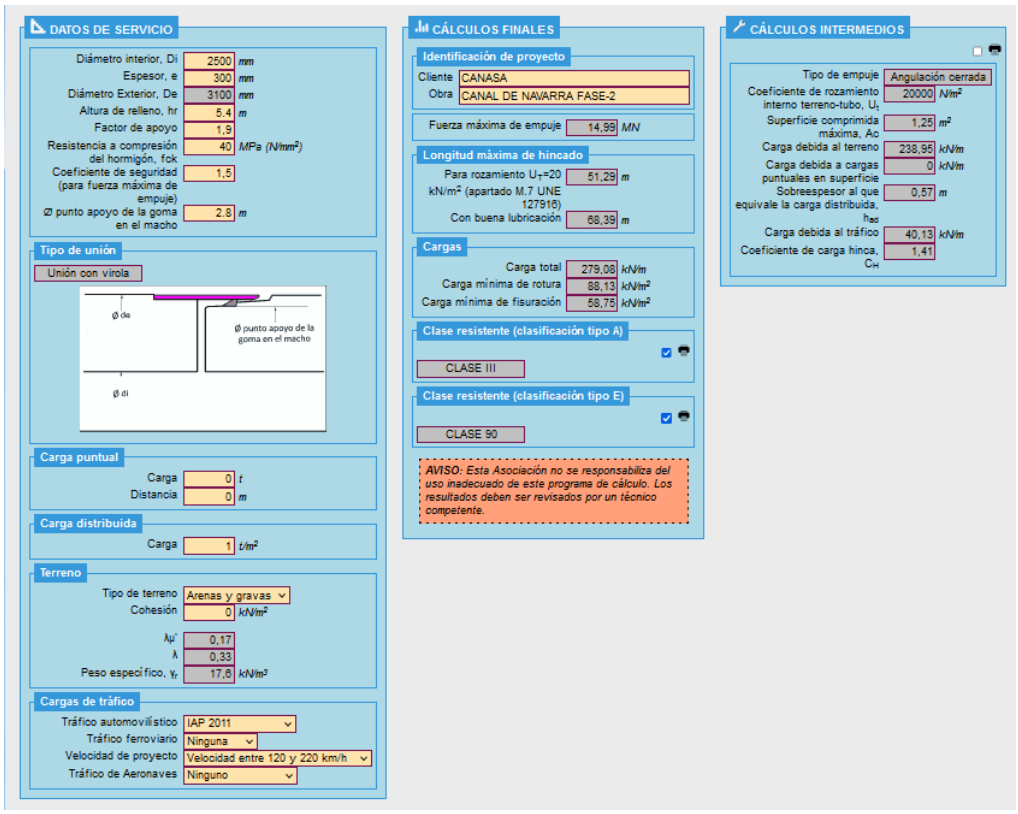


18.3. HINCA NA-128

18.3.1. Cálculo para la altura máxima

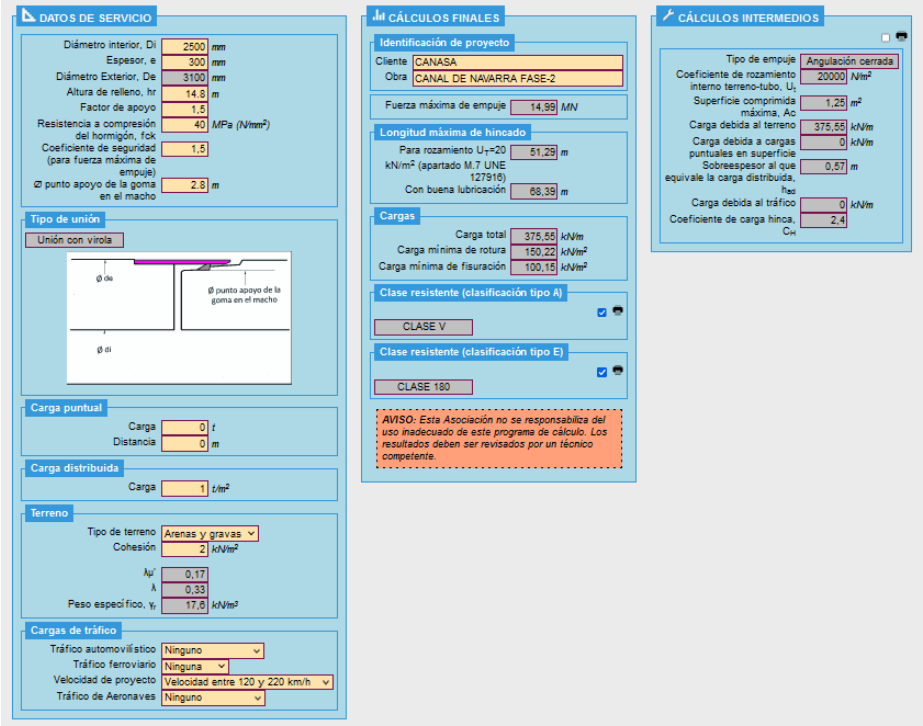


18.3.2. Cálculo de tubería a altura mínima

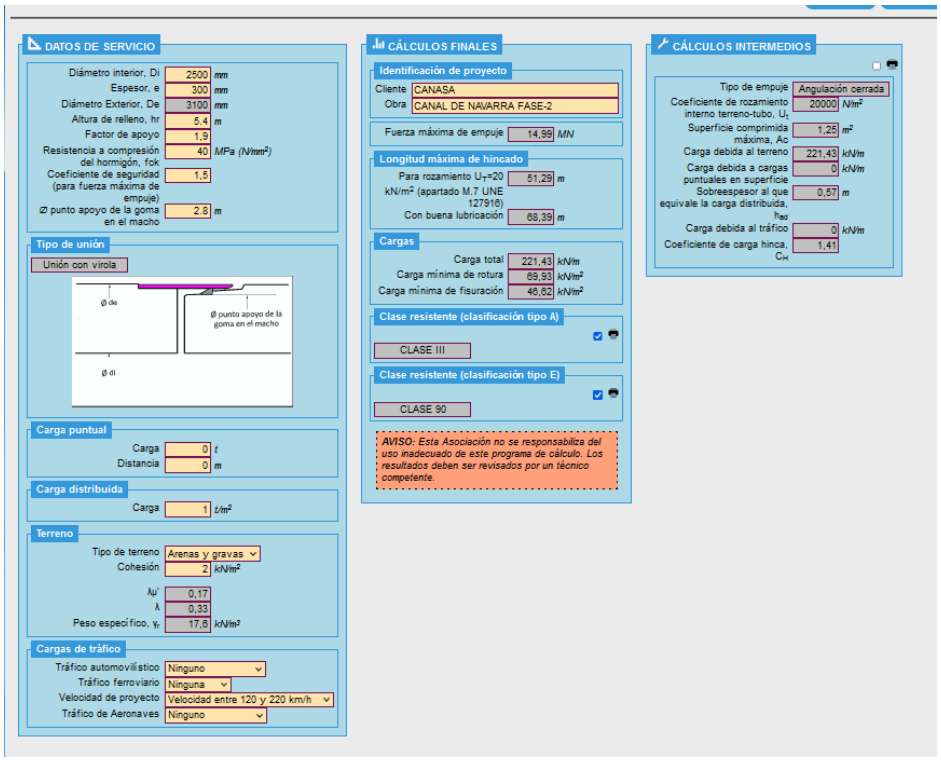


18.4. HINCA CERRO

18.4.1. Cálculo para la altura máxima

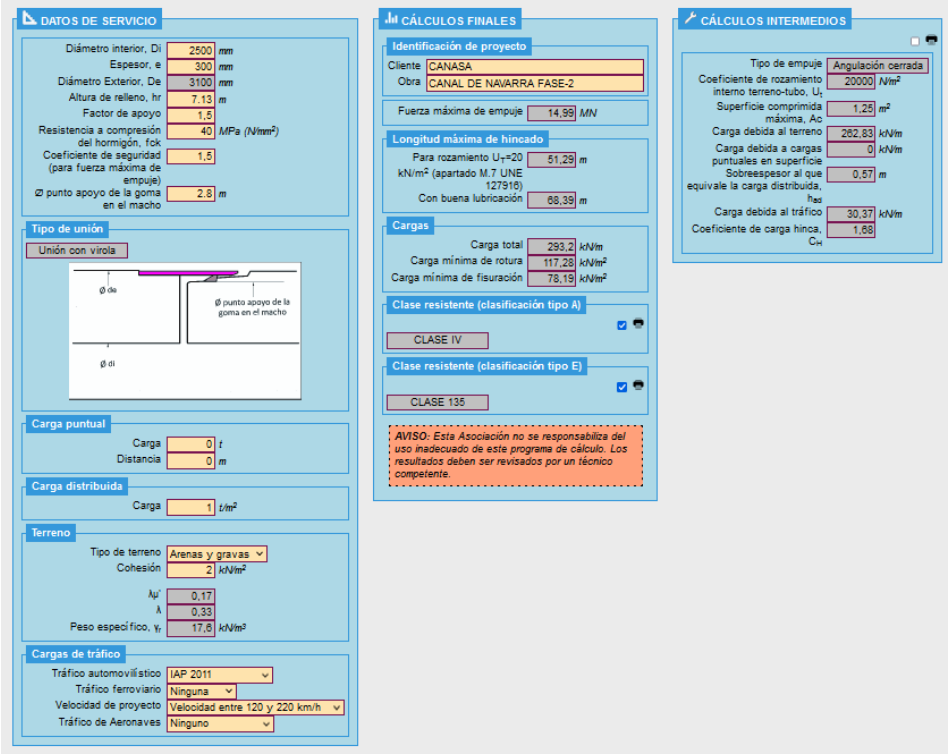


18.4.2. Cálculo de tubería a altura mínima

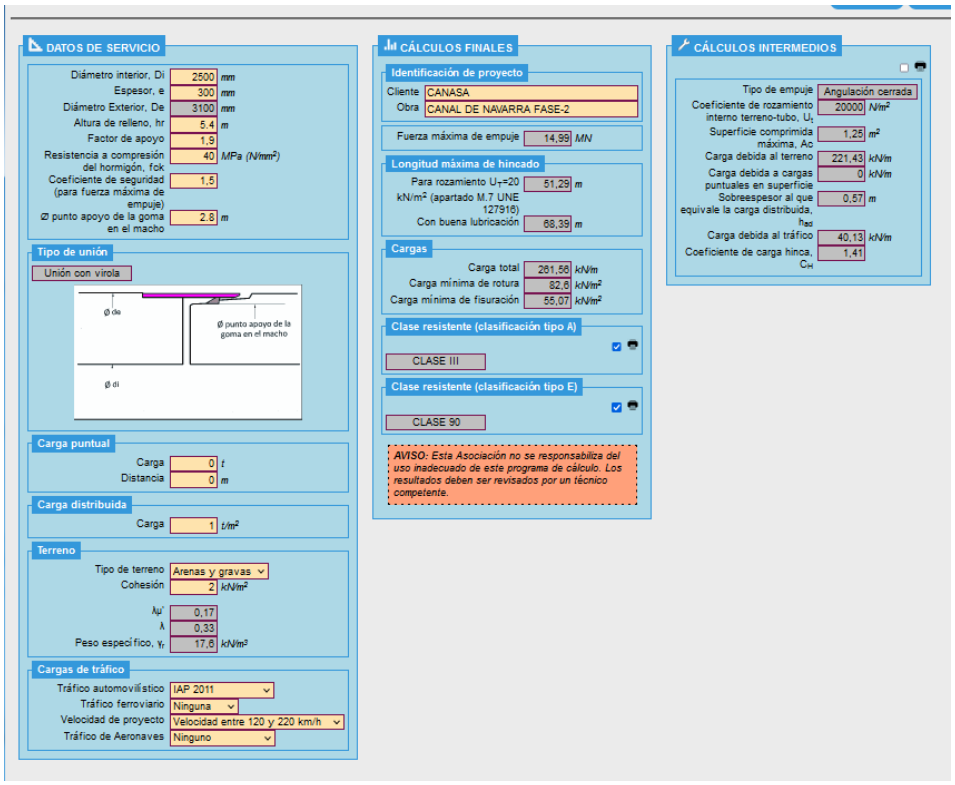


18.5. HINCA NA-134

18.5.1. Cálculo para la altura máxima



18.5.2. Cálculo de tubería a altura mínima



18.6. HINCA RÍO EBRO

18.6.1. Cálculo para la altura máxima

DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	2500	mm
Espesor, e	300	mm
Diámetro Exterior, De	3100	mm
Altura de relleno, hr	15,72	m
Factor de apoyo	1,5	
Resistencia a compresión del hormigón, fck	40	MPa (N/mm²)
Coeficiente de seguridad (para fuerza máxima de empuje)	1,5	
Ø punto apoyo de la goma en el macho	2,8	m

Tipo de unión

Unión con virola

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	20	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arenas y gravas	
Cohesión	2	kN/m²
λμ'	0,17	
λ	0,33	
Peso específico, γ_r	17,6	kN/m³

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Ninguno
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad entre 120 y 220 km/h
Tráfico de Aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Fuerza máxima de empuje	14,99	MN

Longitud máxima de hincado

Para rozamiento U_T=20 kN/m² (apartado M.7 UNE 127916)	51,29	m
Con buena lubricación	68,39	m

Cargas

Carga total	437,35	kN/m
Carga mínima de rotura	174,94	kN/m²
Carga mínima de fisuración	116,63	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

CLASE V

Clase resistente (clasificación tipo E)

CLASE 180

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Tipo de empuje	Angulación cerrada	
Coeficiente de rozamiento interno terreno-tubo, U_t	20000	N/m²
Superficie comprimida máxima, Ac	1,25	m²
Carga debida al terreno	437,35	kN/m
Carga debida a cargas puntuales en superficie	0	kN/m
Sobreespesor al que equivale la carga distribuida, h_{ad}	11,36	m
Carga debida al tráfico	0	kN/m
Coeficiente de carga hinca, C_H	2,79	

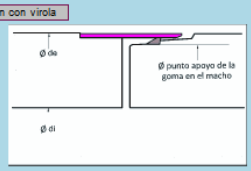
18.6.2. Cálculo de tubería a altura mínima

DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	2500	mm
Espesor, e	300	mm
Diámetro Exterior, De	3100	mm
Altura de relleno, hr	5,4	m
Factor de apoyo	1,9	
Resistencia a compresión del hormigón, fck	40	MPa (N/mm²)
Coeficiente de seguridad (para fuerza máxima de empuje)	1,5	
Ø punto apoyo de la goma en el macho	2,8	m

Tipo de unión

Unión con virola



Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	1	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arenas y gravas	
Cohesión	0	kN/m²
λμ'	0,17	
λ	0,33	
Peso específico, γ_r	17,6	kN/m³

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Ninguno
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad entre 120 y 220 km/h
Tráfico de Aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Fuerza máxima de empuje	14,99	MN

Longitud máxima de hincado

Para rozamiento U_T=20 kN/m² (apartado M.7 UNE 127916)	51,29	m
Con buena lubricación	68,39	m

Cargas

Carga total	238,95	kN/m
Carga mínima de rotura	75,46	kN/m²
Carga mínima de fisuración	50,3	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

CLASE III

Clase resistente (clasificación tipo E)

CLASE 90

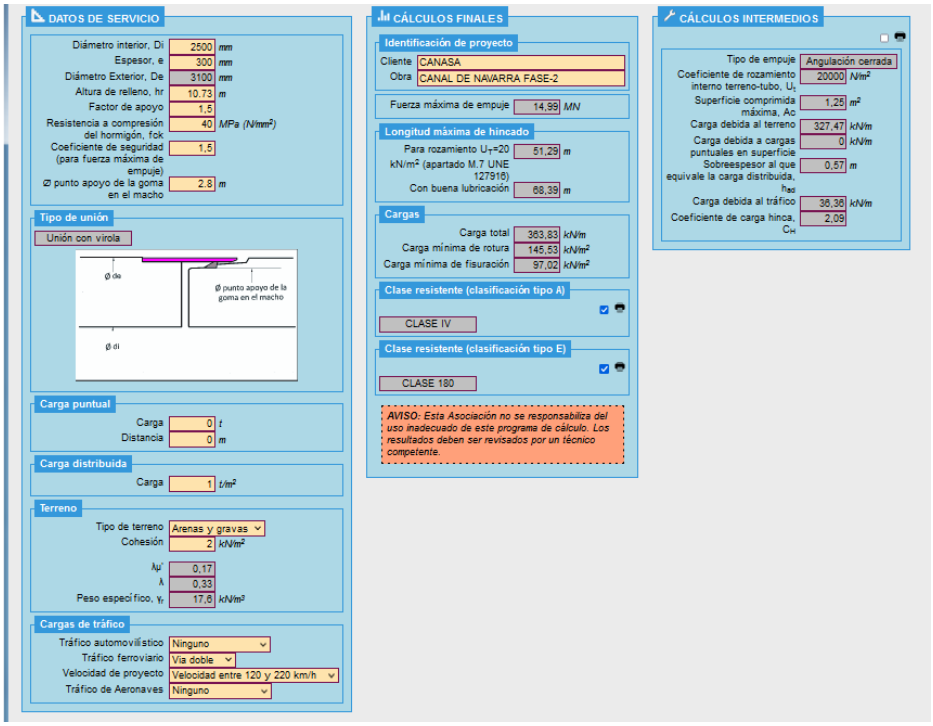
AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

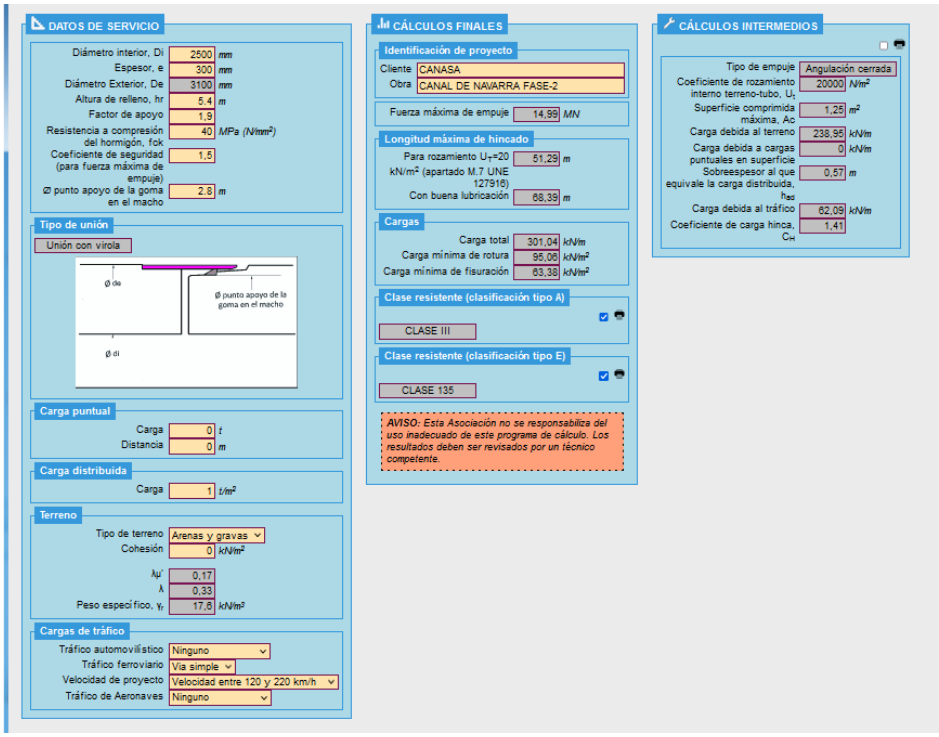
Tipo de empuje	Angulación cerrada	
Coeficiente de rozamiento interno terreno-tubo, U_t	20000	N/m²
Superficie comprimida máxima, Ac	1,25	m²
Carga debida al terreno	238,95	kN/m
Carga debida a cargas puntuales en superficie	0	kN/m
Sobreespesor al que equivale la carga distribuida, h_{ad}	0,57	m
Carga debida al tráfico	0	kN/m
Coeficiente de carga hinca, C_H	1,41	

18.7. HINCA FERROCARRIL ALSÁSUA-ZARAGOZA

18.7.1. Cálculo para la altura máxima



18.7.2. Cálculo de tubería a altura mínima



18.8. HINCA NA-160

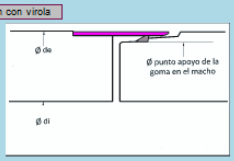
18.8.1. Cálculo para la altura máxima

DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	2500	mm
Espesor, e	300	mm
Diámetro Exterior, De	3100	mm
Altura de relleno, hr	6,45	m
Factor de apoyo	1,5	
Resistencia a compresión del hormigón, fck	40	MPa (N/mm²)
Coeficiente de seguridad (para fuerza máxima de empuje)	1,5	
Ø punto apoyo de la goma en el macho	2,8	m

Tipo de unión

Unión con virola



Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	1	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arenas y gravas	
Cohesión	2	kN/m²
λμ'	0,17	
λ	0,33	
Peso específico, γ_f	17,6	kN/m³

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	IAP 2011
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad entre 120 y 220 km/h
Tráfico de Aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Fuerza máxima de empuje	14,99	MN

Longitud máxima de hincado

Para rozamiento U_T=20 kN/m² (apartado M.7 UNE 127916)	51,29	m
Con buena lubricación	68,39	m

Cargas

Carga total	281,04	kN/m
Carga mínima de rotura	112,42	kN/m²
Carga mínima de fisuración	74,94	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

CLASE IV

Clase resistente (clasificación tipo E)

CLASE 135

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

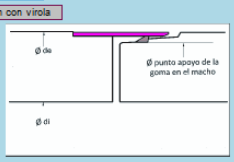
Tipo de empuje	Angulación cerrada	
Coeficiente de rozamiento interno terreno-tubo, U_t	20000	N/m²
Superficie comprimida máxima, Ac	1,25	m²
Carga debida al terreno	247,49	kN/m
Carga debida a cargas puntuales en superficie	0	kN/m
Sobreespesor al que equivale la carga distribuida, h_{eq}	0,57	m
Carga debida al tráfico	33,56	kN/m
Coeficiente de carga hinca, C_H	1,58	

DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	2500	mm
Espesor, e	300	mm
Diámetro Exterior, De	3100	mm
Altura de relleno, hr	6,45	m
Factor de apoyo	1,5	
Resistencia a compresión del hormigón, fck	40	MPa (N/mm²)
Coeficiente de seguridad (para fuerza máxima de empuje)	1,5	
Ø punto apoyo de la goma en el macho	2,8	m

Tipo de unión

Unión con virola



Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	1	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arenas y gravas	
Cohesión	49	kN/m²

A falta de estudios específicos, se recomienda no emplear un valor superior a 2 kN/m2

λμ'	0,17	
λ	0,33	
Peso específico, γ_f	17,6	kN/m³

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	IAP 2011
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad entre 120 y 220 km/h
Tráfico de Aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Fuerza máxima de empuje	14,99	MN

Longitud máxima de hincado

Para rozamiento U_T=20 kN/m² (apartado M.7 UNE 127916)	51,29	m
Con buena lubricación	68,39	m

Cargas

Carga total	-179,08	kN/m
Carga mínima de rotura	-71,63	kN/m²
Carga mínima de fisuración	-47,76	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

CLASE III

Clase resistente (clasificación tipo E)

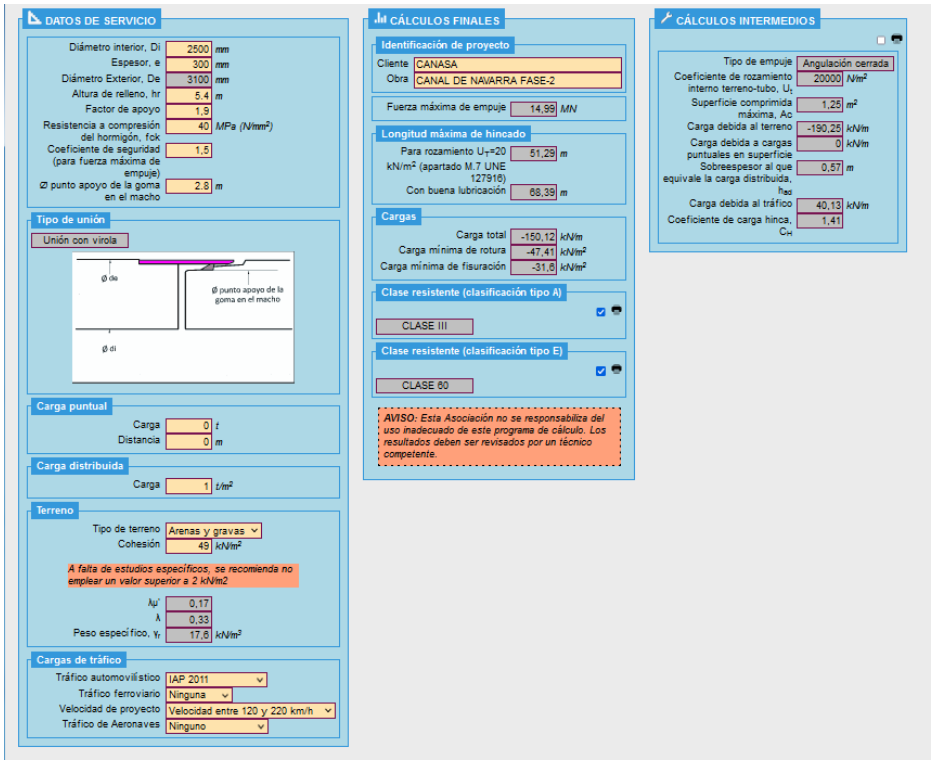
CLASE 60

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

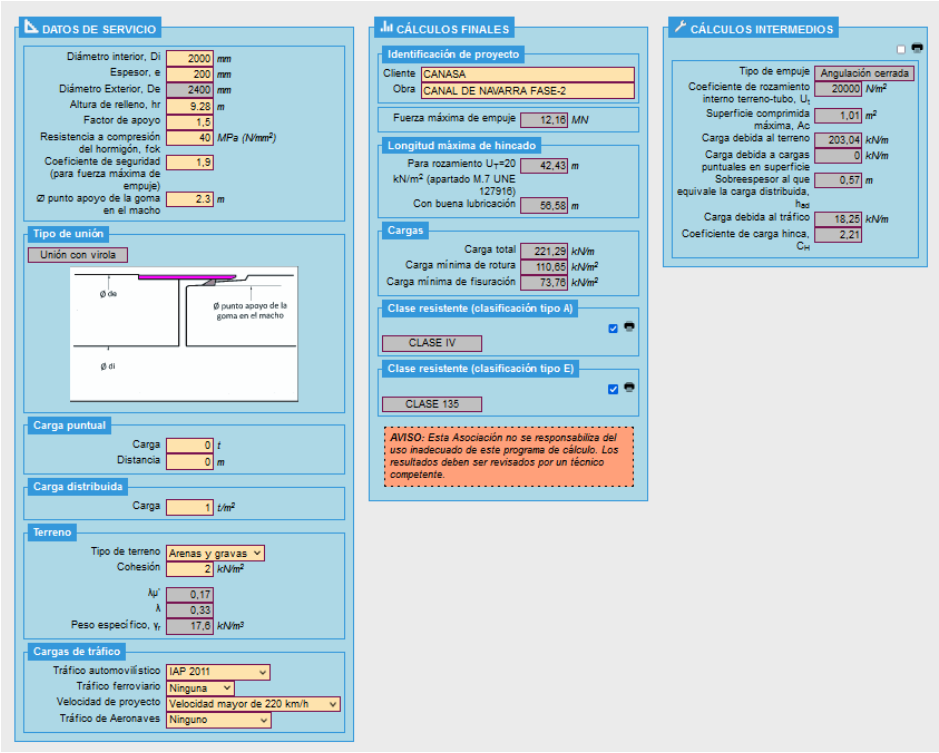
Tipo de empuje	Angulación cerrada	
Coeficiente de rozamiento interno terreno-tubo, U_t	20000	N/m²
Superficie comprimida máxima, Ac	1,25	m²
Carga debida al terreno	-212,64	kN/m
Carga debida a cargas puntuales en superficie	0	kN/m
Sobreespesor al que equivale la carga distribuida, h_{eq}	0,57	m
Carga debida al tráfico	33,56	kN/m
Coeficiente de carga hinca, C_H	1,58	

18.8.2. Cálculo de tubería a altura mínima

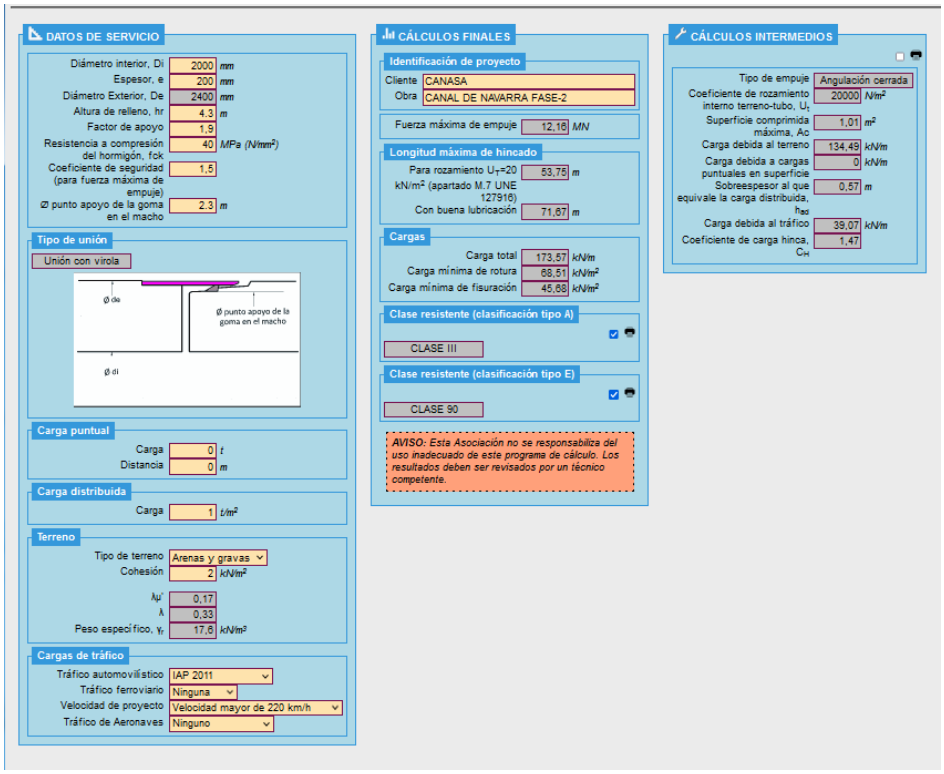


18.9. HINCA AP68

18.9.1. Cálculo para la altura máxima

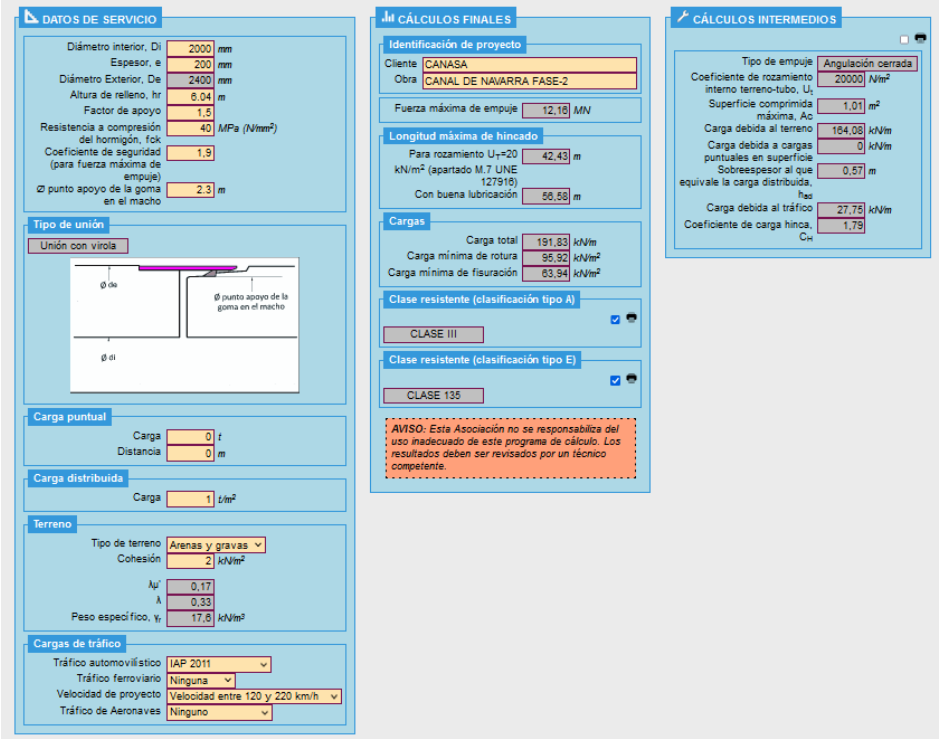


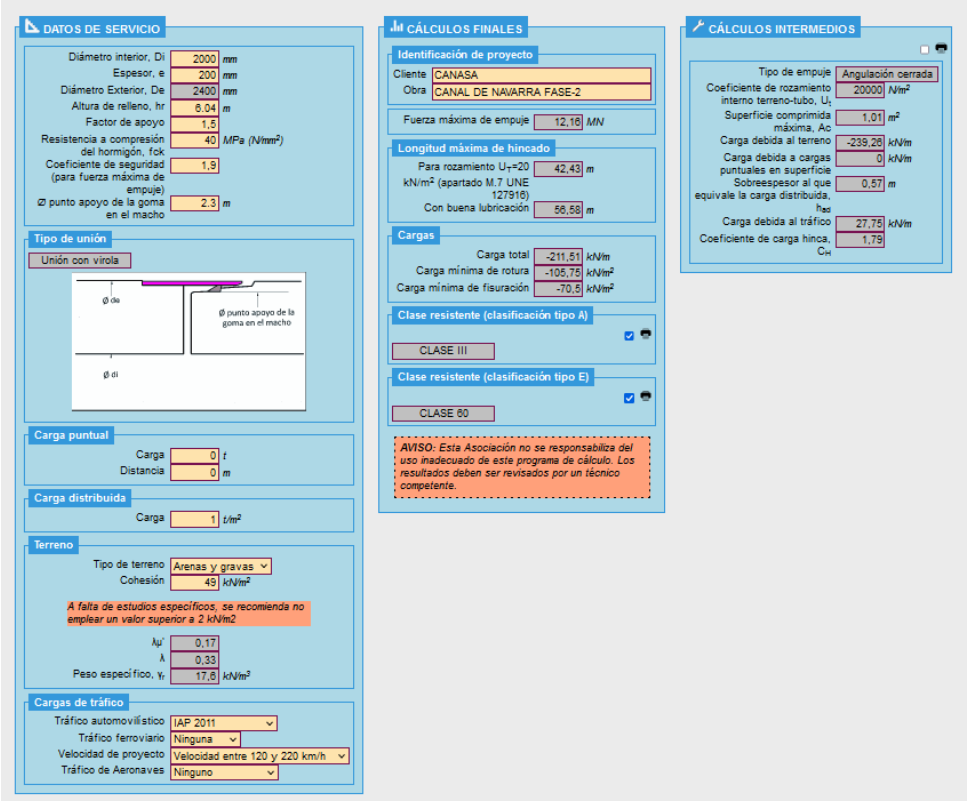
18.9.2. Cálculo de tubería a altura mínima



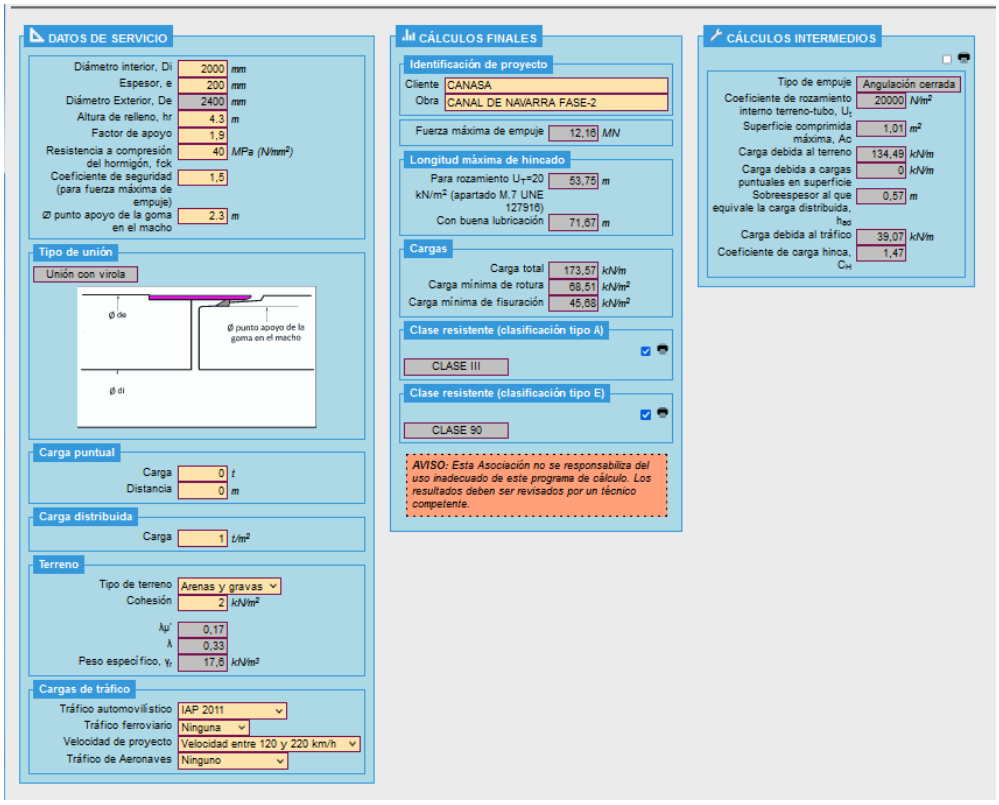
18.10. HINCA N-113

18.10.1. Cálculo para la altura máxima





18.10.2. Cálculo de tubería a altura mínima



DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	2000	*mm*
Espesor, e	200	*mm*
Diámetro Exterior, De	2400	*mm*
Altura de relleno, hr	4,3	*m*
Factor de apoyo	1,9	
Resistencia a compresión del hormigón, fck	40	*MPa (N/mm²)*
Coeficiente de seguridad (para fuerza máxima de empuje)	1,5	
Ø punto apoyo de la goma en el macho	2,3	*m*

Tipo de unión

Unión con virola

Carga puntual

Carga	0	*t*
Distancia	0	*m*

Carga distribuida

Carga	1	*t/m²*

Terreno

Tipo de terreno	Arenas y gravas	
Cohesión	49	*kN/m²*

A falta de estudios específicos, se recomienda no emplear un valor superior a 2 kN/m2

λ_μ'	0,17	
λ	0,33	
Peso específico, γ_T	17,6	*kN/m³*

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	IAP 2011
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad entre 120 y 220 km/h
Tráfico de Aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Fuerza máxima de empuje	12,16	*MN*

Longitud máxima de hincado

Para rozamiento U_T=20 kN/m² (apartado M.7 UNE 127916)	53,75	*m*
Con buena lubricación	71,67	*m*

Cargas

Carga total	-157,04	*kN/m*
Carga mínima de rotura	-61,99	*kN/m²*
Carga mínima de fisuración	-41,33	*kN/m²*

Clase resistente (clasificación tipo A)

CLASE III

Clase resistente (clasificación tipo E)

CLASE 60

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Tipo de empuje	Angulación cerrada	
Coeficiente de rozamiento interno terreno-tubo, U_T	20000	*N/m²*
Superficie comprimida máxima, Ac	1,01	*m²*
Carga debida al terreno	-196,11	*kN/m*
Carga debida a cargas puntuales en superficie	0	*kN/m*
Sobreespesor al que equivale la carga distribuida, h_{ed}	0,57	*m*
Carga debida al tráfico	39,07	*kN/m*
Coeficiente de carga hinca, C_H	1,47	

19. APÉNDICE 7.2.9: CÁLCULO DE SUBSIDENCIAS EN HINCAS

COMPROBACIÓN DE ESTIMACIÓN DE SUBSIDENCIAS. MÉTODO SEMIEMPÍRICO

	N-128	N-134	FFCC	AP68	N-160	N-113
TOLERANCIAS						
Asiento máximo ($\delta_{máx}$ (mm))= 3mm para AVE, 10mm para carreteras y FFCC	10,00	10,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Deformación volumétrica (Vs (%))=	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Movimiento horizontal (Umax)=0,1 (FFCC), 0,3(carreteras), 0,1 (AVE)	0,30	0,30	0,10	0,30	0,30	0,30
0,- DATOS DE HINCA						
Cota de rasante plataforma	326,11	262,80	270,74	364,00	371,55	379,45
Cota de rasante hinca	317,49	252,96	257,20	353,89	362,75	371,25
Altura s/clave	6,12	7,34	11,04	8,11	6,30	6,20
Diámetro interior (m)	2,50	2,50	2,50	2,00	2,50	2,00
espesor (m)	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0,20
De =m (diámetro exterior)	3,10	3,10	3,10	2,40	3,10	2,40
Tipo de hinca	Escudo cerrado	Escudo cerrado	Escudo cerrado	Escudo abierto	Escudo abierto	Escudo abierto

1.-Parámetros geotécnicos

Características del terreno SOBRE HINCA

CAPA-1:

Tipo de terreno	Rellenos seleccionados	Rellenos seleccionados	Rellenos seleccionados	Rellenos seleccionados	Rellenos seleccionados	Rellenos seleccionados
Cota de rasante capa-1	326,11	262,80	270,74	364,00	371,55	379,45
Cota inferior estimada capa-1	325,17	260,48	263,00	361,00	370,95	377,78
Potencia (m)	0,94	2,32	7,74	3,00	0,60	1,67
w =t/m3 (peso especifico del relleno)	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
c =t/m2 (cohesión del terreno)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Angulo de rozamiento interno (º) del terreno	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Módulo de deformación estimado (Rellenos antópico=600-800; suelos seleccionados 8000-1500; margas arenosas=600-1500;gravas 2500-6500; lutitas-terciario=15000)	8000,00	8000,00	8000,00	8000,00	8000,00	8000,00
Coef. De poison estimado	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

CAPA-2:

Tipo de terreno	Gravas arenosas	Gravas arenosas	Gravas	Terciario	Terciario	Gravas y bolos cementados
Cota superior superior estimada capa-2	325,17	260,48	263,00	361,00	370,95	377,78
Cota inferior estimada s/sondeos capa-2	322,80	254,30	257,00	351,00	360,95	367,78
Potencia (m)	2,37	6,18	6,00	10,00	10,00	10,00
w =t/m3 (peso especifico del relleno)	2,10	2,10	2,10	2,30	2,30	2,10
c =t/m2 (cohesión del terreno)	0,00	0,00	0,00	5,00	5,00	1,00
Angulo de rozamiento interno (º) del terreno	33,00	33,00	38,00	30,00	30,00	30,00
Módulo de deformación estimado (Rellenos antópico=600-800; suelos seleccionados 8000-1500; margas arenosas=600-1500;gravas 2500-6500; lutitas-terciario=15000)	2500,00	2500,00	2500,00	15000,00	15000,00	6500,00
Coef. De poison estimado	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29

CAPA-3:

Tipo de terreno	Gravas-bolos	Gravas-bolos	Arcillas margosas	Terciario	Terciario	Gravas y bolos cementados
Cota superior superior estimada capa-3a	322,80	254,30	257,00	351,00	360,95	367,78
Cota inferior estimada s/sondeos capa-3a	316,50	252,23	247,00	341,00	350,95	357,78
Potencia (m)	6,30	2,07	10,00	10,00	10,00	10,00
w =t/m3 (peso específico del relleno)	2,10	2,10	2,20	2,30	2,30	2,10
c =t/m2 (cohesión del terreno)	0,00	0,00	5,00	5,00	5,00	1,00
Angulo de rozamiento interno (º) del terreno	38,00	38,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Módulo de deformación estimado (Rellenos antópico=600-800; suelos seleccionados 8000-1500; margas arenosas=600-1500;gravas 2500-6500; lutitas-terciario>=15000; margas yesíferas =>20.000)	6500,00	6500,00	15000,00	15000,00	15000,00	6500,00
Coef. De poison estimado	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29

CAPA-4:

Tipo de terreno	Lutitas	Lutitas	Arcillas margosas	Terciario	Terciario	Terciario
Cota superior superior estimada capa 3b	316,50	279,20	247,00	341,00	350,95	357,78
Cota inferior estimada s/sondeos capa3b	306,50	269,20	237,00	331,00	340,95	347,78
Potencia (m)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
w =t/m3 (peso específico del relleno)	2,30	2,30	2,20	2,30	2,30	2,30
c =t/m2 (cohesión del terreno)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Angulo de rozamiento interno (º) del terreno	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Módulo de deformación estimado (Rellenos antópico=600-800; suelos seleccionados 8000-1500; margas arenosas=600-1500;gravas 2500-6500; lutitas-terciario>=15000; margas yesíferas =>20.000)	15000,00	15000,00	15000,00	15000,00	15000,00	15000,00
Coef. De poison estimado	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29

VALORES PROMEDIO						
H: Profundidad eje excavación	7,07	8,29	11,99	8,91	7,25	7,00
Valores ponderados de Módulo de deformación (t/m2)	5.359	50.400	5.598	13.385	14.604	6.715
Valores ponderados de densidad aparente (t/m3)	2,07	1,85	1,92	2,15	2,26	2,04
Valores ponderados de módulo de Coef. Poison	0,29	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29

3.-Cálculo de la posición del punto de inflexión i

sobreexcavación (cm)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
D: Diámetro de la excavación	3,15	3,15	3,15	2,45	3,15	2,45
H: Profundidad eje excavación	7,07	8,29	11,99	8,91	7,25	7,00
η: Coeficiente que varía desde 0,7 en suelos poco cohesivos y flojos, a 1,0 en suelos rígidos	0,70	0,70	0,70	1,00	1,00	1,00
i/D = η*(0,52*H/D - 0,21)	0,67	0,81	1,24	1,68	0,99	1,28
i (m)=	**2,11**	**2,55**	**3,90**	**4,12**	**3,11**	**3,13**

4-Cálculo del asiento máximo que puede producir la excavación, dmáx

ψ: y: Coeficiente que introduce la influencia del proceso constructivo y que puede valer 0,5 en suelos arcillo-arenosos rígidos y arcillas rígidas (tosco y arenas tosquizas de Madrid) y 0,4 en arcillas rígidas (peñuelas de Madrid). En túneles con escudo abierto, mala entibación y retraso de inyección de contacto, y puede llegar a valer del orden de 0,75 y en el caso de parada de túneles sin presión en el frente alcanza el valor de 1,0.	0,75	0,75	0,75	0,50	0,50	0,50
γ: Densidad aparente (t/m3)	2,07	1,85	1,92	2,15	2,26	2,04
D: Diámetro de la excavación (m)	3,15	3,15	3,15	2,45	3,15	2,45
E: Módulo de deformación en descompresión (t/m2)	5.358,56	50.399,88	5.598,25	13.384,62	14.603,77	6.714,65
υ: Módulo de Poisson	0,29	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29
$\delta_{máx}$ (mm)= $\psi^*\gamma^*D^2/E^*(0,85-\upsilon)$	**1,61**	**0,15**	**1,45**	**0,27**	**0,43**	**0,51**
¿Cumple tolerancia?	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**

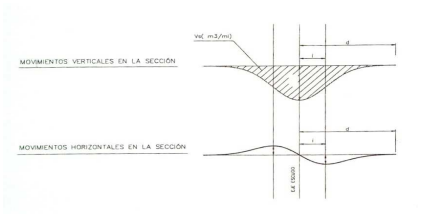
5- Cálculo del volumen de asientos, Vs

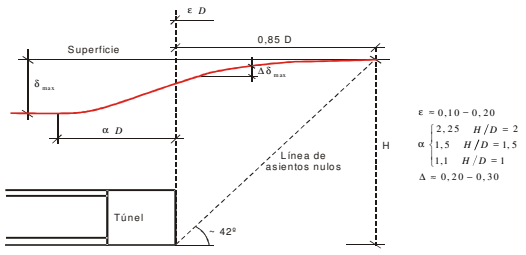
Vs (m3/m) = 2,5 * $\delta_{máx}$ * i	**0,01**	**0,00**	**0,01**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
Volúmen de excavación del túnel (m3/ml)	7,79	7,79	7,79	4,71	7,79	4,71
Vs (%) = (Vs/V)*100	**0,11**	**0,01**	**0,18**	**0,06**	**0,04**	**0,09**
¿Cumple tolerancia?	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**

6.-Cálculo del movimiento horizontal máximo $U_{máx}$:

H/D	2,24	2,63	3,81	3,64	2,30	2,86
ε = 0,30 si H/D es menor o igual que 2;0,65 si H/D es mayor de 2 y menor o igual que 5; 1 si H/D es mayor que 5	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
$U_{máx}$ = ε * $\delta_{máx}$	**1,05**	**0,10**	**0,94**	**0,18**	**0,28**	**0,33**
¿Cumple tolerancia?	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**	**cumple**

La curva de movimientos verticales se asemeja a una curva de Gauss





RESUMEN DE RESULTADOS	N-128	N-134	FFCC	AP68	N-160	N-113
Cota de rasante plataforma	326,11	262,80	270,74	364,00	371,55	379,45
Cota de rasante	317,49	252,96	257,20	353,89	362,75	371,25
Diámetro interior (m)	2,50	2,50	2,50	2,00	2,50	2,00
Tipo de excavación	Escudo cerra	Escudo cerra	Escudo cerra	Escudo abiert	Escudo abiert	Escudo abiert
i (m)=	2,11	2,55	3,90	4,12	3,11	3,13
dmáx (mm)	1,61	0,15	1,45	0,27	0,43	0,51
Vs (%) = (Vs/V)*100 (m3/ml)	0,11	0,01	0,18	0,06	0,04	0,09
Movimiento horizontal $U_{máx}$ (mm)= ε * $\delta_{máx}$	1,05	0,10	0,94	0,18	0,28	0,33

20. APÉNDICE 7.2.10: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO EN ZANJAS

El presente apartado se corresponde al cálculo mecánico de las tuberías de hormigón armado a instalar en obras de drenaje, desagüe de la tomas y reposiciones de servicio para diámetros DN 600, 800mm, 1000 mm y 1.200 mm.

20.1. TUBERÍA DE DN 600 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

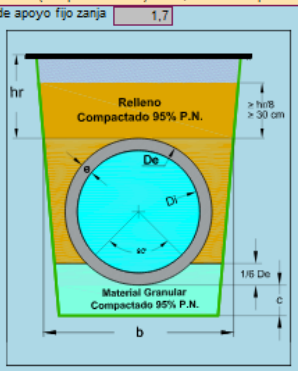
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	600	mm
Espesor, e	75	mm
Diámetro Exterior, De	750	mm
Altura de relleno, hr	1	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	2,85	m
Ancho de zanja, b	1,6	m
Factor de apoyo terraplén	2	
Factor de apoyo progresivo	2	
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo granular (compact.95% PN) a 90°, relleno compact.95% PN

Factor de apoyo fijo zanja: 1,7



Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arcilla Ordinaria	
λμ'	0,13	
λ	0,33	
Peso específico, γ_T	19,2	kN/m³
Tipo de base	Suelo Natural Ordinario	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Triple eje de 60 t
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad no mayor de 120 km/h
Tráfico de aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja y zanja progresiva	49,24	kN/m
Terraplén	38,09	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja (tradicional)	56,02	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	47,62	kN/m²
En condición de terraplén	47,62	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja por los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la inferior carga del prisma central, de ancho De (considerablemente menor al ancho de zanja, b).

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja (tradicional)	37,35	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	31,74	kN/m²
En condición de terraplén	31,74	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja	CLASE I
Zanja progresiva	CLASE I
Terraplén	CLASE I

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja	CLASE 60
Zanja progresiva	CLASE 60
Terraplén	CLASE 60

(*) Opción recomendada

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,1	m
Resguardo mínimo según UNE-EN 1610	0,2	m
Razón de asentamiento, δ	0,5	
Razón de proyección, η	1	
Anchura de transición	1,03	m
Altura del plano de igual asentamiento terraplén	1,4	m
Carga debida al tráfico, qm	20,88	kN/m
Coeficiente de carga zanja, C_Z	0,92	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,2	

Carga debida al terreno

Zanja	28,35	kN/m
Terraplén	17,21	kN/m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Carga (zanja)	0	kN/m
Altura adicional (terraplén)	0	m
Carga (terraplén), qm	0	kN/m

20.2. TUBERÍA DE DN 600 MM + HR=2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

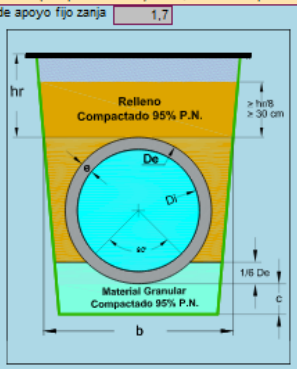
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	600	mm
Espesor, e	75	mm
Diámetro Exterior, De	750	mm
Altura de relleno, hr	2.5	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	2,85	m
Ancho de zanja, b	1,6	m
Factor de apoyo terraplén	2	
Factor de apoyo progresivo	2	
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo granular (compact.95% PN) a 90°, relleno compact.95% PN

Factor de apoyo fijo zanja: 1,7



Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arcilla Ordinaria	
λμ'	0,13	
λ	0,33	
Peso específico, γ_r	19,2	kN/m³
Tipo de base	Suelo Natural Ordinario	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Triple eje de 60 t
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad no mayor de 120 km/h
Tráfico de aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja y zanja progresiva	77,77	kN/m
Terraplén	66,34	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja (tradicional)	97,56	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	82,93	kN/m²
En condición de terraplén	82,93	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja por los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la inferior carga del prisma central, de ancho De (considerablemente menor al ancho de zanja, b).

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja (tradicional)	65,04	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	55,29	kN/m²
En condición de terraplén	55,29	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja ☑	CLASE IV
Zanja progresiva ☑	CLASE III
Terraplén ☑	CLASE III

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja ☑	CLASE 135
Zanja progresiva ☑	CLASE 90
Terraplén ☑	CLASE 90

(*) Opción recomendada

***AVISO:** Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.*

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,1	m
Resguardo mínimo según UNE-EN 1610	0,2	m
Razón de asentamiento, δ	0,5	
Razón de proyección, η	1	
Anchura de transición	1,37	m
Altura del plano de igual asentamiento terraplén	1,4	m
Carga debida al tráfico, qm	14,66	kN/m
Coeficiente de carga zanja, C_Z	0,82	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,44	

Carga debida al terreno

Zanja	63,11	kN/m
Terraplén	51,69	kN/m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Carga (zanja)	0	kN/m
Altura adicional (terraplén)	0	m
Carga (terraplén), qm	0	kN/m

20.1. TUBERÍA DE DN 800 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

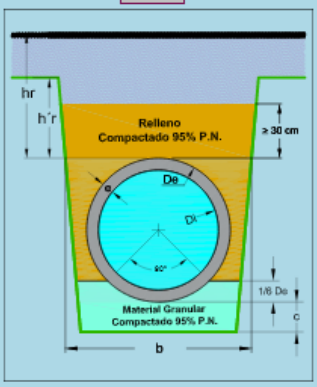
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	800	mm
Espesor, e	95	mm
Diámetro Exterior, De	990	mm
Altura de relleno, hr	1	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	3,83	m
Ancho de zanja, b	1.8	m
Factor de apoyo terraplén	2	
Factor de apoyo progresivo	2	
Altura de la zanja, h'r	1	m
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo granular (compact.95% PN) a 90°, relleno compact.95% PN

Factor de apoyo fijo zanja: 1,7



Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	1	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arcilla Ordinaria	
λμ'	0,13	
λ	0,33	
Peso específico, γ_r	19,2	kN/m³
Tipo de base	Roca	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Triple eje de 60 t
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad entre 120 y 220 km/h
Tráfico de Aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja terraplenada, tradicional y progresiva	58,51	kN/m
Terraplén	48,07	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja terraplenada (tradicional)	53,02	kN/m²
En condición de zanja terraplenada (FA progresivo)	45,07	kN/m²
En condición de terraplén	45,07	kN/m²

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja terraplenada (tradicional)	35,35	kN/m²
En condición de zanja terraplenada (FA progresivo)	30,04	kN/m²
En condición de terraplén	30,04	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja. Los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la acción del prisma central, de ancho De, en lugar del prisma de ancho b son la causa

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja terraplenada ☑	CLASE I
Zanja terrap. progresiva ☑	CLASE I
Terraplén ☑	CLASE I

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja terraplenada ☑	CLASE 60
Zanja terrap. progresiva ☑	CLASE 60
Terraplén ☑	CLASE 60

(*) Opción recomendada

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,23	m
Resguardo mínimo	0,2	m
Razón de asentamiento, δ'	-0,13	
Razón de proyección, η'	0,56	
Carga debida al tráfico	26,33	kN/m
Coeficiente de carga zanja terraplenada, C_{ZT}	0,93	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,14	

Carga debida al terreno

Zanja terraplenada	32,18	kN/m
Terraplén	21,74	kN/m
Anchura de transición	1,27	m

Altura plano de igual asentamiento

Zanja terraplenada	1,4	m
Terraplén	2,5	m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Altura de relleno adicional	0	m
Carga (zanja terraplenada)	0	kN/m
Carga (terraplén)	0	kN/m

20.2. TUBERÍA DE DN 800 MM + HR2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

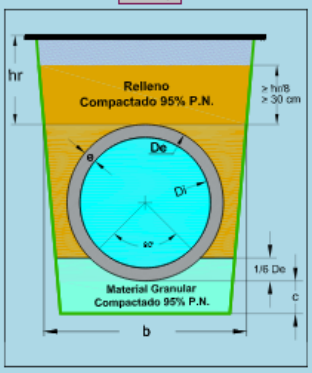
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	800	mm
Espesor, e	95	mm
Diámetro Exterior, De	990	mm
Altura de relleno, hr	2.5	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	3,57	m
Ancho de zanja, b	1.8	m
Factor de apoyo terraplén	2	
Factor de apoyo progresivo	2	
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo granular (compact.95% PN) a 90°, relleno compact.95% PN

Factor de apoyo fijo zanja: 1,7



Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arcilla Ordinaria	
λμ'	0,13	
λ	0,33	
Peso específico, γ_r	19,2	kN/m³
Tipo de base	Suelo Natural Ordinario	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Triple eje de 60 t
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad no mayor de 120 km/h
Tráfico de aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja y zanja progresiva	91,24	kN/m
Terraplén	83,81	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja (tradicional)	92,44	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	78,57	kN/m²
En condición de terraplén	78,57	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja por los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la inferior carga del prisma central, de ancho De (considerablemente menor al ancho de zanja, b).

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja (tradicional)	61,62	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	52,38	kN/m²
En condición de terraplén	52,38	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja	CLASE III
Zanja progresiva	CLASE III
Terraplén	CLASE III

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja	CLASE 135
Zanja progresiva	CLASE 90
Terraplén	CLASE 90

(*) Opción recomendada

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,1	m
Resguardo mínimo según UNE-EN 1610	0,2	m
Razón de asentamiento, δ	0,5	
Razón de proyección, η	1	
Anchura de transición	1,65	m
Altura del plano de igual asentamiento terraplén	1,8	m
Carga debida al tráfico, qm	18,72	kN/m
Coeficiente de carga zanja, C_Z	0,84	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,37	

Carga debida al terreno

Zanja	72,52	kN/m
Terraplén	65,09	kN/m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Carga (zanja)	0	kN/m
Altura adicional (terraplén)	0	m
Carga (terraplén), qm	0	kN/m

20.3. TUBERÍA DE DN 1.000 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

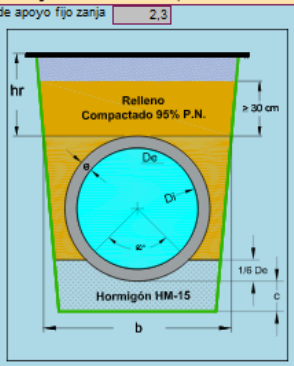
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	1000	mm
Espesor, e	100	mm
Diámetro Exterior, De	1200	mm
Altura de relleno, hr	1	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	4,2	m
Ancho de zanja, b	2	m
Factor de apoyo terraplén	4	
Factor de apoyo progresivo	4	
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo en hormigón 90° con relleno compactado 95% PN

Factor de apoyo fijo zanja: 2,3



Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arcilla Ordinaria	
λμ'	0,13	
λ	0,33	
Peso específico, γ_T	19,2	kN/m³
Tipo de base	Suelo Natural Ordinario	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Triple eje de 60 t
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad no mayor de 120 km/h
Tráfico de aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja y zanja progresiva	66,73	kN/m
Terraplén	56,44	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja (tradicional)	36,81	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	21,17	kN/m²
En condición de terraplén	21,17	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja por los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la inferior carga del prisma central, de ancho De (considerablemente menor al ancho de zanja, b).

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja (tradicional)	24,54	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	14,11	kN/m²
En condición de terraplén	14,11	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja	CLASE I
Zanja progresiva	CLASE I
Terraplén	CLASE I

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja	CLASE 60
Zanja progresiva	CLASE 60
Terraplén	CLASE 60

(*) Opción recomendada

***AVISO:** Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.*

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,1	m
Resguardo mínimo según UNE-EN 1610	0,2	m
Razón de asentamiento, δ	0,5	
Razón de proyección, η	0,85	
Anchura de transición	1,48	m
Altura del plano de igual asentamiento terraplén	2,1	m
Carga debida al tráfico, qm	30,72	kN/m
Coeficiente de carga zanja, C_Z	0,94	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,12	

Carga debida al terreno

Zanja	36,01	kN/m
Terraplén	25,73	kN/m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Carga (zanja)	0	kN/m
Altura adicional (terraplén)	0	m
Carga (terraplén), qm	0	kN/m

20.4. TUBERÍA DE DN 1.000 MM + HR2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

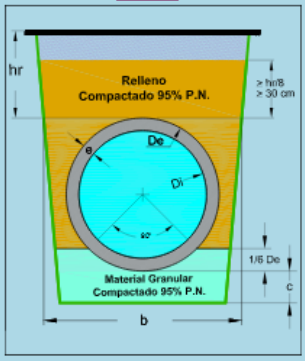
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	1000	mm
Espesor, e	110	mm
Diámetro Exterior, De	1220	mm
Altura de relleno, hr	2,5	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	4,26	m
Ancho de zanja, b	2	m
Factor de apoyo terraplén	2	
Factor de apoyo progresivo	1,99	
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo granular (compact.95% PN) a 90°, relleno compact.95% PN

Factor de apoyo fijo zanja: 1,7



La instalación se calculará en condición de zanja con Factor de apoyo variable

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arena arcillosa	
λμ'	0,15	
λ	0,33	
Peso específico, γ_r	19,2	kN/m³
Tipo de base	Suelo Natural Ordinario	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	Triple eje de 60 t
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad no mayor de 120 km/h
Tráfico de aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja y zanja progresiva	102,42	kN/m
Terraplén	102,46	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja (tradicional)	90,37	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	77,29	kN/m²
En condición de terraplén	76,85	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja por los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la inferior carga del prisma central, de ancho De (considerablemente menor al ancho de zanja, b).

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja (tradicional)	60,25	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	51,52	kN/m²
En condición de terraplén	51,23	kN/m²

La carga en la condición de terraplén es más favorable, pero no puede considerarse que la instalación está funcionando como una instalación en terraplén,

Puesto que no se ha alcanzado la anchura de transición, los empujes laterales del terreno no alcanzan toda su magnitud

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja	CLASE III
Zanja progresiva	CLASE III
Terraplén	CLASE III

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja	CLASE 135
Zanja progresiva	CLASE 90
Terraplén	CLASE 90

(*) Opción recomendada

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,1	m
Resguardo mínimo según UNE-EN 1610	0,2	m
Razón de asentamiento, δ	0,5	
Razón de proyección, η	1	
Anchura de transición	2,02	m
Altura del plano de igual asentamiento terraplén	2,1	m
Carga debida al tráfico, qm	22,37	kN/m
Coeficiente de carga zanja, C_Z	0,83	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,37	

Carga debida al terreno

Zanja	80,05	kN/m
Terraplén	80,09	kN/m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Carga (zanja)	0	kN/m
Altura adicional (terraplén)	0	m
Carga (terraplén), qm	0	kN/m

20.5. TUBERÍA DE DN 1.200 MM + HR=1M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

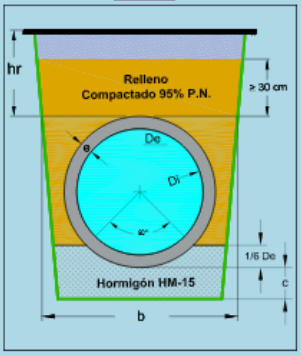
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	1000	mm
Espesor, e	100	mm
Diámetro Exterior, De	1200	mm
Altura de relleno, hr	2.5	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	4,2	m
Ancho de zanja, b	2	m
Factor de apoyo terraplén	3,28	
Factor de apoyo progresivo	3,28	
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo en hormigón 90° con relleno compactado 95% PN

Factor de apoyo fijo zanja	2,3	



Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arcilla Ordinaria	
λμ'	0,13	
λ	0,33	
Peso específico, γ_r	19,2	kN/m³
Tipo de base	Suelo Natural Ordinario	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	IAP 2011
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad no mayor de 120 km/h
Tráfico de aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja y zanja progresiva	116,86	kN/m
Terraplén	110,69	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja (tradicional)	72,19	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	50,61	kN/m²
En condición de terraplén	50,61	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja por los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la inferior carga del prisma central, de ancho De (considerablemente menor al ancho de zanja, b).

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja (tradicional)	48,13	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	33,74	kN/m²
En condición de terraplén	33,74	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja	CLASE II
Zanja progresiva	CLASE I
Terraplén	CLASE I

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja	CLASE 90
Zanja progresiva	CLASE 60
Terraplén	CLASE 60

(*) Opción recomendada

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,1	m
Resguardo mínimo según UNE-EN 1610	0,2	m
Razón de asentamiento, δ	0,5	
Razón de proyección, η	0,85	
Anchura de transición	1,88	m
Altura del plano de igual asentamiento terraplén	2,1	m
Carga debida al tráfico, qm	34,89	kN/m
Coeficiente de carga zanja, C_Z	0,85	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,32	

Carga debida al terreno

Zanja	81,96	kN/m
Terraplén	75,8	kN/m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Carga (zanja)	0	kN/m
Altura adicional (terraplén)	0	m
Carga (terraplén), qm	0	kN/m

20.6. TUBERÍA DE DN 1.200 MM + HR2.5M +CARGA TRÁFICO DE 60 TN

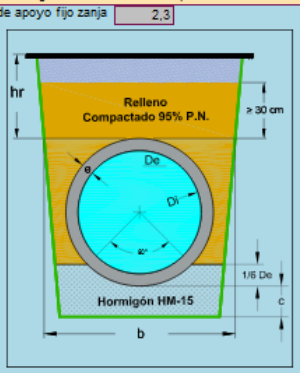
DATOS DE SERVICIO

Diámetro interior, Di	1200	mm
Espesor, e	120	mm
Diámetro Exterior, De	1440	mm
Altura de relleno, hr	2.2	m
Ancho de zanja mínimo UNE-EN 1610	4,92	m
Ancho de zanja, b	2.2	m
Factor de apoyo terraplén	3,48	
Factor de apoyo progresivo	3,48	
Talud de la zanja	45	°

Tipo de apoyo

Apoyo en hormigón 90° con relleno compactado 95% PN

Factor de apoyo fijo zanja: 2,3



Se supera la anchura de transición. La instalación se calcula en condición de terraplén

Carga puntual

Carga	0	t
Distancia	0	m

Carga distribuida

Carga	0	t/m²

Terreno

Tipo de terreno	Arcilla Ordinaria	
λμ'	0,13	
λ	0,33	
Peso específico, γ_T	19,2	kN/m³
Tipo de base	Suelo Natural Ordinario	

Cargas de tráfico

Tráfico automovilístico	IAP 2011
Tráfico ferroviario	Ninguna
Velocidad de proyecto	Velocidad no mayor de 120 km/h
Tráfico de aeronaves	Ninguno

CÁLCULOS FINALES

Identificación de proyecto

Cliente	CANASA
Obra	CANAL DE NAVARRA FASE-2

Carga total

Zanja y zanja progresiva	129,97	kN/m
Terraplén	122,82	kN/m

Carga mínima de rotura

En condición de zanja (tradicional)	66,75	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	44,09	kN/m²
En condición de terraplén	44,09	kN/m²

La condición en terraplén es favorable frente a la condición en zanja por los empujes laterales activos del terreno, que incrementan el FA y la inferior carga del prisma central, de ancho De (considerablemente menor al ancho de zanja, b).

Carga mínima de fisuración

En condición de zanja (tradicional)	44,5	kN/m²
En condición de zanja (FA progresivo)	29,39	kN/m²
En condición de terraplén	29,39	kN/m²

Clase resistente (clasificación tipo A)

(*) Zanja	CLASE II
Zanja progresiva	CLASE I
Terraplén	CLASE I

Clase resistente (clasificación tipo E)

(*) Zanja	CLASE 90
Zanja progresiva	CLASE 60
Terraplén	CLASE 60

(*) Opción recomendada

AVISO: Esta Asociación no se responsabiliza del uso inadecuado de este programa de cálculo. Los resultados deben ser revisados por un técnico competente.

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Espesor de la cama, c	0,1	m
Resguardo mínimo según UNE-EN 1610	0,2	m
Razón de asentamiento, δ	0,5	
Razón de proyección, η	0,85	
Anchura de transición	2,04	m
Altura del plano de igual asentamiento terraplén	2,5	m
Carga debida al tráfico, qm	48,14	kN/m
Coeficiente de carga zanja, C_Z	0,88	
Coeficiente de carga terraplén, C_T	1,23	

Carga debida al terreno

Zanja	81,83	kN/m
Terraplén	74,68	kN/m

Cargas puntuales en superficie

Carga	0	kN/m

Cargas distribuidas en superficie

Carga (zanja)	0	kN/m
Altura adicional (terraplén)	0	m
Carga (terraplén), qm	0	kN/m

21. APÉNDICE 7.2.10: DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS QUECONFORMAN LA TUBERÍA (AWWA-M11)

Los gajos y dimensiones de los elementos que conforman las tuberías se ejecutarán según las recomendaciones de la AWWA-M11. Se adjunta copia.

Sec. 4.1 Fittings

4.1.1 *General.* All dimensions for fittings in Table 1 of this standard are based on the nominal diameter being the actual outside diameter (OD) of the pipe. Actual outside diameters may be larger than the nominal pipe diameter. If the outside diameter of the pipe is larger than the nominal diameter, the dimensions can be calculated from the appropriate formulas.

Tangent dimensions provided in Table 1 or calculated by the formulas are minimum dimensions for fittings with plain ends or beveled ends for field welding. Additional length may be necessary for other types of joint connections such as mechanical couplings, bells, spigots, flanges, etc., or to maintain adequate distance from the reinforcement saddle to the pipe end.

4.1.2 *Symbols.* Symbols used in formulas and dimensions in this standard are as follows:

a = Additional length as required to meet joint requirements or for locating the point of intersection (PI) of the elbow at the desired spot (Figures 2C, 2D, 2E, and 2F).

A = Length of tee or cross from centerline to end (Figures 1A, 1B, and 1C).

B = Length of reducing tee from centerline to end (Figure 1C).

C = Centerline length from point of intersection of wye to the segmental weld at wye branch (Figure 1E).

D = Outside diameter of steel cylinder.

D_o = Outside diameter of steel cylinder of a branch outlet of a reducing tee or lateral of unequal diameter.

D_1 and D_2 = Outside diameter of steel cone at ends of reducer as shown in Figure 1F.

D_r = Outside diameter of reinforcing collar.

E = One half of elbow segment length on centerline equals centerline length from miter weld to tangent line (Figure 2).

F = Centerline length from the point of intersection of wye to the end of the pipe (Figure 1E and Table 1).

f = Formula factor (Table 1).

f_r = Formula factor (Table 1) corresponding to D of a tee or lateral.

f_o = Formula factor (Table 1) corresponding to D_o of a tee or lateral.

G = Centerline length from the point of intersection of wye to crotch intersection along the branch leg of wye (Figure 1E and Table 1).

G_o = Centerline length of leg in lateral from point of intersection of lateral to end of leg (Figure 1D).

G_r = Centerline length of run in lateral from point of intersection of lateral to end of run (Figure 1D).

H_L = Overall length of run in a lateral (Figure 1D).

H_y = Overall length of branch leg of wye from the point of intersection to end (Figure 1E and Table 1).

L = Centerline distance from the point of intersection of the elbow to the miter weld on the inside of the elbow segment as shown in Figure 2.

L_1 = Centerline distance from the point of intersection of the elbow to the end of the pipe (Figure 2).

L_r = Length of a reducer of diameters D_1 and D_2.

L_t = Length of tangential type outlet, centerline to end of pipe (Figure 3).
M = Length of outlet from centerline of run to intersection of reinforcing collar and top of outlet (Figure 3).
R = Radius to centerline of elbow (Figure 2).
S = Length of inside segment of fabricated elbow (Figure 2).
t = Thickness of pipe or fitting wall.
t_1 = Thickness of outlet or nozzle (Figure 3).
T = Elbow length from point of intersection to tangent line (Figure 2).
T_R = Thickness of reinforcement collar (Figure 3).
Z_1 = Distance from the end of the pipe to crotch intersection on wye as shown in Figure 1E.
Z_2 = Distance from end of pipe to miter weld on the inside of the elbow segment as shown in Figures 2C, 2D, and 2E.
Z_3 = Length of a tangent-type outlet, from the intersection at the top of the outlet and reinforcing collar to the end of the outlet.
α = Angle developed between vertical centerline of pipe run and intersection of outside diameter of reinforcing collar and top of outlet (Figure 3).
θ = Angle of the fitting being designed, as defined in Figures 1 or 2.
Δ = Total elbow deflection angle as shown in Figure 2.

4.1.3 *Tees and crosses.* Minimum dimensions for tees and crosses are given in Table 1. (Refer to Figures 1A and 1B.) Dimension A can be calculated using the following formula:

$$A = 0.5D + f$$

4.1.4 *Reducing tees and reducing crosses.* Minimum dimensions for reducing tees and reducing crosses are given in Table 1. (Refer to Figure 1C.) Dimensions A and B can be calculated using the following formulas:

$$A = 0.5D + f_o$$

$$B = 0.5D_o + f_r$$

4.1.5 *Laterals, Case 1 (equal diameters).* Minimum dimensions for laterals of equal diameters and suitable for angle θ of 30° to 70° are given in Table 1. (Refer to Figure 1D, Case 1 [equal diameters]). For an angle θ greater than 70°, use the dimension given for tees. (Refer to Figure 1A.) For an angle θ less than 30°, use 30° lateral wye plus an elbow. (Refer to Figure 4.)

Dimensions G_r, G_o, and H_L can be calculated for other outside diameters and a specific angle between run and outlet using the following formulas:

$$G_o^* = \left(\frac{D}{2\tan(\theta/2)}\right) + 2f_o$$

$$G_r = \left(\frac{D}{2\tan(\theta/2)}\right) + 2f_r$$

$$H_L^* = \left(\frac{D}{\sin\theta}\right) + 3f$$

*Round up to whole number.

4.1.6 *Laterals, Case II (unequal diameters).* Minimum dimensions for laterals of unequal diameters and suitable for angle θ of 30° to 70° are given in Table 1. (Refer to Figure 1D, Case II [unequal diameters]). For angles greater than 70°, use the dimension given for tees. (Refer to Figure 1C.) For angle θ less than 30°, use 30° lateral wye plus an elbow. (Refer to Figure 4.)

When the outlet diameter (D_o) is less than the run diameter (refer to Figure 1D, Case II, unequal diameters), minimum dimensions G_r, G_o, and H_L can be calculated using the following formulas:

$$G_r = \frac{D}{2\tan\theta} + \frac{D_o}{2\sin\theta} + 2f_r$$

$$H_L = G_r + f_r$$

$$G_o = \frac{D}{2\sin\theta} + \frac{D_o}{2\tan\theta} + 2f_o$$

4.1.7 *Wyes.* Minimum dimensions for 90° wyes are given in Table 1. (Refer to Figure 1E.) Other angles from 90° to 30° may be used. Minimum dimensions F, G, Z_1, and H_y can be calculated using the following formulas:

Where θ = angle of the fitting as defined in Figure 1E.

$$Z_1 = \frac{f}{\sin \theta/2}$$

$$C = \frac{\left(\frac{0.5D}{\cos \theta/2} - 0.5D\right)}{\tan \theta/2}$$

$$G = \frac{0.5D}{\tan \theta/2}$$

$$F = C + f$$

$$H_y = Z_1 + G$$

4.1.8 *Concentric and eccentric reducers.* The length of reducers L_r is calculated by the following formula. (Refer to Figure 1F.)

$$L_r = 4(D_2 - D_1)$$

NOTE: If length is less than the prior formula, consult AWWA Manual M11 for design stress considerations.

4.1.9 *Tangential outlets.* In special circumstances where a standard nozzle and 90° elbow cannot be used, a tangent nozzle may be used. Recommended dimensions are shown in Figure 3. Dimension L_t should be kept as short as possible to avoid damage during shipping and handling but long enough to allow for flange clearance. If necessary to enable the valve operator to clear the outside diameter of the run pipe, a flanged nipple should be used to extend the connection as required.

Minimum dimension L_t can be calculated using the following formulas:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{0.5D - D_o}{0.5D + t + T_r}\right)$$

$$M = (0.5D + t + T_r)\sin\alpha$$

$$Z_3 = \frac{f}{\sin\alpha}$$

$$L_t = M + Z_3$$

4.1.10 *Miter end cuts.*

4.1.10.1 Welded lap joints. Deflection angles up to 5° can be taken in welded lap joints using miter cut bell ends, provided that bell and spigot tolerances are maintained. In this procedure, the pipe end is miter cut and then the bell is expanded square with the face of the miter cut (see Figure 2B). Spigot ends may also be miter cut, provided that bell to spigot tolerances are maintained. A combination of standard miter cuts and pulled joints may also be used.

4.1.10.2 Welded butt joints. Deflection angles up to 5° can be taken in welded butt joints using miter end cuts of one or both pipe ends, provided that the difference in circumference of the true circle and the ellipse formed by the miter end cut does not result in a joint fit-up that would exceed the allowable plate edge offset (see Figure 2A).

4.1.11 *Elbows.*

4.1.11.1 In specifying dimensions of elbows, the designer should consider the hydraulic characteristics, space requirements, manufacturing restraints, stress considerations, and the cost–benefit ratio over the expected life of the pipeline. The optimum radius for a fabricated elbow based on these considerations is 2.5 pipe diameters. This radius is recommended as a standard for water transmission lines where space requirements permit. For elbows in plant piping, where space is limited, a radius of one pipe diameter or 1.5 pipe diameters is suggested as a standard, provided stress intensification factors are used. If the radius is less than 2.5D, the thickness of the shell must be calculated using the equation in Sec. 9.2 of AWWA Manual M11.

4.1.11.2 Wrought steel. In small diameters (4-in. to 24-in.), steel butt-welding fittings in accordance with ANSI B16.9 conforming to ASTM A234 are available in schedules and grades suitable for the waterworks service and are often an economical alternative to fabricated elbows.

4.1.11.3 Fabricated elbows. Most waterworks pipe manufactured today is produced to a nominal inside diameter after lining. This results in many different outside diameters, making a standard table of dimensions impractical and of little value. Consequently, Tables 2A, 2B, and 2C from the previous (1983) edition of this standard have been eliminated. The following guidelines for dimensioning fabricated steel pipe elbows are recommended:

Referring to Figure 2,

1. Recommended radius $R = 2.5D$; minimum radius $R = D$.
2. Minimum Z_2 = Formula Factor f from Table 1.

   NOTE: This represents good practice that will assist in maintaining the roundness of pipe ends.

3. Minimum S = 1.5 in. or 6t, whichever is greater.

NOTE: This represents good practice to control welding stresses and dimensional tolerances.

4. Recommended maximum deflection angle, $\Delta = 22.5°$ per miter weld.
   The maximum deflection angle, $\Delta = 30°$ per miter weld.
5. For two-piece elbows:
   $0° < \Delta \leq 22.5°$
   Minimum $L_1 = L + Z_2$, where
   Example: Given a 24-in. OD 22.5° elbow in a 40-ft pipe length:

$$L = \frac{24}{2}\tan\left(\frac{22.5°}{2}\right) = 2.387 \text{ in.}$$

$$L_1 = L + Z_2 = 2.387 \text{ in.} + 10 \text{ in.} = 12.387 \text{ in. (Round off to 12 in.)}$$

6. Three-, four-, and five-piece elbows:
   For $22.5° < \Delta \leq 45°$ use three-piece elbow; $\theta = \Delta/2$.
   For $45° < \Delta \leq 67.5°$ use four-piece elbow; $\theta = \Delta/3$.
   For $67.5° < \Delta \leq 90°$ use five-piece elbow; $\theta = \Delta/4$.
   Dimension $L_1 = L + Z_2 + T - E$

Where:

Dimension	Radius R^* $R = 2.5D$	$R = 1.5D$	$R = D$
S	$4D \tan \theta/2$	$2D \tan \theta/2$	$D \tan \theta/2$
L	$0.5D \tan \theta/2$	$0.5D \tan \theta/2$	$0.5D \tan \theta/2$
T	$2.5D \tan \Delta/2$	$11.5D \tan \Delta/2$	$D \tan \Delta/2$
E	$2.5D \tan \theta/2$	$1.5D \tan \theta/2$	$D \tan \theta/2$
Z_2	f, Table 1	f, Table 1	f, Table 1

*R of $2.5D$ is recommended for water mains; D is recommended minimum.

In certain applications, compound elbows and reducing elbows may be used. See Figures 5 and 6 for geometric relationships.

NOTE: The aforementioned guidelines for dimensioning fabricated steel pipe elbows represent good practice for water transmission mains. Miter cuts greater than 22.5° may be used with consideration given for increased stresses. Consult Sec. 9.2 of AWWA Manual M11. Many waterworks design firms allow radii of less than the pipe inside diameter and thetas (θ) greater than 22.5°.

Table 1 Dimensions of steel water pipe fittings (dimensions in inches)*†

Nominal Diameter D		Tees, Crosses A		Wyes 90° F		Laterals (θ = 30° Minimum‡) G_r		H_L		Formula Factor§ f
in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	in.	(mm)	
6 (6⅝ OD**)	(150)	8	(203)	6	(152)	23	(584)	29	(737)	5
8 (8⅝ OD)	(200)	9	(229)	7	(178)	27	(686)	33	(838)	5
10 (10⅝ OD)	(250)	11	(279)	8	(203)	32	(813)	40	(1,016)	6
12 (12¾ OD)	(300)	12	(305)	9	(229)	36	(914)	44	(1,118)	6
14	(350)	14	(356)	10	(254)	41	(1,041)	49	(1,245)	7
16	(400)	15	(381)	10	(254)	44	(1,118)	53	(1,325)	7
18	(450)	16	(406)	11	(279)	49	(1,245)	59	(1,499)	7.5
20	(500)	18	(457)	12	(305)	54	(1,372)	64	(1,626)	8
22	(550)	20	(508)	14	(356)	60	(1,524)	71	(1,803)	9
24	(600)	22	(559)	15	(381)	65	(1,651)	78	(1,981)	10
30	(750)	25	(635)	16	(406)	76	(1,930)	90	(2,286)	10
36	(900)	29	(737)	19	(483)	90	(2,286)	105	(2,667)	11
42	(1,050)	33	(838)	21	(533)	103	(2,616)	120	(3,048)	12
48	(1,200)	36	(914)	22	(559)	114	(2,896)	132	(3,353)	12
54	(1,350)	41	(1,041)	25	(635)	129	(3,277)	150	(3,810)	14
60	(1,500)	45	(1,143)	26	(660)	140	(3,556)	162	(4,115)	14
66	(1,650)	48	(1,219)	29	(737)	154	(3,912)	177	(4,496)	15
72	(1,800)	51	(1,295)	30	(762)	165	(4,191)	189	(4,801)	15
78	(1,950)	55	(1,397)	32	(813)	178	(4,521)	204	(5,182)	16
84	(2,100)	59	(1,499)	34	(864)	191	(4,851)	219	(5,563)	17
90	(2,250)	62	(1,575)	36	(914)	202	(5,131)	231	(5,867)	17
96	(2,400)	66	(1,676)	38	(965)	216	(5,486)	246	(6,248)	18
102	(2,550)	70	(1,778)	40	(1,016)	229	(5,817)	261	(6,629)	19
108	(2,700)	74	(1,880)	42	(1,067)	242	(6,147)	276	(7,010)	20
114	(2,850)	78	(1,981)	45	(1,143)	255	(6,477)	291	(7,391)	21
120	(3,000)	82	(2,083)	47	(1,194)	268	(6,807)	306	(7,772)	22
126	(3,150)	86	(2,184)	49	(1,245)	282	(7,163)	321	(8,153)	23
132	(3,300)	90	(2,286)	51	(1,295)	295	(7,493)	336	(8,534)	24
138	(3,450)	94	(2,388)	54	(1,372)	308	(7,823)	351	(8,915)	25
144	(3,600)	98	(2,489)	56	(1,422)	321	(8,153)	366	(9,296)	26

*For elbow dimension: see Sec. 4.1.11.3 and Figure 2.

†Add additional length to these dimensions when necessary for flanged, mechanical couplings, or bell and spigot joints, or as needed to meet other design conditions.

‡Lateral wye dimensions given cover 30°–70° angles; for angles greater than 70°, use dimension given for tees; for angles less than 30°, use 30° lateral wye plus an elbow to fit.

§f is a factor to be used in formulas to calculate design dimensions.

**OD = outside diameter.

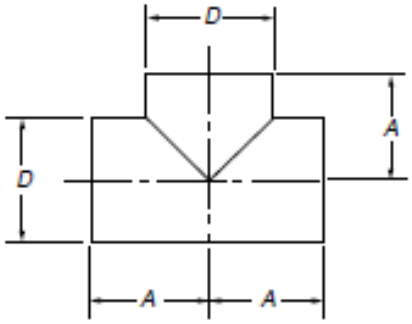


Figure 1A Tee

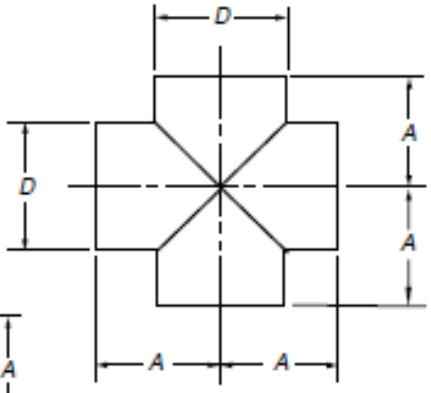


Figure 1B Cross

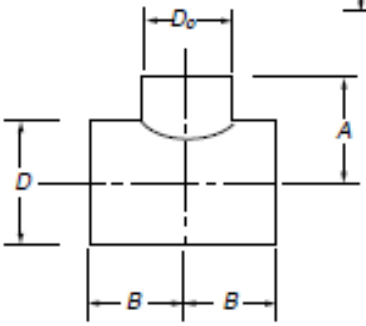


Figure 1C Reducing Tee

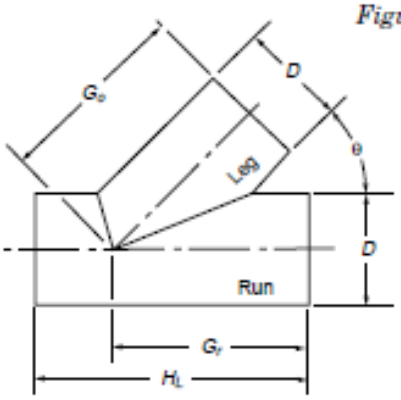


Figure 1D Case I (Equal Diameters) Lateral

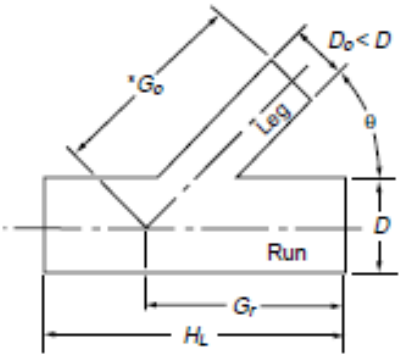


Figure 1D Case II (Unequal Diameters) Lateral

*This dimension should be adjusted to suit conditions.

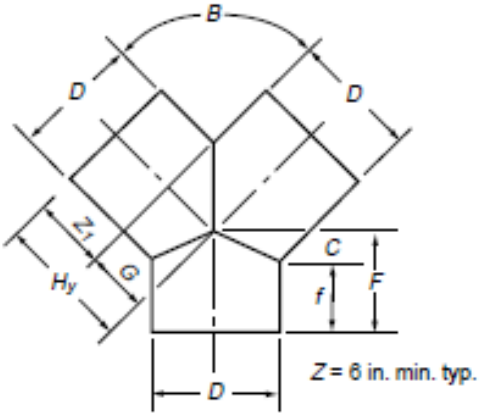


Figure 1E 90° Wye

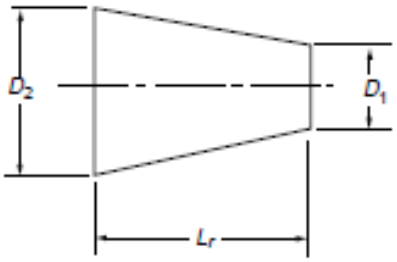
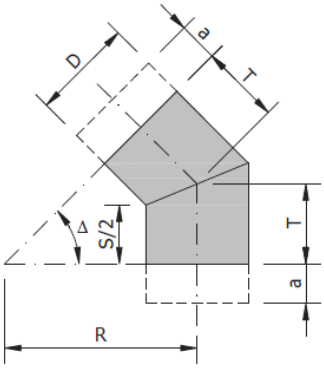
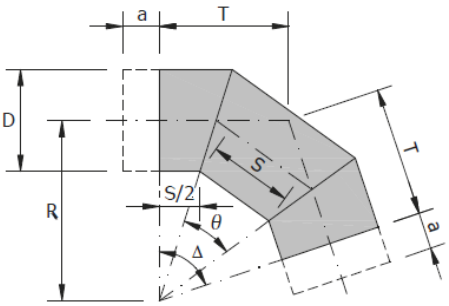
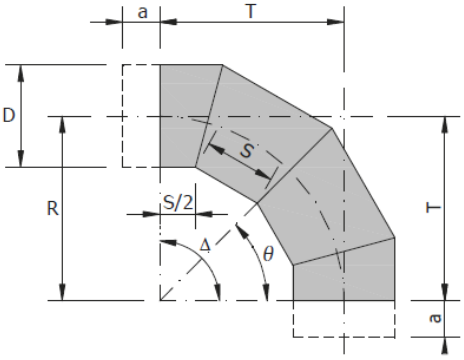


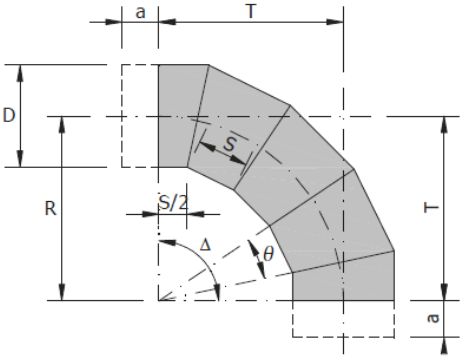
Figure 1F Reducer





Codos fabricados a partir de dos (0º a 22,5º) o tres (22,5º a 45º) piezas mitradas





Codos fabricados a partir de cuatro (45º a 67,5º) o cinco (67,5º a 0º) piezas mitradas

Tabla A.3. **Longitud *T* (en mm) de los codos de acero, según las normas AWWA**

D (mm)	f	Número de piezas que forman el codo y ángulo							
		2		3		4		5	
		11,25°	22,50°	33,75°	45,00°	56,25°	67,50°	78,75°	90,00°
406	7	198	218	365	437	587	695	870	1.032
457	8	213	236	402	482	650	772	970	1.151
508	8	228	254	438	527	714	850	1.069	1.271
559	9	256	284	487	585	791	940	1.181	1.403
610	10	284	315	535	643	867	1.030	1.293	1.535
762	10	292	330	606	740	1.021	1.224	1.553	1.856
914	11	324	370	702	862	1.199	1.443	1.838	2.201
1.067	12	357	411	797	985	1.378	1.662	2.123	2.547
1.219	12	365	426	868	1.082	1.531	1.856	2.383	2.867
1.371	14	423	492	989	1.230	1.735	2.101	2.693	3.239
1.524	14	431	507	1.059	1.327	1.889	2.295	2.953	3.559
1.676	15	464	548	1.155	1.450	2.067	2.514	3.238	3.905
1.829	15	471	563	1.225	1.547	2.221	2.708	3.498	4.225
1.981	16	504	603	1.321	1.670	2.399	2.927	3.783	4.571
2.133	17	537	644	1.417	1.792	2.578	3.147	4.068	4.916
2.286	17	544	659	1.487	1.889	2.731	3.341	4.328	5.237
2.438	18	577	700	1.583	2.012	2.910	3.560	4.613	5.582
2.591	19	610	740	1.679	2.135	3.089	3.779	4.898	5.928
2.743	20	643	781	1.774	2.257	3.268	3.999	5.184	6.274
2.895	21	676	821	1.870	2.380	3.446	4.218	5.469	6.620
3.048	22	709	862	1.966	2.502	3.625	4.437	5.754	6.965
3.200	23	742	902	2.062	2.625	3.804	4.657	6.039	7.311
3.353	24	775	943	2.157	2.747	3.982	4.876	6.324	7.657
3.505	25	808	984	2.253	2.870	4.161	5.095	6.609	8.003
3.657	26	840	1.024	2.349	2.993	4.340	5.315	6.895	8.348

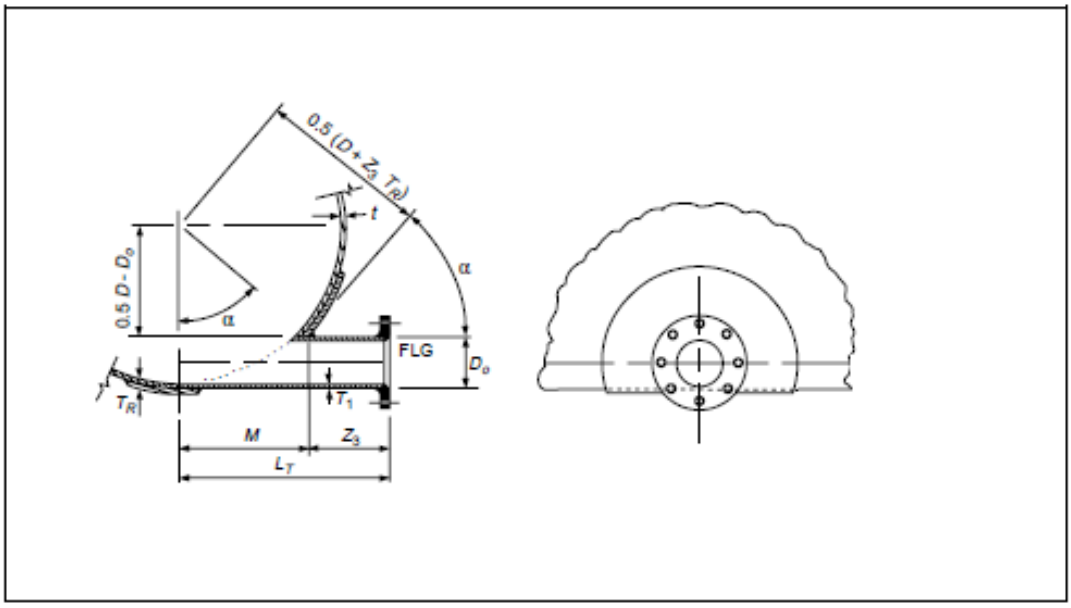


Figure 3 Tangent-type outlet

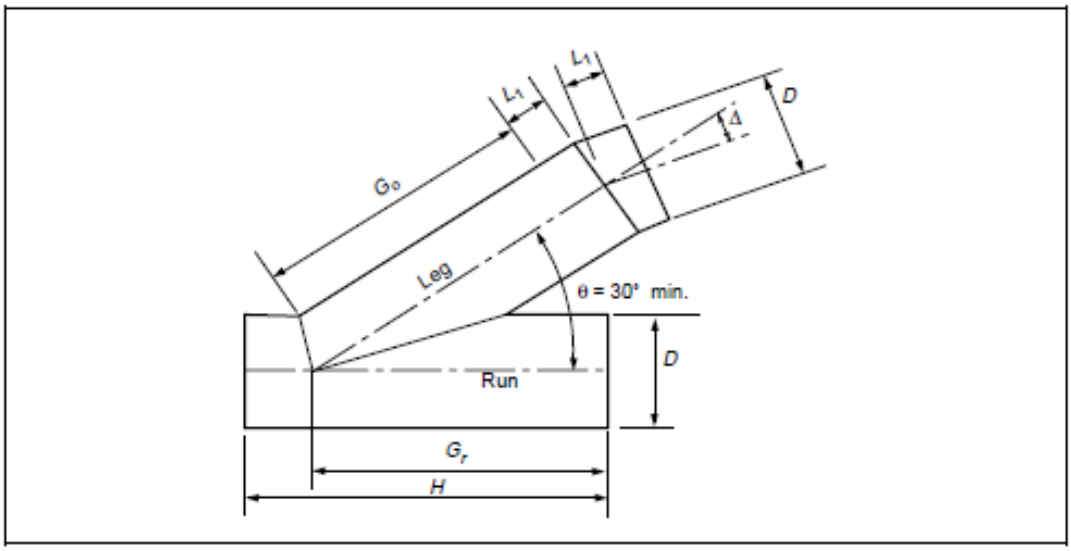


Figure 4 Lateral less than 30°

Tabla A.4. Dimensiones (en mm) de las tes y de los pantalones en las normas AWWA

DN	f	Tes y dobles tes 90° (tee) A	Tes con ángulo menor de 90° de igual diámetro (Case I Equal diameters lateral)						Pantalones (wyes)					
			G	H	G	H	G	H	F	A	F	A	F	A
			30°		50°		70°		45°		75°		90°	
406	7	381	1.114	1.346	791	1.064	646	966	218	955	247	557	262	455
457	8	419	1.234	1.486	871	1.168	707	1.058	236	1.050	268	611	285	498
508	8	457	1.354	1.625	951	1.273	769	1.150	254	1.144	289	665	308	541
559	9	508	1.500	1.803	1.056	1.415	856	1.280	284	1.272	323	740	344	603
610	10	559	1.645	1.981	1.162	1.558	943	1.411	315	1.400	357	814	380	664
762	10	635	1.930	2.286	1.325	1.757	1.052	1.573	330	1.583	383	914	412	740
914	11	737	2.265	2.667	1.539	2.032	1.212	1.811	370	1.834	435	1.055	469	852
1.067	12	838	2.600	3.048	1.753	2.307	1.371	2.050	411	2.084	486	1.196	526	964
1.219	12	914	2.884	3.353	1.917	2.506	1.480	2.212	426	2.268	512	1.295	557	1.041
1.371	14	1.041	3.270	3.810	2.182	2.857	1.691	2.526	492	2.585	588	1.478	640	1.189
1.524	14	1.118	3.555	4.115	2.345	3.056	1.799	2.688	507	2.769	614	1.577	671	1.265
1.676	15	1.219	3.890	4.496	2.559	3.331	1.959	2.927	548	3.019	665	1.718	728	1.377
1.829	15	1.295	4.174	4.800	2.723	3.530	2.068	3.089	563	3.203	691	1.817	760	1.453
1.981	16	1.397	4.510	5.181	2.937	3.805	2.227	3.327	603	3.453	743	1.958	817	1.565
2.133	17	1.498	4.845	5.562	3.151	4.080	2.387	3.566	644	3.704	794	2.099	874	1.677
2.286	17	1.575	5.129	5.867	3.315	4.279	2.496	3.728	659	3.888	820	2.199	905	1.754
2.438	18	1.676	5.464	6.248	3.529	4.554	2.655	3.966	700	4.138	871	2.340	962	1.866
2.591	19	1.778	5.799	6.629	3.743	4.830	2.815	4.205	740	4.388	922	2.481	1.019	1.978

(continúa)

DN	f	Tes y dobles tes 90° (tee) A	Tes con ángulo menor de 90° de igual diámetro (Case I Equal diameters lateral)						Pantalones (wyes)					
			G	H	G	H	G	H	F	A	F	A	F	A
			30°		50°		70°		45°		75°		90°	
2.743	20	1.879	6.135	7.010	3.957	5.105	2.975	4.443	781	4.639	974	2.622	1.076	2.090
2.895	21	1.981	6.470	7.391	4.171	5.380	3.134	4.681	821	4.889	1.025	2.763	1.133	2.202
3.048	22	2.083	6.805	7.772	4.386	5.655	3.294	4.920	862	5.139	1.076	2.904	1.190	2.314
3.200	23	2.184	7.140	8.153	4.600	5.930	3.454	5.158	902	5.390	1.127	3.045	1.247	2.426
3.353	24	2.286	7.475	8.534	4.814	6.205	3.613	5.396	943	5.640	1.179	3.186	1.304	2.538
3.505	25	2.387	7.810	8.915	5.028	6.480	3.773	5.635	984	5.890	1.230	3.327	1.361	2.651
3.657	26	2.489	8.146	9.296	5.242	6.755	3.932	5.873	1.024	6.141	1.281	3.468	1.418	2.763

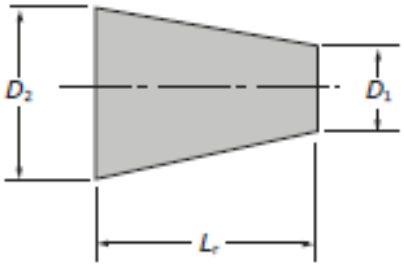
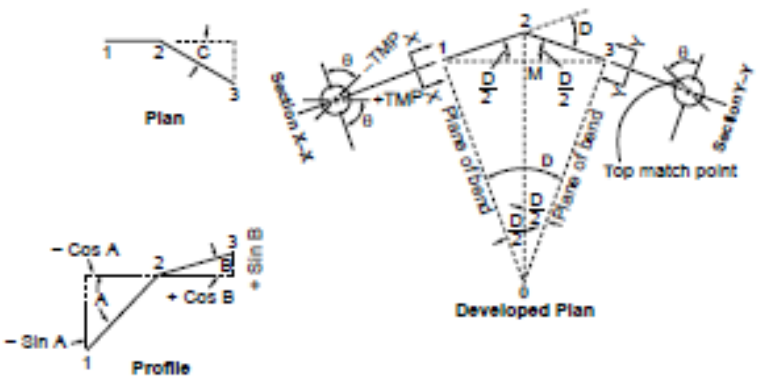


Tabla A.5. Longitud *L* (en m) de los conos reductores en las normas AWWA

Diámetro de la tubería menor D_1	Diámetro de la tubería mayor D_2																						
	457	508	559	610	762	914	1.067	1.219	1.371	1.524	1.676	1.829	1.981	2.133	2.286	2.438	2.591	2.743	2.895	3.048	3.200	3.353	3.505	3.657
406	0,2	0,4	0,6	0,8	1,4	2,0	2,6	3,3	3,9	4,5	5,1	5,7	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,3	10,0	10,6	11,2	11,8	12,4	13,0
457		0,2	0,4	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8	10,4	11,0	11,6	12,2	12,8
508			0,2	0,4	1,0	1,6	2,2	2,8	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	6,5	7,1	7,7	8,3	8,9	9,5	10,2	10,8	11,4	12,0	12,6
559				0,2	0,8	1,4	2,0	2,6	3,3	3,9	4,5	5,1	5,7	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,3	10,0	10,6	11,2	11,8	12,4
610					0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8	10,4	11,0	11,6	12,2
762						0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8	10,4	11,0	11,6
914							0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8	10,4	11,0
1.067								0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8	10,4
1.219									0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
1.371										0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1
1.524											0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,5
1.676												0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9
1.829													0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3
1.981														0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1	6,7
2.133															0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,1
2.286																0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5
2.438																	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9
2.591																		0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3
2.743																			0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7
2.895																				0,6	1,2	1,8	2,4	3,0
3.048																					0,6	1,2	1,8	2,4
3.200																						0,6	1,2	1,8
3.353																							0,6	1,2
3.505																								0,6



$$\cos D = \cos A \cos B \cos C + \sin A \sin B$$

$$\tan\theta = \frac{\tan C}{\sin A - \dfrac{\tan B \cos A}{\cos C}}$$

$$\tan\phi = \frac{\tan C}{\sin B - \dfrac{\tan A \cos B}{\cos C}}$$

Elevation at 1 = –Sin A
Elevation at 2 = 0, assumed
Elevation at 3 = + Sin B

$$\text{Elevation at M} = \frac{\sin B - \sin A}{2}$$

Distance 1–2 = Distance 2–3 = Unity

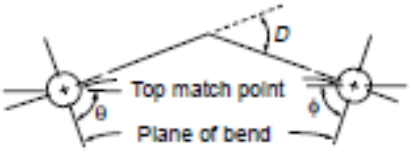
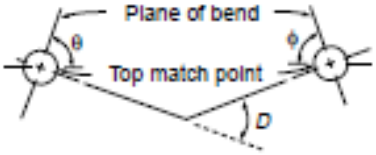
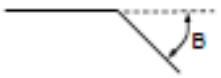
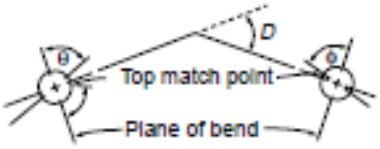
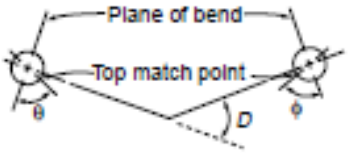
$$\text{Distance 2–M} = \sin\frac{D}{2}$$

$$\text{Distance 2–0} = \frac{1}{\sin\frac{D}{2}}$$

$$\text{Slope 2 – M} = \frac{\sin B - \sin A}{2\sin\frac{D}{2}}$$

$$\text{Elevation at 0} = \frac{\sin B - \sin A}{2\sin^2\frac{D}{2}}$$

$$\text{TMP} = \sin A - \left[\frac{\sin A - \sin B}{2\sin^2\frac{D}{2}}\right]$$

Profiles	Plan	Plan
	Developed Plan  Cos D Cos B Cos C $\tan\theta = \frac{\sin C}{\tan B}$ $\tan\phi = \frac{\tan C}{\sin B}$	**Developed Plan**  Cos D = Cos B Cos C $\tan\theta = \frac{\sin C}{\tan B}$ $\tan\phi = \frac{\tan C}{\sin B}$
	**Developed Plan**  Cos D = Cos B Cos C $\tan\theta = \frac{\sin C}{\tan B}$ $\tan\phi = \frac{\tan C}{\sin B}$	**Developed Plan**  Cos D = Cos B Cos C $\tan\theta = \frac{\sin C}{\tan B}$ $\tan\phi = \frac{\tan C}{\sin B}$

Reprinted with permission from *Buried Steel Penstocks*, American Iron and Steel Institute, Washington, D.C., in cooperation with Steel Plate Fabricators Association, Des Plaines, Ill.

Figure 5 Computation method and formulas for compound elbows

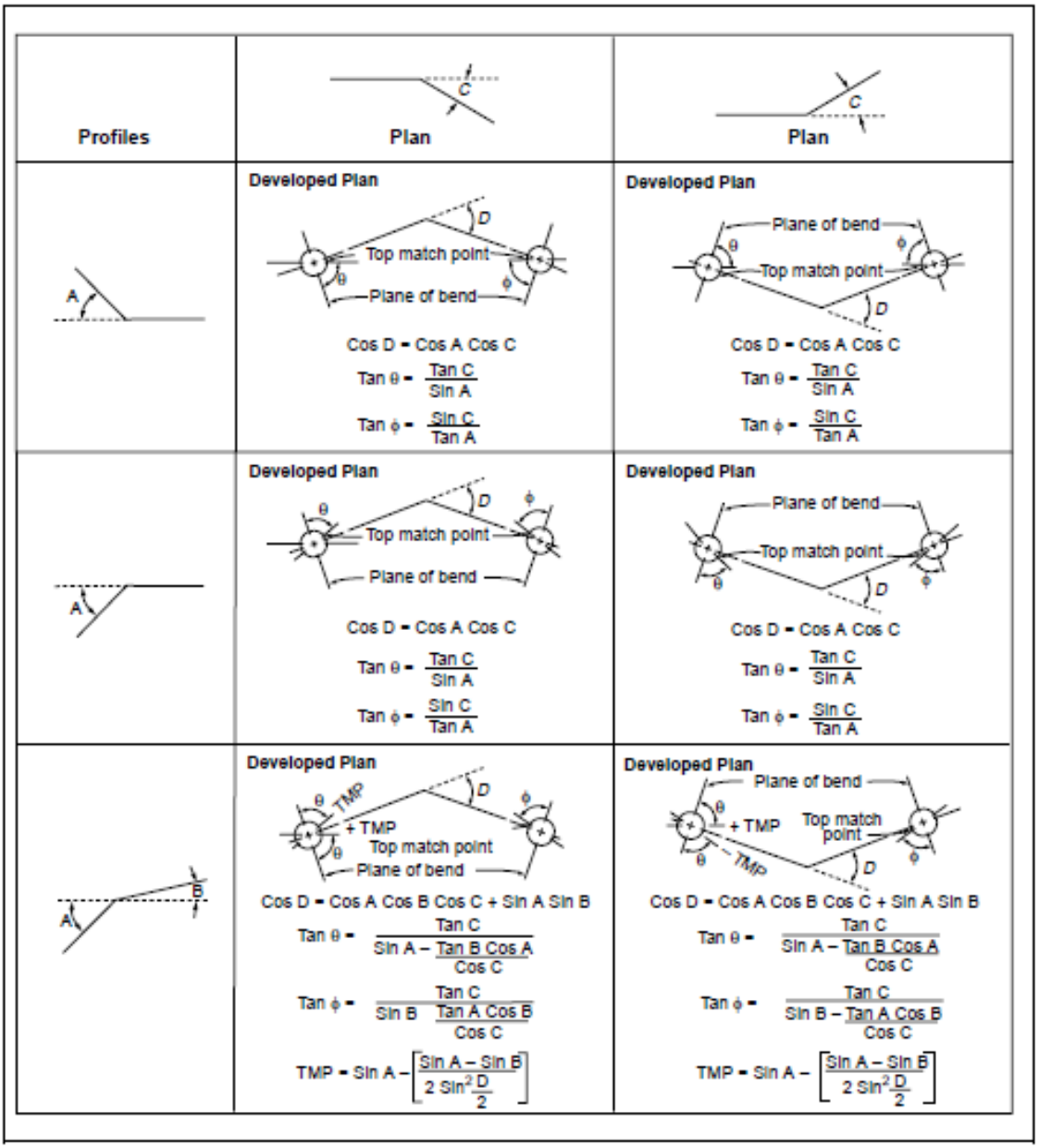


Figure 5 Computation method and formulas for compound elbows (continued)

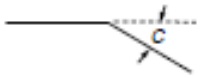
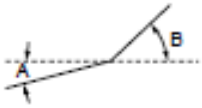
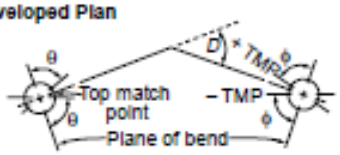
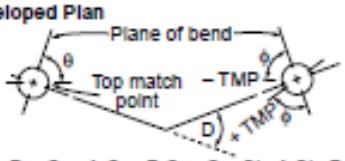
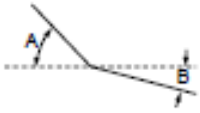
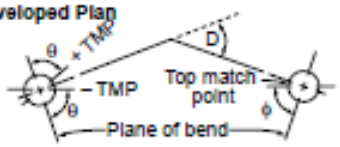
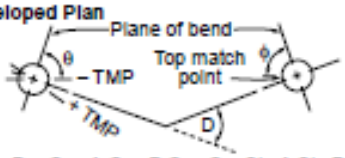
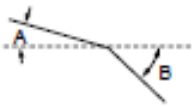
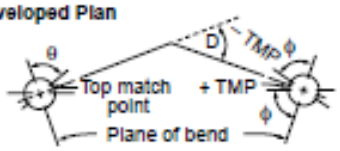
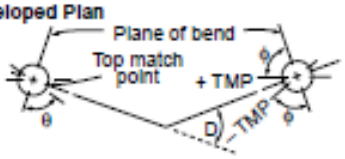
Profiles	Plan 	Plan
	**Developed Plan**  $\cos D = \cos A \cos B \cos C + \sin A \sin B$ $\tan\theta = \dfrac{\tan C}{\sin A - \dfrac{\tan B \cos A}{\cos C}}$ $\tan\phi = \dfrac{\tan C}{\sin B - \dfrac{\tan A \cos B}{\cos C}}$ $TMP = \sin B - \left[\dfrac{\sin B - \sin A}{2\sin^2\frac{D}{2}}\right]$	**Developed Plan**  $\cos D = \cos A \cos B \cos C + \sin A \sin B$ $\tan\theta = \dfrac{\tan C}{\sin A \dfrac{\tan B \cos A}{\cos C}}$ $\tan\phi = \dfrac{\tan C}{\sin B - \dfrac{\tan A \cos B}{\cos C}}$ $TMP = \sin B - \left[\dfrac{\sin B - \sin A}{2\sin^2\frac{D}{2}}\right]$
	**Developed Plan**  $\cos D = \cos A \cos B \cos C + \sin A \sin B$ $\tan\theta = \dfrac{\tan C}{\sin A - \dfrac{\tan B \cos A}{\cos C}}$ $\tan\phi = \dfrac{\tan C}{\sin B - \dfrac{\tan A \cos B}{\cos C}}$ $TMP = \sin A - \left[\dfrac{\sin A - \sin B}{2\sin^2\frac{D}{2}}\right]$	**Developed Plan**  $\cos D = \cos A \cos B \cos C + \sin A \sin B$ $\tan\theta = \dfrac{\tan C}{\sin A - \dfrac{\tan B \cos A}{\cos C}}$ $\tan\phi = \dfrac{\tan C}{\sin B - \dfrac{\tan A \cos B}{\cos C}}$ $TMP = \sin A - \left[\dfrac{\sin A - \sin B}{2\sin^2\frac{D}{2}}\right]$
	**Developed Plan**  $\cos D = \cos A \cos B \cos C + \sin A \sin B$ $\tan\theta = \dfrac{\tan C}{\sin A - \dfrac{\tan B \cos A}{\cos C}}$ $\tan\phi = \dfrac{\tan C}{\sin B - \dfrac{\tan A \cos B}{\cos C}}$ $TMP = \sin B - \left[\dfrac{\sin B - \sin A}{2\sin^2\frac{D}{2}}\right]$	**Developed Plan**  $\cos D = \cos A \cos B \cos C + \sin A \sin B$ $\tan\theta = \dfrac{\tan C}{\sin A - \dfrac{\tan B \cos A}{\cos C}}$ $\tan\phi = \dfrac{\tan C}{\sin B - \dfrac{\tan A \cos B}{\cos C}}$ $TMP = \sin B - \left[\dfrac{\sin B - \sin A}{2\sin^2\frac{D}{2}}\right]$

Figure 5 Computation method and formulas for compound elbows (continued)

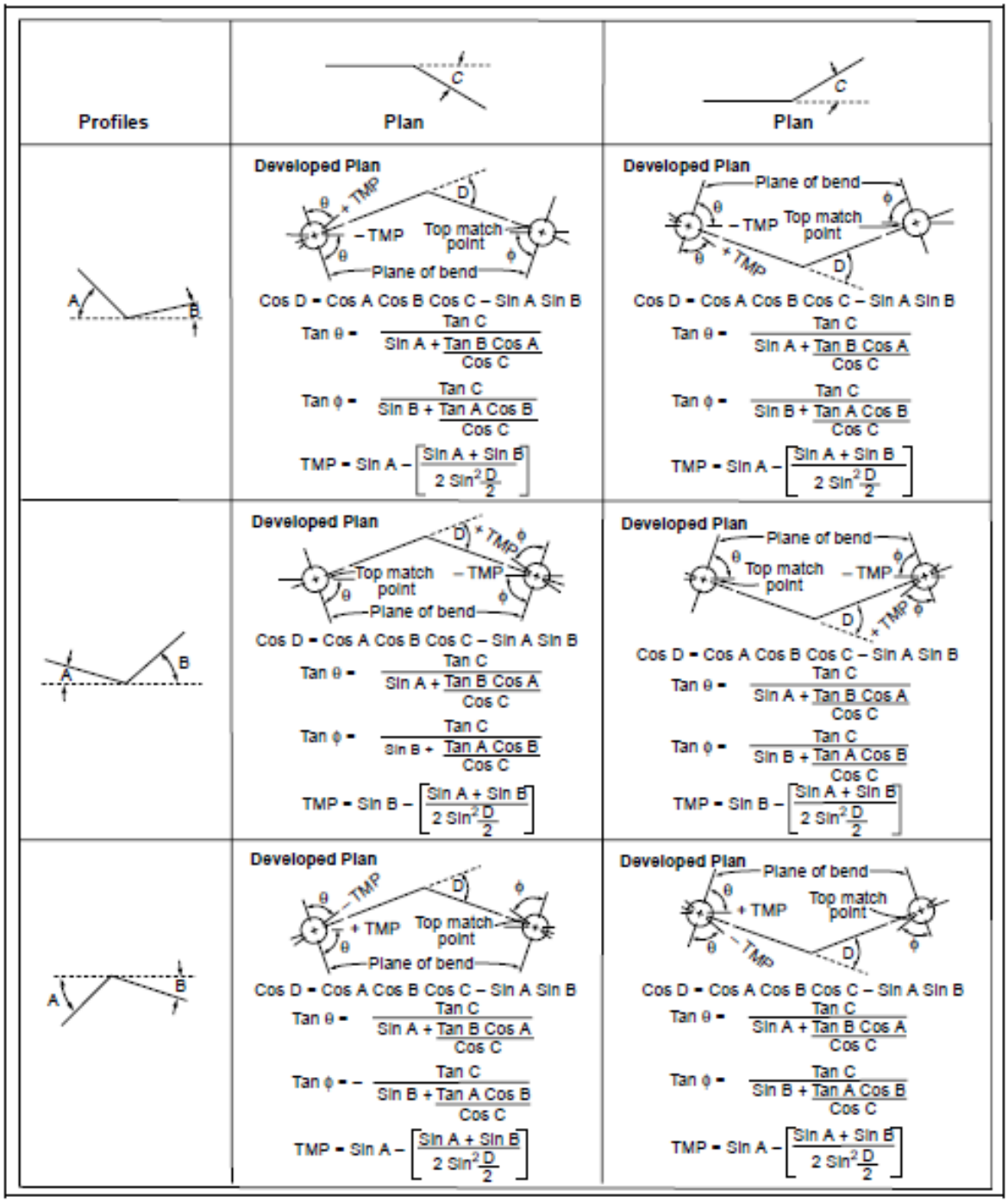
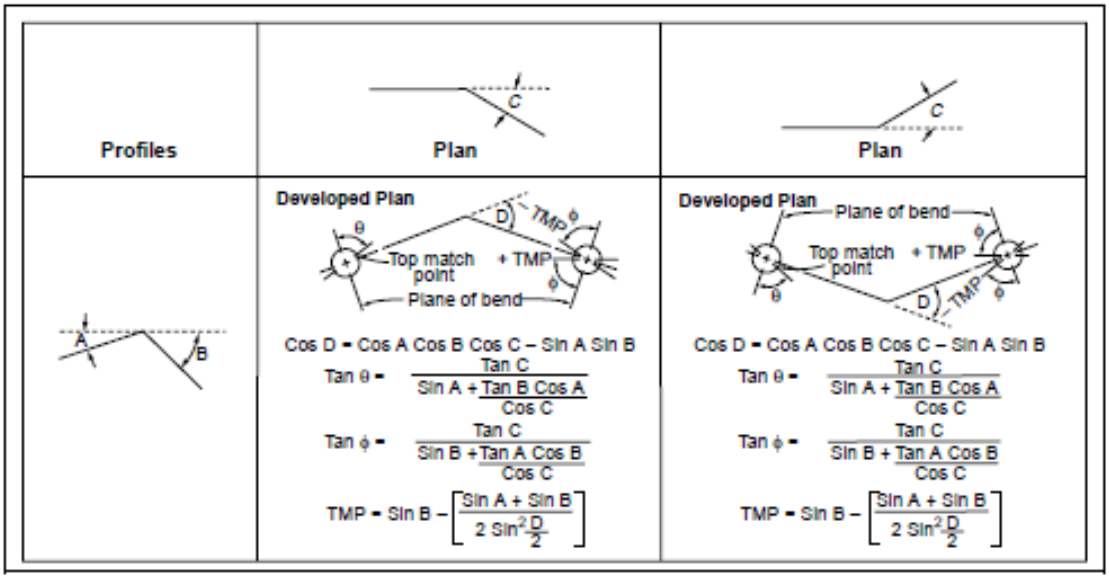


Figure 5 Computation method and formulas for compound elbows (continued)

18 AWWA C208-96



$$\cos D = \cos A \cos B \cos C - \sin A \sin B$$

$$\tan \theta = \frac{\tan C}{\sin A + \frac{\tan B \cos A}{\cos C}}$$

$$\tan \phi = \frac{\tan C}{\sin B + \frac{\tan A \cos B}{\cos C}}$$

$$TMP = \sin B - \left[\frac{\sin A + \sin B}{2 \sin^2 \frac{D}{2}}\right]$$

$$\cos D = \cos A \cos B \cos C - \sin A \sin B$$

$$\tan \theta = \frac{\tan C}{\sin A + \frac{\tan B \cos A}{\cos C}}$$

$$\tan \phi = \frac{\tan C}{\sin B + \frac{\tan A \cos B}{\cos C}}$$

$$TMP = \sin B - \left[\frac{\sin A + \sin B}{2 \sin^2 \frac{D}{2}}\right]$$

Figure 5 Computation method and formulas for compound elbows (continued)