
NORMA CUBANA

NC

969: 2013

**TUBERÍAS PRESURIZADAS DE POLIETILENO —
ESPECIFICACIONES PARA EL CÁLCULO, DISEÑO,
TRANSPORTACION, MANIPULACIÓN, ALMACENAMIENTO
Y COLOCACIÓN**

**Pressurized polyethylene pipes—Specifications for calculation, design,
transportation handling, storage and installation**

ICS: 83.140.30

1. Edición Diciembre 2013
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 969: 2013

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 106 de Recursos Hidráulicos, en el que están representadas las siguientes entidades:
 - Grupo de proyecto (GEIPI), y sus empresas
 - Grupo Empresarial de Ingeniería y Logística (GEIL)
 - Grupo de Acueducto y Alcantarillado (GEAAL)
 - Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH)
 - Oficina Nacional de Normalización
- Sustituye parcialmente a la NC 53-121:1984 *Elaboración de proyectos de construcción — Acueducto — Especificaciones de proyecto*, la cual ha sido actualizada en lo referido a las tuberías flexibles presurizadas.
- Incluye los Anexos A, B, C, D, E, F y G informativos.
- Incorpora en su estructura títulos que agrupan por secciones los capítulos y apartados del texto a los efectos de facilitar su uso y aplicación. En consecuencia los números de las figuras y las tablas han sido asignados conforme a dicha estructura.

© NC, 2013

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

Índice

1 OBJETO.....	4
2 REFERENCIAS NORMATIVAS	4
3 NOMENCLATURA GENERAL	5
4 MATERIA PRIMA, CARACTERÍSTICA.....	6
5 DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURALES DE TUBERÍAS	10
6 ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE CANALIZACIONES Y PRUEBAS HIDRÁULICAS	25
7 TRANSPORTACIÓN, MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO	45
8 COLOCACIÓN Y MONTAJE	48
9 SOLDADURA	50
ANEXO A(INFORMATIVO)	55
ANEXO B(INFORMATIVO)	56
ANEXO C(INFORMATIVO)	59
ANEXO D(INFORMATIVO)	63
ANEXO E(INFORMATIVO)	69
ANEXO F(INFORMATIVO)	71
ANEXO G(INFORMATIVO).....	72
BIBLIOGRAFÍA	73

TUBERÍAS PRESURIZADAS DE POLIETILENO — ESPECIFICACIONES PARA EL CÁLCULO, DISEÑO, TRANSPORTACION, MANIPULACION, ALMACENAMIENTO Y COLOCACIÓN

SECCIÓN 1 ALCANCE GENERAL Y NOMENCLATURA

1 Objeto

Esta Norma Cubana establece los requisitos para el cálculo, diseño, transportación, manipulación, almacenamiento y colocación de las tuberías fabricadas con resina de polietileno (PE) que se utilicen en los conductos para trasvasar fluidos a presión.

Se aplicará en las tuberías y piezas de PE que se fabriquen en el país, así como a las de importación.

Se utilizará en todos los fluidos, recomendándose consultar el catálogo del fabricante sobre las características del fluido a conducir.

2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de esta Norma Cubana. Para las referencias fechadas, solo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición de la norma de referencia (incluyendo las enmiendas).

- ISO 12162: 1995 Materiales de termoplástico para tuberías y accesorios para aplicaciones de presión – Clasificación y denominación — Coeficiente (Proyectado) de servicio general.
- ISO 9080 Sistemas de canales y tuberías de plástico — Determinación de la fuerza hidrostática a largo plazo de los materiales de termoplástico en forma de tuberías por extrapolación.
- ISO 4427: 1996 Tubos de polietileno para suministro de agua — Especificaciones.
- UNE-EN 1220-2 (Tubos) Sistemas de tuberías de plástico para el suministro de agua Polietileno (PE).
- ISO 12201-2 Sistemas de tuberías de plástico para el suministro de agua — Polietileno (PE) — Parte 2: Tubos.
- NC 640 Código de buenas prácticas para los materiales de baja resistencia controlada (rellenos fluidos).
- NC 412 Guía para la preparación, mezclado, transporte y vertido del hormigón.

3 Nomenclatura general

Símbolo	Descripción
PN	Presión Nominal
S	Espesor de la pared del tubo
SDR	Relación entre el diámetro del tubo y el espesor de la pared
σ	Resistencia de diseño a 20° C MRS/C
De	Diámetro exterior de la tubería
Di	Diámetro interior de la tubería
Ø	Diámetro nominal
PE 40	Polietileno con 4 MPa de resistencia mínima esperada a los 50 años
PE 63	Polietileno con 6.3 MPa de resistencia mínima esperada a los 50 años
PE 80	Polietileno con 8 MPa de resistencia mínima esperada a los 50 años
PE 100	Polietileno con 10MPa de resistencia mínima esperada a los 50 años
Cd	Coefficiente Global de diseño o servicio
E	Modulo de elasticidad
R	Radio hidráulico A/P
A	Área mojada
P	Perímetro mojado
I	Momento de Inercia

SECCIÓN 2 MATERIA PRIMA, CARACTERÍSTICA

4 Materia prima, característica

4.1 Alcance de la sección

Esta sección incluye las características fundamentales del polietileno, materia prima más extendida para la fabricación de las tuberías y accesorios que se usan con más frecuencia en conductos a presión.

4.2 Obtención del polietileno

El polietileno se produce a partir de la polimerización del etileno, presenta excelentes propiedades físico químicas, como son su resistencia a la rotura, su resistencia a la tensión y su moldeabilidad.

4.3 Vida útil

La estructura molecular de los polímeros que se utilizan en la fabricación de tuberías garantiza que éstos mantengan sus propiedades mecánicas, con un amplio margen de seguridad que cubre, al menos, 500 000 horas de servicio ininterrumpido, a su presión nominal y a una temperatura de 20° C a 23° C.

4.4 Características del PE 100

Las principales características físicas, mecánicas, térmicas y eléctricas del PE 100 se muestran en las Tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

4.5 Rango de producción de la tubería

Las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) cumplen con las normas nacionales e internacionales establecidas para obtener este tipo de producto, ver Tablas 4.5, 5.5 y 5.6.

4.6 Resistencia a la rotura

La resistencia del polímero se ensayará mediante pruebas de presión en muestras de tuberías, de acuerdo con las normas ISO aplicables.

Se realizará una prueba hidrostática de larga duración sometiendo la muestra a una tensión y temperatura determinada.

Tabla 4.1 — Características físicas del PE 100

Características	Unidad	Valor
Densidad Natural a 23 °C	kg/m ³	954
Índice de Fluidez con 2,16 kg	g/10 min	< 0,15
Índice de Fluidez con 5 kg	g/10 min	0,45

Tabla 4.2 — Características mecánicas del PE 100

Características	Unidad	Valor
Fuerzas de rendimiento a 23 °C y	MPa	24
a 50 mm/min	MPa	25
a 100 mm/min		
Tensiones a la rotura, a 23 °C y	MPa	35
a 50 mm/min	MPa	36
a 100 mm/min		
Elongación a la rotura, a 23 °C y	%	> 600
a 50 mm/min	%	> 600
a 100 mm/min		
Módulo de Tensión a 23 °C	MPa	1200
Dureza Shore tipo D a		
0 °C		64
20 °C		58
40 °C		55
60 °C		51
80 °C		49

Tabla 4.3 — Características térmicas del PE 100

Características	Unidad	Valor
VICAT 1 KG	°C	127
VICAT 5 KG	°C	72
Conductividad Térmica a 23° C	W/m.k	0,45
Coefficiente de Expansión Térmica	K ⁻¹	1,3.10 ⁻⁴
Calor Específico a		
23 °C	KJ/KG.K	1,8
100 °C		3,3
Temperatura de Brittleness	° C	< -100

Tabla 4.4 — Características eléctricas del PE 100

Características	Unidad	Valor
Resistencia del aislamiento superficial	Ω	> 10 ¹⁴
Resistividad transversal a 23 °C	Ω cm	≥ 10 ¹⁷
Pérdida del ángulo tangente a 23 °C		
a 1 kHz		3. 10 ⁻⁴
a 10 ³ kHz		7.10 ⁻⁴
Permitividad a 23 °C desde 0,1 kHz hasta 10 ³ kHz		2,6
	kV/cm	2,2. 10 ³

Los resultados de esa prueba se llevan a un gráfico logarítmico del que se obtienen las denominadas curvas de regresión. Estas curvas, que son diferentes para cada tipo de material, permiten estimar la vida útil. Por el contrario, si se fijan una vida útil y una temperatura exterior, se obtendrá la resistencia de las paredes del tubo.

Las curvas de regresión (ver gráfica en la Figura.4.1A y 4.1B) presentan un punto de inflexión que separa dos fases con distinto comportamiento viscoso. Con este grafico se obtiene (MRS) resistencia mínima requerida para este material que es la resistencia mínima obtenida a 20° C en un intervalo de tiempo de 50 años y que puede considerarse como una propiedad interna del material según se establece en la ISO 497.

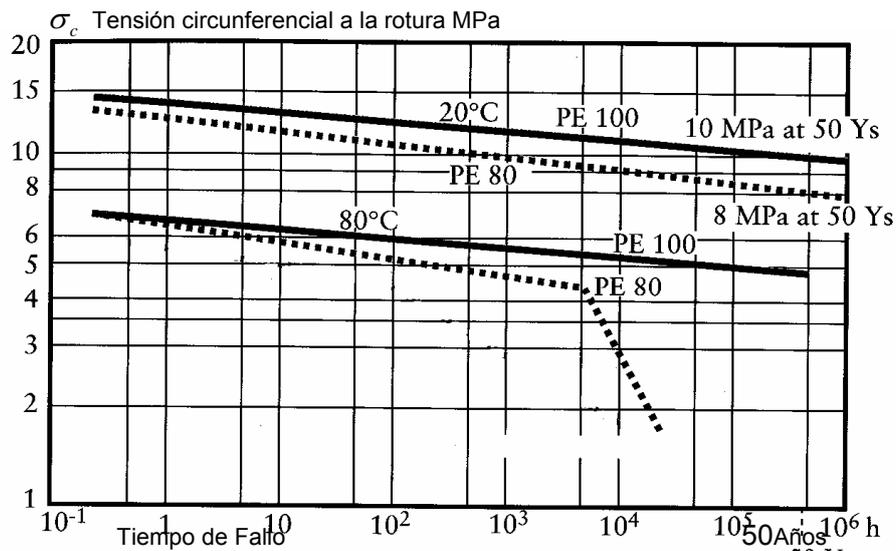
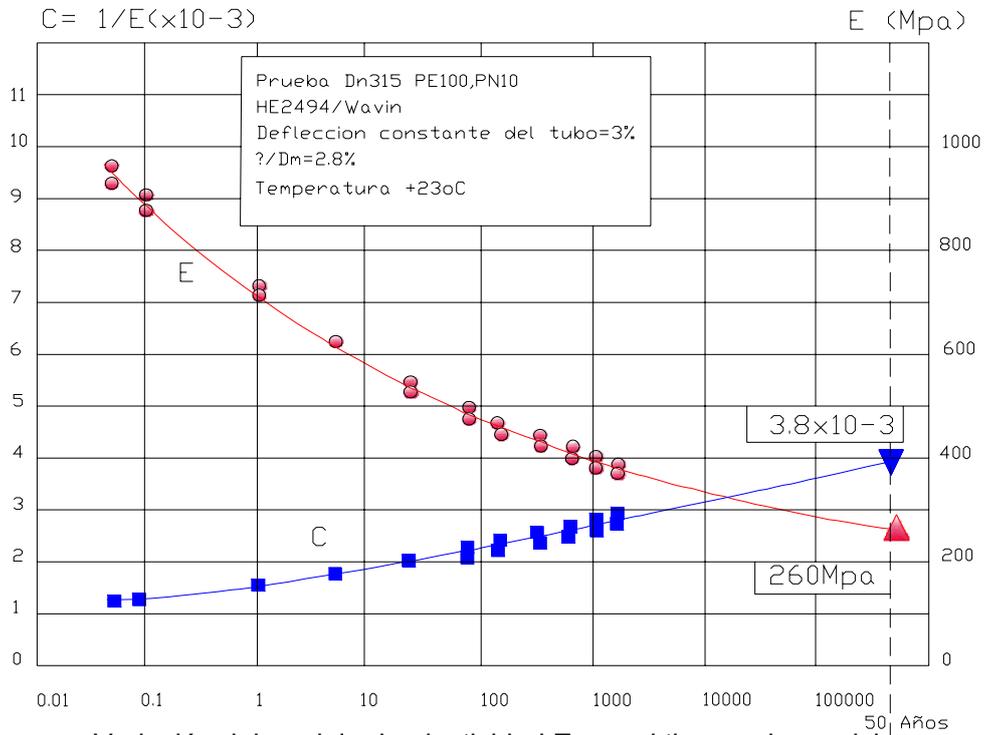


Figura 4.1 A — Curvas de regresión



Variación del módulo de elasticidad **E** con el tiempo de servicio

Figura 4.1 B — Curvas de Regresión

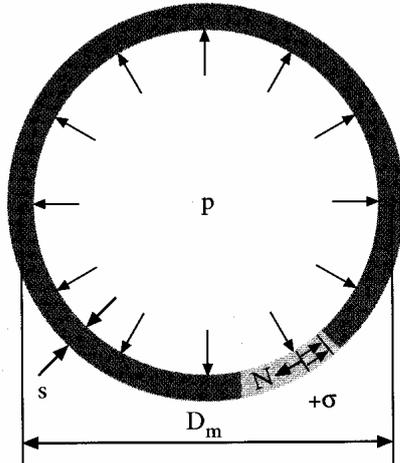
Tabla 4.5 — Denominación de los diferentes tipos de PE

Denominación	Resistencia mínima requerida (MRS) (MPa)	Tensión Máxima de diseño σ (MPa)
PE 100	10,0	8,0
PE 80	8,0	6,3
PE 63	6,3	5,0
PE 40	4,0	3,2

SECCIÓN 3 DISEÑO Y CALCULO ESTRUCTURALES DE TUBERÍAS

5 Diseño y cálculo estructurales de tuberías

5.1 Cálculo de los espesores de la pared



Cuando un tubo está sometido en su interior a una presión P en las paredes del mismo se desarrolla una fuerza de tensión N por unidad de longitud

$$N = \frac{P * D_m}{2} \dots \dots \dots (5.1)$$

Donde $D_m = D_e - s$ es el diámetro medio

Si a N la dividimos entre el espesor de la pared del tubo obtendremos la tensión circunferencial a la

cual esta sometida la pared del mismo.

$$\sigma_c = \frac{P(D_e - S)}{2S} \text{tension.circunferencial} \dots \dots \dots (5.2)$$

P= Presión en bar

Dm= Diámetro medio en mm

N=tensión en bar*mm

S= espesor en mm

5.1.1 Relación Estándar de Dimensiones y coeficiente Global de Diseño o de Servicio (C_d)

La Relación Estándar de Dimensiones o SDR es un cociente adimensional que expresa la relación entre el diámetro exterior del conducto y el espesor de su pared:

$$SDR = \frac{D_e}{S} \dots \dots \dots (5.3)$$

y se puede relacionar con la presión nominal como sigue, ver la Tabla 5.2 y 5.3

$$PN = \frac{20\sigma}{SDR - 1} = \frac{20 * MRS * 1/C_d}{SDR - 1} \dots \dots \dots (5.4)$$

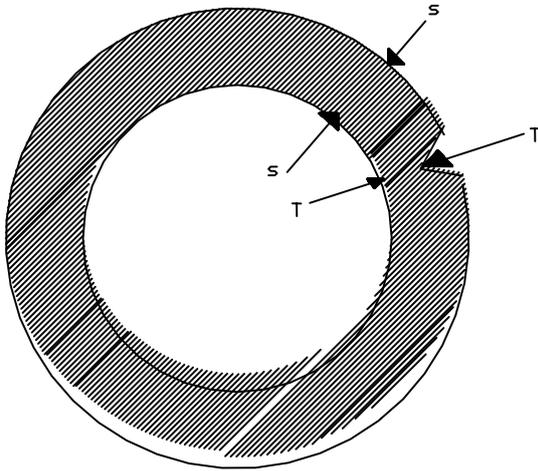
donde

C_d= Coeficiente Global de Diseño o servicio (ISO 12162)

MRS= Resistencia mínima requerida (Valor mínimo de resistencia a los 50 años) en (MPa)

PN= Presión de diseño, de la tubería en (kgf/cm²).

$$\sigma = \text{Tensión de diseño} = \frac{MRS}{C_d}$$



Para determinar la presión que resiste un tubo dañado por alguna acción mecánica se determina por la siguiente expresión:

$$PMr = \frac{20 * MRS * 1/C_d}{\frac{De}{T} - 1} \quad (5.4A)$$

donde

PMr = Presión máxima que puede resistir el tubo dañado

T= Espesor no dañado de la pared del tubo en mm

En la norma ISO 9080 se indica que los métodos para determinar el MRS están aun en estudio y por tanto debe introducirse un **coeficiente de servicio** o de seguridad. Debe tenerse en cuenta además las diferencias entre los ensayos (Presión y temperatura constante) y la forma en que trabajará la tubería en sus años de servicio. Este coeficiente es un valor superior de 1 que toma en consideración las condiciones de servicio, así como las propiedades de un sistema de canalización, distintos a los que están presentes en la determinación del límite inferior de confianza, según la ISO 12162. En la ISO 4427 se especifica que los valores de **C_d** serán: 1.25 Valor mínimo, 1.6, 2.0, 2.5 y 3.2 Valor máximo.

Tabla 5.1— Coeficiente Global de Diseño en función de las condiciones de Servicio

Coeficiente global de Diseño C _d	Condiciones de Servicio
1,25	Tubos para conducción de agua, soterrados, con pocas variaciones de las presiones durante la operación a 23 ^o C (conductoras)
1,60	Tubos para conducción de agua, soterrados, con variaciones significativas de la presión durante la operación a 23 ^o C.(Tuberías dentro de la red de distribución)

Tabla 5.2 — Dependencia entre la SDR y la presión nominal para $C_d=1,25$

SDR	PE 40	PE 63	PE 80	PE 100
	PN (Atm)			
33	-	-	4	5
26	-	4	5	6
21	-	5	6	8
17	-	6	8	10
13,6	5	8	10	12,5
11	6	10	12,5	16
9	8	12,5	16	20
7,4	10	16	20	25

Tabla 5.3 — Dependencia entre la SDR y la presión nominal para $C_d=1,60$

SDR	PE 40	PE 63	PE 80	PE 100
	PN (Atm)			
7,4	7,8	12,5	15,6	19,5
9	6,2	9,9	12,5	15,6
11	5	7,8	10	12,5
13,6	4	6,2	7,9	9,9
17	-	4,9	6,2	7,8
21	-	3,9	5	6,2
26	-	-	4	5,0
33	-	-	-	3,9

5.1.2 Reducciones de las presiones (σ) y del modulo de Elasticidad (E) por el aumento de las temperaturas.

Tabla 5.4 — Reducciones de las presiones (σ) y del modulo de Elasticidad E por el aumento de las temperaturas	
Coefficiente de reducción (kt)	Temperatura en grados centígrados
1,000	20
1,000	23
0,95	27
0,90	32
0,85	35
0,80	38
0,75	40
NOTA 1 Los valores intermedios se interpolan linealmente	

5.2 Control de calidad de la tubería según las Normas EN 12201-2 y la ISO 4427

Las Tablas 5.5 y 5.6 están confeccionadas para $C_d=1.25$, Relaciona las dimensiones y tolerancias permitidas con estas tuberías.

Tabla 5.5 — Espesor de pared

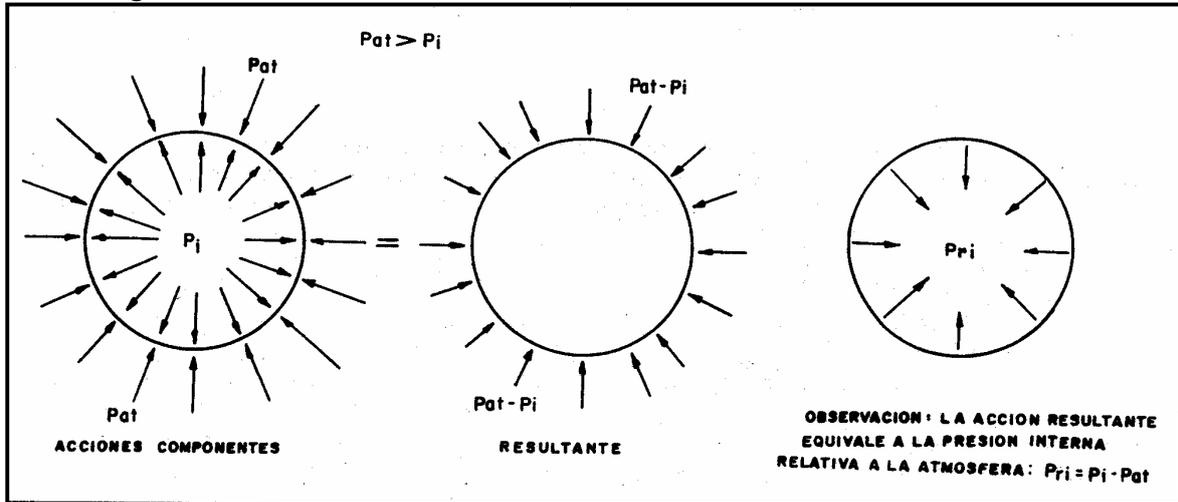
	SDR 7.4		SDR 9		SDR 11		SDR 13.6		SDR 17		SDR 21		SDR 26		SDR 33	
PE 40	PN 10		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4		PN 3.2		PN 2.5		-	
PE 63	PN 16		PN 12.5		PN 10		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4		PN 3.2	
PE 80	PN 20		PN 16		PN 12.5		PN 10		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4	
PE 100	PN25		PN20		PN 16		PN 12.5		PN 10		PN 8		PN 6		PN 5	
ϕ Nominal	S_{Min}	S_{Max}														
16	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	3,0	3,4	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	3,5	4,0	3,0	3,4	2,3	2,7	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	3,6	4,1	3,0	3,4	2,4	2,8	2,0	2,3	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	3,7	4,2	3,0	3,5	2,4	2,8	2,0	2,3	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	3,7	4,2	3,0	3,4	2,4	2,8	2,0	2,3	-	-
63	-	-	-	-	-	-	4,7	5,3	3,8	4,3	3,0	3,4	2,5	2,9	-	-
75	-	-	-	-	-	-	5,6	6,3	4,5	5,1	3,6	4,1	2,9	3,3	-	-
90	-	-	-	-	-	-	6,7	7,5	5,4	6,1	4,3	4,9	3,5	4,0	-	-
110	-	-	-	-	-	-	8,1	9,1	6,6	7,4	5,3	6,0	4,2	4,8	-	-
160	-	-	-	-	-	-	11,8	13,1	9,5	10,6	7,7	8,6	6,2	7,0	-	-
200	-	-	-	-	-	-	14,7	16,3	11,9	13,2	9,6	10,7	7,7	8,6	-	-
250	-	-	-	-	-	-	18,4	20,4	14,8	16,4	11,9	13,2	9,6	10,7	-	-
315	-	-	-	-	-	-	23,2	25,7	18,7	20,7	15,0	16,6	12,1	13,6	-	-
355	-	-	-	-	-	-	26,1	28,9	21,1	23,4	16,9	18,7	13,6	15,1	-	-
400	-	-	-	-	-	-	29,4	32,5	23,7	26,2	19,1	21,2	15,3	17,0	12,3	13,7
450	-	-	-	-	-	-	33,1	36,6	26,7	29,5	21,5	23,8	17,2	19,1	13,8	15,3
500	-	-	-	-	-	-	36,8	40,6	29,7	32,8	23,9	26,4	19,1	21,2	15,3	17,0
560	-	-	-	-	-	-	41,2	45,5	33,2	36,7	26,7	29,5	21,4	23,7	17,2	19,1
630	-	-	-	-	-	-	46,3	51,1	37,4	41,3	30,0	33,1	24,1	26,7	19,3	21,4
710	-	-	-	-	-	-	52,2	57,6	42,1	46,5	33,9	37,4	27,2	30,1	21,8	21,4
800	-	-	-	-	-	-	58,8	64,8	47,4	52,3	38,1	42,1	30,6	33,8	24,5	27,1
900	-	-	-	-	-	-	-	-	53,3	58,8	42,9	47,3	34,4	38,3	27,6	30,5
1000	-	-	-	-	-	-	-	-	59,3	65,4	47,7	52,6	38,2	42,2	30,6	33,5

Tabla 5.6 — Diámetro Interior y peso en kilogramo por metro

	SDR 7.4		SDR 9		SDR 11		SDR 13.6		SDR 17		SDR 21		SDR 26		SDR 33	
PE 40	PN 10		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4		-		-		-	
PE 63	PN 16		PN 12.5		PN 10		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4		-	
PE 80	PN 20		PN 16		PN 12.5		PN 10		PN 8		PN 6		PN 5		PN 4	
PE 100	PN25		PN20		PN 16		PN 12.5		PN 10		PN 8		PN 6		PN 5	
φ Nomin al	Peso Kg./m	Φ _{int} mm														
16	0,101	11,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	0,13	15,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	0,17	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	-	-	-	-	0,28	26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	0,292	35,2	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	0,453	44,0	-	-	-	-	-	-
63	-	-	-	-	-	-	-	-	0,719	55,4	-	-	-	-	-	-
75	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	66,0	0,818	67,8	0,675	69,2	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	1,446	79,2	1,172	81,4	0,965	83,0	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-	2,152	96,8	1,760	99,4	1,447	101,4	-	-
160	-	-	-	-	-	-	-	-	4,498	141	3,694	144,6	3,022	147,6	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	7,021	176,2	5,751	180,8	4,667	184,6	-	-
250	-	-	-	-	-	-	-	-	10,98	220,2	8,894	226,2	7,334	230,6	-	-
315	-	-	-	-	-	-	-	-	17,36	277,6	14,11	285,0	11,63	290,6	-	-
355	-	-	-	-	-	-	-	-	22,10	312,8	17,91	321,2	14,68	327,6	-	-
400	-	-	-	-	-	-	34,39	340,6	28,03	352,4	22,84	361,8	18,61	369,2	15,13	375,2
450	-	-	-	-	-	-	43,52	383,2	35,38	396,6	28,89	407,0	23,64	415,2	19,16	422,0
500	-	-	-	-	-	-	53,72	425,8	43,72	440,6	35,64	452,2	29,13	461,4	23,60	469,0
560	-	-	-	-	-	-	67,27	477,0	54,77	493,6	44,61	506,6	36,48	516,8	29,66	525,2
630	-	-	-	-	-	-	85,12	536,6	69,37	555,2	56,35	570,0	46,18	581,4	37,55	590,8
710	-	-	-	-	-	-	108,1	604,8	88,01	625,8	71,75	642,2	58,65	655,2	47,75	665,8
800	-	-	-	-	-	-	137,3	681,4	111,8	705,0	90,94	723,8	74,23	738,4	60,51	750,2
900	-	-	-	-	-	-	-	-	141,4	793,2	115,1	814,2	94,06	830,6	76,52	864,0
1000	-	-	-	-	-	-	-	-	175,0	881,4	142,0	904,6	115,0	923,6	94,54	937,8

5.3 Presión externa uniforme

Figura 5.2 — Acción de una Presión externa uniforme sobre una tubería



Las tuberías pueden estar sujetas a una presión neta que actúa radialmente hacia el eje del conducto. Para calcular la presión externa asociada a esa posibilidad de fallo, ver Figura 5.2 en cuyo caso se denomina P_{cr} se dispone de la siguiente fórmula.

$$P_{cr} = \frac{24EI}{(1 - \mu^2)D_m^3} \dots\dots\dots (5.5)$$

$$P_{cr} = \frac{1}{FS} * \frac{2E}{1 - \mu^2} * \left(\frac{1}{SDR}\right)^3 \dots\dots\dots (5.6)$$

Donde

Fs= Factor de seguridad no menor de 2, toma en cuenta además la vejez del PEAD

E= Modulo de Elasticidad del PEAD a los 50 años = 2000 kgf /cm²

I= Momento de inercia de la pared del tubo cm³

μ = Relación de Poisson = 0,45 para el PEAD

Cuando la tubería está enterrada, según lo indican numerosos trabajos teóricos y experimentales la resistencia pasiva del terreno le confiere a la tubería una capacidad adicional ante sollicitaciones por cargas externas.

Para tubería lisa

$$P_{cr} = \frac{1}{FS} \sqrt{\frac{2.67 * R_w * U * W * E}{(SDR)^3}} \dots\dots\dots (5.7)$$

5.4 Solicitaciones por rellenos y cargas vivas, Método para el cálculo del aplastamiento de los conductos soterrados

En condiciones correctas de instalación (es decir, cuando se logra que el nivel de compactación esté entre el 85% y el 90% del Próctor Estándar), se ha demostrado que no se presentan fallas por aplastamiento. Con independencia de este criterio, el proyectista deberá comprobar que su diseño se deforma menos que el en la siguiente tabla en función del SDR del tubo.

Tabla 5.7 — % de deformación límite admisible en función del SDR

SDR	% de deformación límite del tubo de PEAD
32,5	7,5
26	7,5
21	7,5
17	6,0
11	5,0
9	4,0
7,3	3,0

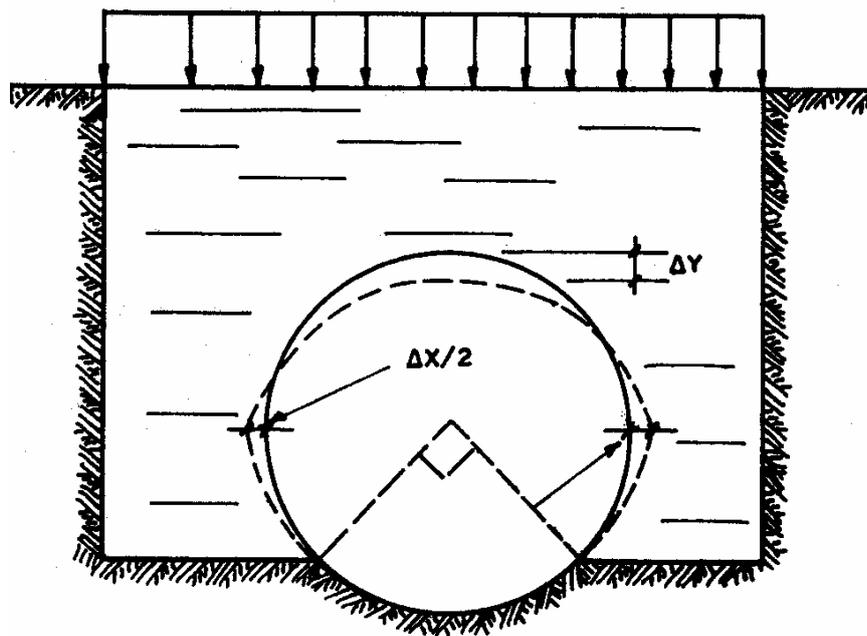


Figura 5.3 — Deformación Horizontal en Tuberías

Para las tuberías lisas se calculará por la expresión (5.12):

$$\Delta_X = \frac{\left[\left(\frac{D_e}{2} \right)^3 * (q_r + q_t) * K_{MX} * K_r \right]}{\left(\frac{2}{3} K_{MN} * E / (SDR)^3 \right) + (0.061W)} \dots\dots\dots(5.12)$$

$$q_r = C_g * \gamma * B * D_e \dots\dots\dots(5.14)$$

$$I = \frac{s^3}{12} \dots\dots\dots(5.15)$$

$$q_t = \frac{K_c * Q * D_e}{2\pi * H^2} \dots\dots\dots(5.16)$$

Donde

- Δ_x = Deflexión horizontal del tubo en cm
 q_r = Cargas producidas por el relleno kg
 q_t = Cargas producidas por Las cargas vivas (trafico) kg, véanse Tablas 5.8 y 5.8 A
 I = Momento de inercia de la Pared del tubo cm^3
 K_{mx} = Coeficiente de deformaciones progresivas y mayoración de las cargas de 1.25 a 1.5
 K_r = Constante de relleno ver Tabla 5.11
 D_e = Diámetro exterior del tubo en Cm
 E = Modulo de elasticidad (del lado de la seguridad) del material con que esta fabricado el tubo PEAD=2 000 kgf/cm²
 K_{mn} = Coeficiente de minoración por envejecimiento para el PEAD a los 50 años =0,395
 W = Modulo de reacción del suelo ver Tabla 5.13
 C_g = Coeficiente del diagrama de Marston ver Tabla 5.9
 γ = Peso especifico del terreno kg/cm³ ver Tabla 5.10
 e = Espesor de la pared del tubo cm
 Coeficiente de compactación $K_c=3$ compactado $K_c=6$ sin ninguna compactación
 K_c = material suelto
 H = Recubrimiento sobre la corona del tubo en cm
 B = Ancho de la zanja en cm
 Q = Carga máxima por goma según el tipo de tráfico en kg
 SN = Rigidez circunferencial dada por el fabricante

Tabla 5.8 — Carga máxima por rueda

No	Tipo de vehículo	Dimensión de la goma cm	Carga máxima por rueda kg	Presión de aire (kg/ cm ²)	Presión sobre el suelo (kg/ cm ²)
1	Pesado	30 X 50	3732	8,10	4,15
2	Medio	22,85 X 50,8	2577	7,75	4,93
3	Ligero	19,05 X 40,64	1264	5,28	3,50
4	Autos	17,5 X 33, 02	450	2,1	1,38

La presión sobre el suelo debe tener en cuenta el factor de impacto en función de la cobertura de tierra sobre la corona del tubo.

Tabla 5.8 A — Factor de Impacto

Profundidad sobre la corona del tubo cm	Fi
30	1,35
60	1,30
90	1,25
122	1,20
183	1,10
244	1,00

NOTA Cuando la superficie de cubierta de la zanja sea sin pavimento (hormigón) o con pavimento flexible (asfalto), el factor de impacto (Fi) será igual a 2.

Tabla 5.9 — Coeficiente Cg del diagrama de Marston

H/B	Tipo de terreno				
	a	b	c	d	e
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
0,20	0,191	0,192	0,193	0,194	0,195
0,25	0,230	0,231	0,232	0,234	0,235
0,30	0,280	0,284	0,287	0,290	0,295
0,40	0,360	0,365	0,370	0,375	0,380
0,50	0,440	0,450	0,460	0,470	0,480
0,60	0,520	0,535	0,548	0,557	0,570
0,70	0,590	0,605	0,620	0,635	0,650
0,80	0,670	0,685	0,700	0,715	0,730
0,90	0,740	0,758	0,775	0,793	0,810
1,00	0,820	0,843	0,865	0,888	0,910
1,20	0,920	0,960	1,000	1,040	1,080
1,40	1,080	1,125	1,170	1,215	1,260
1,50	1,100	1,170	1,240	1,310	1,380
2,00	1,390	1,468	1,545	1,623	1,700
2,50	1,680	1,760	1,840	1,920	2,000
3,00	1,790	1,905	2,020	2,135	2,250
4,00	2,200	2,350	2,500	2,650	2,800
5,00	2,250	2,488	2,725	2,963	3,200
6,00	2,350	2,613	2,875	3,138	3,400
7,00	2,450	2,879	3,125	3,463	3,800

Tabla 5.10 — Características del terreno

Características del terreno		
Descripción del terreno	Tipo	¥ (kg/cm ³)
Terreno no cohesivo	a	0,00160
Terreno granular suelto	b	0,00170
Terreno húmedo arcilloso	c	0,00196
Arcillas compactas	d	0,00187
Arcillas compactas saturadas	e	0,00200

Tabla 5.11 — Determinación de la constante de relleno

Angulo en Grados	0	90	120	180
Constante de relleno	0,11	0,096	0,09	0,083

Tabla 5.12 — Determinación del coeficiente de compactación

Compactación relativa estándar AASHTO	Kc
Suelto	6,0
85%	4,0
90%	3,5
95%	3,0

Tabla 5.13 — Módulo de suelo restringido (W)

Módulo de resistencia del terreno (Módulo de suelo restringido) en kgf/cm ²					
Tipo de suelo	Profundidad en m	Compactación relativa estándar AASHTO			
		85%	90%	95%	Suelto
Suelo de grano fino con menos del 25 % de contenido de arena (CL,ML,DL-ML)	0-1,5	35,2	49,2	70,3	17,8
	1,5-3	42,2	70,3	98,4	
	3-4,5	49,2	84,4	112,5	
	4,5-6	56,2	91,4	126,6	
Suelo de grano Grueso con finos (SM,SC)	0-1,5	42,2	70,3	84,4	34,50
	1,5-3	63,3	98,4	126,6	
	3-4,5	70,3	105,5	147,7	
	4,5-6	77,3	112,5	168,7	
Suelo de grano Grueso con poco o nada de finos (SP,SW,GP,GW)	0-1,5	49,2	70,3	112,5	34,50
	1,5-3	70,3	105,5	154,7	
	3-4,5	73,8	112,5	168,7	
	4,5-6	77,3	119,5	175,8	

5.4 Transmisión de Solicitaciones utilizando las tuberías. Cálculo estructural para que lo soporten

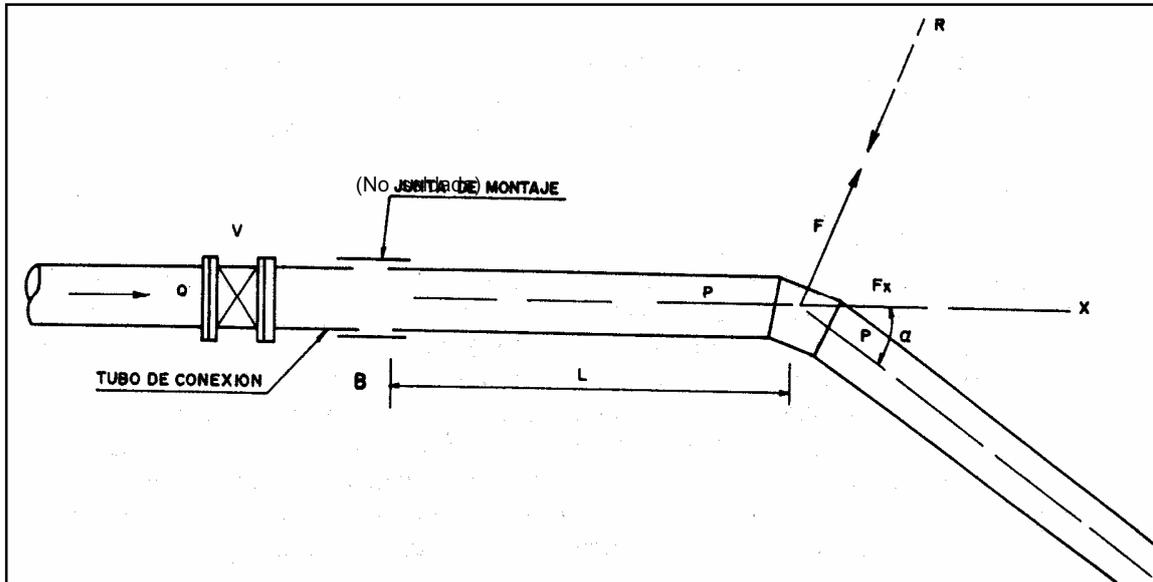


Figura 5.4 — Cálculo de la longitud necesaria para no tener que poner bloque de apoyo en las deflexiones

$$F = -R = 2PA \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (5.18)$$

$$F_x = PA (1 - \cos \alpha) \dots\dots\dots (5.19)$$

Como fuerzas que tienden a equilibrar a F, se generan las de fricción entre el suelo y la tubería y la resistencia lateral del suelo respectivamente. Puede suceder, sin embargo, que la longitud L ver Figura 5.4, sea tan corta que impida el desarrollo de esas fuerzas resistentes en la magnitud requerida para equilibrar F_x en cuyo caso, el conducto producto de esta sollicitación puede desplazarse saliéndose parcial o totalmente de la junta de montaje (No soldada) provocando una interrupción del servicio.

5.5.1 Cálculo de L para que exista estabilidad

Según Manganaro las fuerzas de fricción se evalúan por las siguientes Fórmulas:

Si $2P_0 \operatorname{tng}.\phi \geq W_s \mu$ (Suelo arenoso)

O bien $2cH \geq W_s \mu$ (Suelo arcilloso)

$$R_s = \mu (W_1 + 2W_s) \dots\dots\dots (5.20)$$

Si $2P_0 \operatorname{tng}.\phi < W_s \mu$ (Suelo arenoso) O bien $2cH < W_s \mu$ (Suelo arcilloso)

$$R_s = \mu (W_1 + W_s) \dots\dots\dots (5.21)$$

En estas expresiones.

$$P_0 = \frac{\gamma_s H^2 k_0}{2}$$

Donde

R_s = Resistencia del suelo por fricción

μ = Coeficiente de fricción tubería-suelo, con frecuencia se usa 0,3

W_1 = Peso del agua y del conducto en la longitud de la tubería sujeta a solicitaciones axiales

W_s = Peso del suelo en el relleno (desde la corona del tubo hasta la superficie del terreno)

Φ = Angulo de fricción interna

γ_s = Peso específico del suelo tomando en cuenta sus condiciones de humedad.

k_0 = Coeficiente de presión de suelo en reposo, ver Tabla 5.15

c = Cohesión del suelo (valor aproximado de referencia 0,400 kgf/cm²)

H = Recubrimiento sobre la corona del tubo.

Tabla 5.15 — Coeficiente de presión de suelo en reposo

Tipo de suelo										
Tipo	Arena limosa, saturada, arena fina			Arena suelta granos redondeados		Arena densa, granos angulares		Grava y piedra picada		
ϕ	0	5	12	20	30	37	46	51	55	61
k_0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4

$$L = 1.5 \frac{F_x}{R_s} \dots\dots\dots(5.22)$$

5.5.2 Cálculo estructural de la tubería para que soporte la transmisión de solicitaciones.

Si se deja que toda la fuerza se transmita a las paredes del tubo y que como respuesta a la misma las paredes del tubo la equilibren generando una tensión longitudinal σ_x , además de la tensión circunferencial σ_c que tienen las paredes del tubo para equilibrar la presión interior (véase Figura 5.5)

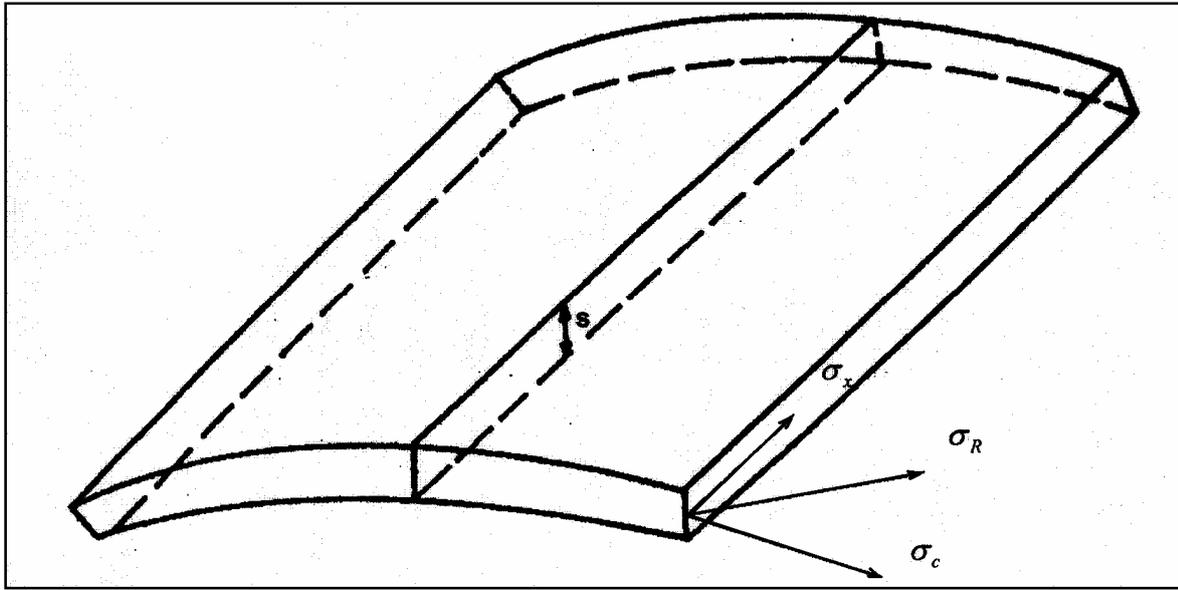


Figura 5.5 — Cálculo del (SDR) necesario para no tener que poner bloque de apoyo en las deflexiones

La situación más desfavorable será cuando el cambio de dirección sea un codo de 90° o una te en cuyos casos $F_x = PA$ y además que la presión de trabajo sea igual a la presión de diseño del tubo.

La fuerza en x será igual a la presión por el área:

$$F_x = P \cdot A = \frac{\pi D_e^2}{4} \cdot PN = \frac{\pi D_e^2}{4} \cdot \frac{2MRS/C_d}{(SDR-1)} = \frac{2\pi D_e^2 \cdot MRS/C_d}{4(SDR-1)} \quad (5.23)$$

El área del sector circular que forma la pared del tubo será:

$$A_{sc} = \text{Perímetro} \cdot \text{espesor de pared} = \pi D_e s = \pi D_e \cdot \frac{D_e}{SDR} = \frac{\pi D_e^2}{SDR} \quad (5.24)$$

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A_{sc}} = \frac{\frac{2\pi D_e^2 MRS/C_d}{4(SDR-1)}}{\frac{\pi D_e^2}{SDR}} = \frac{SDR \cdot MRS/C_d}{2(SDR-1)} \quad (5.25)$$

$$\sigma_c = \frac{MRS}{C_d} = \text{Tensión circunferencial}$$

Entonces por Pitágoras se puede calcular la tensión resultante σ_R que actúa en la pared del tubo en el perímetro de la elipse que forma el plano que corta al tubo en un ángulo con el eje X igual a Arc Tan. $\frac{\sigma_c}{\sigma_x} = \psi$; Para $13.6 \leq SDR \leq 33$ $61^\circ \leq \psi \leq 63^\circ$.

$$\sigma_R = \sqrt{\left(\frac{MRS}{C_d}\right)^2 + \left(\frac{SDR * MRS / C_d}{2(SDR - 1)}\right)^2} = \frac{MRS}{C_d} \sqrt{1 + \frac{(SDR)^2}{4(SDR - 1)^2}} \quad (5.26)$$

Si MRS =100; PE 100, y $C_d = 1,25$

Tabla 5.16 — Tensión resultante para $C_d = 1,25$

SDR	σ_R (MPa)
17	9,058
21	9,035
26	9,017
33	9,001

Como puede observarse en la Tabla 5.16 la tensión resultante es mayor que la máxima admisible para el PE100, ver Tabla 4.5

Si MRS =100; PE 100, y $C_d = 1,60$

Tabla 5.17 — Tensión resultante para $C_d = 1,60$

SDR	σ_R (MPa)
17	7,076
21	7,058
26	7,044
33	7,032

Para SDR entre 33 y 13,6 el termino $\sqrt{1 + \frac{(SDR)^2}{4(SDR - 1)^2}}$ Puede considerarse para los efectos prácticos constante = 1,13 Véase valores de σ_R en las Tablas 5.16 y 5.17

Entonces:

$$\sigma_R = 1.13 \frac{MRS}{C_d} \quad (5.27)$$

De esta forma como se demuestra en la Tabla 5.17 si se diseña la tubería con un $C_d=1,6$, no es necesario construir los bloques de apoyos en los cambios de direcciones debido a que la pared del tubo resiste las solicitaciones.

Las tuberías de PEAD pueden soportar estas solicitaciones debido a que las mismas están unidas por soldadura de termo fusión, y se puede transmitir por esto, las tensiones de tubo a tubo. Para tuberías con $\phi \geq 75$ mm hay que tener siempre presente que a una longitud L calculada por la fórmula 5.22 antes y después del cambio de dirección toda unión tiene que ser por termo o electro fusión.

El proyectista mediante análisis técnico económico determinara si es más factible colocar bloques de apoyos o aumentar el Cd de la tubería.

SECCIÓN 4 ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE CANALIZACIONES Y PRUEBAS HIDRÁULICAS

6 Especificaciones para el diseño de canalizaciones y pruebas hidráulicas

6.1 Alcance de la sección

El propósito de esta sección es fijar los criterios básicos y los requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización y el diseño de los sistemas a presión con tuberías de PEAD, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad durante su vida útil.

En la sección se incluyen una serie de criterios técnicos y prácticos que ofrecen una respuesta efectiva al diseño de las conducciones forzadas en las que se emplee este tipo de material, considerando como tales las que constituyen aquella parte del sistema cubierta por los conductos y accesorios destinados a conducir el agua hasta los puntos de entrega. El período de diseño para este tipo de obra será de 25 años en poblaciones mayores de 2000 habitantes.

6.2 Consideraciones generales

6.2.1 Selección del trazado

El trazado de la conducción se elige teniendo en cuenta la configuración del terreno y la ejecución más económica, para lo cual se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- La conducción se ubicará de modo que se facilite su localización, construcción, operación, mantenimiento y vigilancia durante toda su vida útil.
- En caso de rehabilitaciones, el inversionista en la tarea de proyección dará la ubicación de todas las redes técnicas y el proyectista la ubicará en los planos de trabajo.
- Su longitud total será la menor posible, evitando los cambios continuos y bruscos en su alineación horizontal.
- Se evitarán los terrenos demasiado accidentados (elevaciones y depresiones exageradas), así como las zonas rocosas, erosionables y cenagosas.
- Las conducciones no se ubicarán con trazados propensos a la agresión de fuentes contaminantes, como son los vertederos de desechos sólidos o líquidos y los cementerios.
- Las inflexiones normalizadas para las tuberías de PEAD en zonas urbanas serán de 30°, 45°, 60° y 90°. No se permitirán ángulos mayores de 90°. Es importante que el proyectista sea capaz de determinar con precisión dónde pueden ser omitidos estos accesorios, fundamentalmente en las conductoras, en las que en la mayoría de los casos no existen restricciones de espacio, lo que permite aprovechar las prestaciones que poseen estos tipos de tubería en cuanto a su radio de curvatura.
- El radio de curvatura mínimo establecido para las tuberías de PEAD que se ejecutarán en obra a partir de tubos ya soldados, está dado por la relación entre el diámetro exterior y la presión nominal y se calculará según la Tabla 6.1

Tabla 6.1 — Radio de curvatura admisible

Presión nominal (bar)	Radio admisible (m)
2,50	50 D
3,20	40 D
4,00	30 D
6,00	20 D
10,00	20 D

- Las distancias horizontales entre las caras exteriores de las tuberías de PEAD y otras obras no serán inferiores a las siguientes:

a) Hasta la línea constructiva o los cimientos de los edificios:

- Tuberías con diámetros de hasta 110 mm 1 m
- Tuberías con diámetros entre 110 y 355 mm 1,5 m
- Tuberías con diámetros mayores de 355 mm 3,5 m

- b) Hasta los cimientos de puentes y túneles 2 m
- c) Hasta las bases de terraplenes 4 m
- d) Hasta el borde del contrapaso o el pie del terraplén, según el caso 1,5 m
- e) Hasta las tuberías de alcantarillado, petróleo o gas 1 m
- f) Hasta los troncos de árboles 1 m
- g) Hasta las redes eléctricas o las comunicaciones soterradas 1 m
- h) Hasta el poste de las redes eléctricas de baja tensión 2 m
- i) Hasta el eje de la línea férrea 7,5 m

- Las distancias verticales entre las caras exteriores de las tuberías de PEAD y otras obras no serán inferiores a las siguientes:

- a) Hasta el último pelo de los postes de tendido eléctrico de alta tensión: 5 m de altura.
- b) Hasta el último pelo de los postes de tendido eléctrico de baja tensión o de comunicaciones: 3 m de altura.
- c) En los cruces de las conductoras de agua para consumo con tuberías de residuales, aquéllas se harán pasar por encima de las de residuales a una distancia vertical mínima de 400 mm entre las paredes exteriores de ambos conductos (en los casos en que esta distancia resulte menor, o en que la tubería de agua para el consumo pase por debajo de la de residual, aquélla se protegerá encamisándola con el mismo criterio de los cruces, o construyendo *in situ* esta protección con hormigón hidráulico, a lo largo de un tramo cuya longitud será igual a 5 m en terreno arcilloso y a 10 m en terreno permeable y se tomará a ambos lados del punto de cruce).
- d) La distancia vertical en el lugar de cruce de la tubería conductora con otras líneas subterráneas de servicio no será menor de 0,2 m. si no se especifica otra distancia por el usuario de la línea.

NOTA En los casos en que no se puedan cumplir algunos de los requerimientos anteriores, en el diseño se plasmarán y argumentarán las soluciones correspondientes.

6.2.2 Otros cruces

Los cruces de las conductoras de PEAD con carreteras, líneas de ferrocarril, ríos, arroyos, canales y otros, se ejecutarán con un ángulo aproximado de 90° en la intersección. En este sentido:

a) Para los cruces de las tuberías con obras viales se aprovecharán los puentes y alcantarillas existentes, siempre que esto no inhiba el fin para el cual estas fueron previstas. Cuando no exista esa posibilidad, el cruce se realizará mediante la colocación de una camisa de protección con un diámetro mayor que el del conducto, de acuerdo a las especificaciones siguientes, siempre y cuando el cálculo estructural del conducto de PEAD así lo recomiende:

Tuberías de diámetro menor o igual a 63 mm

$$D = 150 \text{ mm}$$

Tuberías de diámetro entre 63 y 315 mm

$$D = d + 150 \text{ mm} \quad (6.1)$$

Tuberías de diámetro mayor a 315 mm

$$D = d + 300 \text{ mm} \quad (6.2)$$

donde

D: Diámetro interior de la camisa (mm)

d: Diámetro exterior de la tubería (mm)

NOTA El tramo de conducto a colocar en el cruce debe carecer en lo posible de uniones soldadas y siempre será probado antes de ser colocado. Como camisa se tomará un conducto de un material tal como hormigón precomprimido, acero, etc. Para el diámetro se tomará el valor normalizado más cercano al valor obtenido. En dependencia del tipo de camisa seleccionada, se determinará el recubrimiento necesario para la misma.

b) Para diámetros mayores de 500 mm y vías de primera categoría se pueden construir camisas de elementos prefabricados. En estos casos se propondrán registros de inspección a ambos lados del cruce para posibles mantenimientos y reparaciones. En casos especiales se podrá proyectar túneles.

6.3 Criterios de diseño

Los conductos diseñados tendrán la capacidad de conducir el caudal con los parámetros hidráulicos óptimos, lo que contribuirá a lograr un funcionamiento correcto de los conductos durante su período de explotación.

6.3.1 Generalidades

- El diseño hidráulico para sistemas ramificados se utilizará preferentemente en poblaciones pequeñas, donde suelen faltar calles o caminos de enlace para los ramales extremos.
- Los parámetros hidráulicos del conducto se calcularán dependiendo de las características del agua a conducir (para lo que se empleará la metodología que se expone en el epígrafe "Cálculos hidráulicos" de este mismo capítulo).
- El coeficiente de rugosidad "C" de la fórmula de Hazen-William se tomará como 145.
- El módulo de elasticidad del PEAD (E) será de 2000 kgf/cm².

- Todas las piezas de PEAD a colocar no tendrán la presión nominal inferior a 10 kgf/cm²
- La rasante de la tubería se proyectará de modo que se mantenga lo más paralela posible al perfil del terreno natural.
- La rasante piezométrica se calculará para que no cruce por debajo de la línea de la tubería.
- La pendiente mínima que se recomienda en los ascensos es de 0,002 %, mientras que en los descensos será de 0,004 %. pudiéndose analizar otras pendientes dependiendo de la topografía.
- Los valores admisibles de las velocidades dependerán fundamentalmente del contenido de sólidos suspendidos en el agua y se tomará como referencia la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 — Velocidades recomendables

Tipo de agua	Velocidad (m/seg.)		
	Mínima	Normal	Máxima
Limpia	0,3	1,0 a 1,8	3,0
Residual	0,6 a 0,8		

- El conducto se diseñará de forma soterrada. Si esto no es posible, y por el contrario debe quedar expuesto, el proyectista ofrecerá una variante de protección. De lo contrario se propondrá sustituir en el tramo la tubería de PEAD por otro tipo de tubería que sea seleccionada por el proyectista y que se justifique económicamente.
- La colocación de los tubos se proyectará en zanjas con pendientes uniformes sobre una capa de asiento de material areno arcilloso de 50 mm a 100 mm de espesor, que se traerá de un préstamo estudiado y aprobado por el informe geológico realizado previamente; en calidad de préstamo se podrán emplear los productos que se obtengan con la excavación de la zanja. Es importante señalar que si la excavación se realiza con zanjadoras, en cuyo caso la rasante queda perfectamente alineada, y si las características del terreno son adecuadas (es decir, si no existen en él objetos punzantes, piedras ni partículas con un diámetro mayor de ¾”), se puede prescindir del colchón de asentamiento.
- El ancho de la zanja para la instalación de los conductos de PEAD para diámetros de 200 mm y mas será igual a D + 300 mm y el recubrimiento se determinara por calculo, (puede darse el caso que el cálculo por aplastamiento indique que es más factible aumentar el PN de la tubería que aumentar el recubrimiento), para diámetros entre 16 mm y 160 mm el ancho de zanja máximo para el recubrimiento mínimo de la tubería que se colocaran en lugares con transito de pesado a ligero puede determinarse por la Tabla 6.3 o por cálculo según prefiera el proyectista.

Tabla 6.3 — Ancho de zanja máximo para el recubrimiento mínimo

Diámetro nominal (mm)	Ancho de zanja Máximo con taludes verticales (mm)	Recubrimiento Mínimo de la tubería que incluye un espesor de pavimento de al menos 70mm. Tráfico pesado en(mm)	Recubrimiento Mínimo de la tubería sin pavimento tráfico ligero. en(mm)
16 a 32	50	170	200
40 a 90	110	310	500
110	150	490	600
160	220	Por Cálculo	Por Cálculo
NOTA 1 En caso de calles sin pavimento las profundidades se darán por el proyectista teniendo en cuenta las condiciones del lugar.			
NOTA 2 Cuando las profundidades de excavación sean mayores de 2 m y las características del terreno no garanticen la estabilidad de la zanja, se preverá el entibamiento de la misma y la sección se ampliará según la siguiente expresión.			

$$B = D + A + 40 \text{ (cm)} \quad (6.3)$$

donde

B: Ancho de la zanja, cm

D: Diámetro exterior del conducto, cm

A: Espacio lateral libre alrededor del conducto, que se determinará como la diferencia entre el ancho de la zanja de la Tabla 4.3 y el diámetro exterior del conducto, cm

- La profundidad de excavación estará dada por las características del conducto, la resistencia del suelo, el método de colocación y las cargas a las que va a estar sometido el terreno. Una vez determinados estos parámetros, se calculará el recubrimiento mínimo de la tubería según se explica en la Sección 3, u otra que esté validada. Se tendrá en cuenta que un pavimento de hormigón o asfalto tendrá un efecto atenuador de las cargas vivas equivalente a una altura de relleno al menos igual a 5 veces el espesor del pavimento.
- El rehincho debajo de todas las piezas en las calles o vías con tránsito se efectúa con relleno fluido hasta 15 cm sobre la corona del tubo y dejando la pieza embebida en él, en el resto de la tubería se rellenará hasta la corona del conducto, según se establece en las Normas NC 640 para la confección del relleno y la NC 412.
- Al proyectar la instalación de tuberías en túneles, la separación entre éstas y las paredes de los mismos será tal que permita realizar sin dificultades los trabajos de montaje y reparación.
- Cuando se requiera proyectar un registro, las distancias mínimas al conducto serán las que se establecen a continuación:

Hasta las paredes del registro:

- | | |
|--|-------|
| a) Tuberías con diámetros de hasta 400 mm | 30 cm |
| b) Tuberías con diámetros de 500 mm a 800 mm | 50 cm |
| c) Tuberías con diámetros mayores de 800 mm | 70 cm |

Desde las paredes hasta las uniones atornilladas:

- a) Tuberías menores o iguales de 500 mm 30 cm
 - b) Tuberías mayores de 500 mm 50 cm
- La distancia vertical entre la invertida del conducto y el fondo del registro, para todos los diámetros, será de 30 cm

Tabla 6.4 — Dimensión mínima de registros, de acuerdo a la profundidad de excavación

Profundidad (m)	Dimensión interior mínima del lado del registro (m)
Menor de 1	0,7
De 1 a 2	1,00
De 2 a 3	1,20
De 3 a 4	1,50
Mayor que 4	1,60

- De las dimensiones mínimas que brinda la anterior Tabla 6.4 se tomará el mayor valor que corresponda, de acuerdo a la profundidad del registro.
- La sección de la excavación para realizar los trabajos en los registros será la sección del registro, determinada anteriormente, más 1 m a cada lado.

6.3.2 En conductoras

- Todas las válvulas se colocarán con el requerimiento técnico necesario de acuerdo a la función que realizarán.
- Las válvulas de cierre, los desagües y las ventosas siempre irán colocadas dentro de registros, excepto en los tramos donde el conducto sea aéreo (cruces por puentes, etc.).
- El diámetro de las válvulas de cierre dependerá del diámetro del conducto, según se especifica a continuación:
 - a) Para conductoras de diámetro hasta de 315 mm, la válvula será la correspondiente al diámetro interior del conducto.
 - b) Para conductoras de diámetro mayores de 315 mm, la válvula será la correspondiente al diámetro interior inmediato inferior, siempre y cuando esto sea justificable económicamente.
- La distancia entre las válvulas de cierre se debe adoptar de la forma siguiente:
 - a) Para conductos con $D_n \leq 315$ mm: entre 5 m y 7 m.
 - b) Para conductos con $D_n > 315$ mm: entre 3 m y 5 m.

No obstante pudieran analizarse distancias diferentes por el proyectista.

- La colocación de los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento de los conductos, su llenado y vaciado, así como una posible ocurrencia del fenómeno de golpe de

ariete, se realizará solicitando el diámetro de las piezas de los desagües y ventosas de acuerdo al diámetro necesario que se haya calculado.

- El diámetro de salida de la conductora para la válvula de desagüe o de aire será el de la referida válvula. La solución general para la colocación de los desagües se hará de la siguiente forma, cuando se conduzca agua potable:

Tee 90° concéntrica con el diámetro de salida igual al calculado por la metodología (ésta se girará 45° para garantizar el mayor desagüe posible); niple de PEAD con la longitud necesaria para tomar los 45°; porta bridas de PEAD con brida; válvula de mariposa tipo Wafer; porta bridas de PEAD con brida; niple de PEAD. En el caso de los desagües de hasta 110 mm se podrá prescindir del codo a 45° y el ángulo se tomará con el radio de curvatura del niple. En desagües de mayor diámetro se solicitará el codo de 45°.

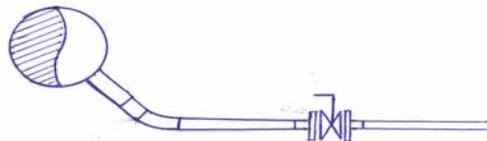


Figura 6.1 — Desagüe con Tee reducida Para conducir agua Potable

- Las soluciones generales para la colocación de las ventosas se harán de la siguiente forma:
 - a) Para válvulas de aire con diámetros mayores de 50 mm, se colocará te reducida con el diámetro de salida igual al calculado.
 - b) Para válvulas de aire con diámetros menores o iguales a 50 mm, se colocará te reducida con el diámetro de salida igual al calculado

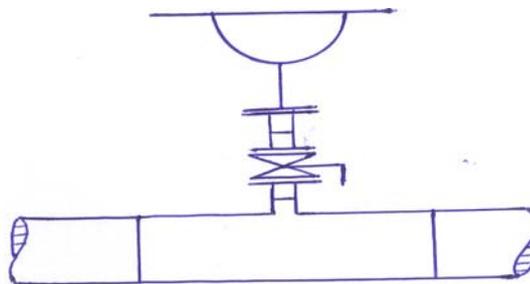


Figura 6.2 — Ventosa con unión bridada

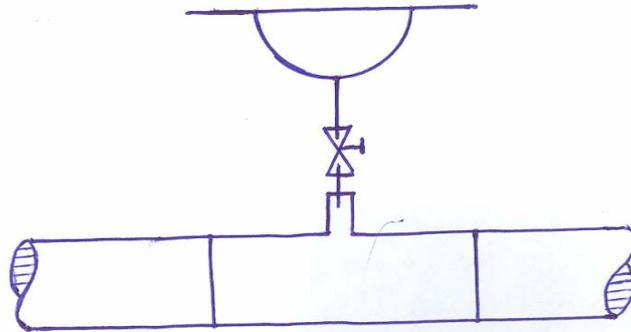


Figura 6.3 — Ventosa con unión roscada

NOTA Cuando por alguna razón no se puedan adoptar las variantes señaladas anteriormente, se utilizará cualquier otra que se justifique económicamente y en la que el diámetro de salida de la conductora para la válvula de desagüe o de aire sea igual al de la referida válvula.

- Se concebirán registros pitométricos en todas las conductoras y / o caudalímetro.
- Será de obligatorio cumplimiento para cualquier entidad inversionista incluir en la Tarea Técnica el análisis del fenómeno de golpe de ariete, cuando se solicite a la entidad proyectista el diseño o la rehabilitación de estaciones de bombeo o de conductoras. La entidad proyectista no aceptara la tarea técnica de no contemplar este requisito.
- Como elemento amortiguador del golpe de ariete se tomará cualquiera de los dispositivos disponibles en el mercado, siempre y cuando la solución técnica esté justificada económicamente. Estos dispositivos pueden ser:
 - a) Ventosas bifuncionales, trifuncionales y purgadores
 - b) Válvulas disipadoras de onda
 - c) Válvulas de seguridad
 - d) Seccionamiento de la descarga, colocando válvulas de cheque con by-pass
 - e) Incremento de la inercia de las masas rotantes de las bombas
 - f) Válvulas de alivio
 - g) Chimeneas de equilibrio
 - h) Tanques hidráulicos abiertos o cerrados
 - i) Bypass en las válvulas de cheque de las estaciones de bombeo
 - j) Tanques hidroneumáticos
 - k) Combinaciones de las soluciones anteriores

NOTA Para la solución anti ariete de cualquier sistema de conducción, con independencia de la experiencia del proyectista y de la utilización de los software disponibles para este fin en el país, será necesaria la realización de una serie de cálculos preliminares cuyos resultados deben ser introducidos en dichos software, así como tener una idea clara del tipo de golpe de ariete que se producirá. Estos cálculos se incluyen en el Anexo B.

- No se permitirá la conexión de acometidas a las conductoras.

6.3.3 En redes de distribución

- a) Para el diseño hidráulico de las redes de distribución se podrán utilizar el software disponible (Epanet, Watercad u otros).
- b) Los diámetros de las tuberías de la red se calcularán con el caudal máximo horario.
- c) Se chequearan los diámetros de los conductos para el gasto contra incendio para poblaciones entre 10 000 y 50 000 habitantes.
- d) La demanda de proyección contra incendio será de 16 L/seg.
- e) Se mantendrá un volumen mínimo de 115 m³ como reserva contra incendio.
- f) Para densidades poblacionales superiores a 280 hab/ha no se colocarán tuberías de relleno sin cálculo.
- g) Las redes en poblaciones mayores de 10 000 habitantes se calcularán para el menor diámetro posible que garantice las demandas, y presiones mínimas en el horario de máximo consumo igual o superior a 14 m y máximas en el horario de mínimo consumo de hasta 50 m
- h) En las redes de distribución donde se propongan tuberías con un diámetro superior a 160 mm, se diseñará una segunda tubería por la misma excavación para la distribución del agua mediante acometidas a los usuarios, a no ser que económicamente se justifique lo contrario.
- i) No se podrá sobrepasar la presión de 50 m en ningún conducto de la red de distribución que tenga consumo en ruta.(dentro del sector hidráulico)
 - El diámetro exterior mínimo a colocar en las tuberías principales de cálculo de las redes de distribución será de 110 mm.
 - El diámetro exterior a colocar en las tuberías de relleno en las redes de distribución será de 90 mm si se coloca uno solo; si son dos, uno por cada lado, entonces su diámetro exterior podrá ser de 75 mm.
 - Se concebirán acometidas cortas de 5 m y largas de 14 m.
 - El diámetro a colocar en las acometidas estará en función del número de viviendas servidas, de acuerdo a la Tabla 6.5.
- j) Cuando se proyecte una rehabilitación de acueducto deben tomarse las siguientes precauciones, para no provocar molestias en la población durante el proceso constructivo y mientras se siga dando el agua por horarios:
 - El trazado de la red principal debe en lo posible mantenerse por las mismas calles para variar lo menos posible las condiciones de circulación.
 - Debe chequearse que el diseño de las tuberías dentro de cada sector permita dar la dotación de la población el día de máximo consumo en el horario que se le suministra para no empeorar el abasto durante este periodo.
 - Debe chequearse que el diseño de las tuberías de la red principal permitan dar la dotación del día de máximo consumo en 12 horas a la mitad de la población.

Tabla 6.5 — Diámetro a colocar en acometidas para viviendas

Diámetro exterior del conducto (mm)	Número de viviendas servidas
16	1
20	De 2 a 4
25	De 5 a 10
32	De 11 a 25
40	De 26 a 55
50	De 56 a 110
63	De 111 a 200

- El diámetro a colocar en las acometidas para objetivos sociales se calculará utilizando el método de población equivalente, de acuerdo al consumo necesario

NOTA En edificaciones contiguas se hará una acometida cada dos edificaciones, tomando el diámetro de los tramos de forma tal que se cumpla con lo especificado en la Tabla 6.5.

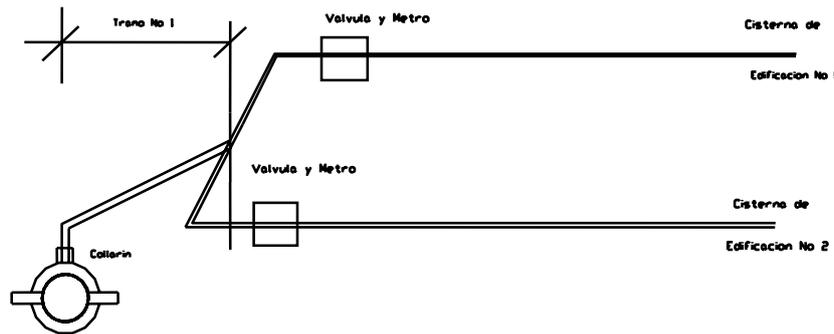


Figura 6.4 — Esquema de instalación de acometida para dos edificaciones contiguas

- Las acometidas se conectarán siempre a las tuberías de diámetro igual o inferior a 160 mm.
- Las acometidas se calcularán para el menor diámetro que disipe la carga disponible en la red y garantice la demanda de consumo con presiones mínimas en los puntos de entrega superior o igual a 14 m.
- Debe colocarse un metro contador y un elemento a la entrada de cada acometida que facilite el corte del servicio.
- Las válvulas de regulación en redes de distribución con diámetros menores de 200 mm se colocarán con un registro de tipo telescópico, mientras que las que tengan iguales o mayores diámetros se instalarán con la protección de un registro.
- La ubicación de válvulas en las redes se realizará para facilitar la regulación en circuitos donde el suministro se vea afectado por roturas o mantenimientos y para limitar los sectores.

- En las redes se colocarán válvulas de compuertas con cierre elástico tanto para regular como cuando se prevea que tendrán un movimiento frecuente. Las que no se manipulen con frecuencia y siempre permanecerán abiertas o cerradas totalmente podrán ser de mariposa.

6.3.4 La sectorización en las redes de distribución

- **Los Sectores o zonas**

Son porciones de la red de distribución que pueden aislarse hidráulicamente mediante movimiento de válvulas; las mediciones de volúmenes de agua y otras informaciones generadas en ellos sirven para precisar el diagnóstico, detectar fugas, facilitar la eliminación de estas y optimizar el control de pérdidas de agua de una zona determinada.

- **Los Circuitos**

Constituyen la unidad de medida en área inmediatamente inferior al sector hidrométrico es una opción adicional a utilizar a criterio del proyectista, fundamentalmente en lugares con topografía montañosa o densidades de población muy altas.

- **La Sectorización o zonificación**

Consiste en la delimitación hidráulica de las redes de distribución de agua potable y el cierre de sus mallas internas en sectores, o en sectores y circuitos con la finalidad de ejercer un mayor control operativo de parámetros tales como la presión, el caudal, continuidad y calidad del agua distribuida y posibilita iniciar un programa de control de agua no facturada. Esta delimitación permite crear sectores aislados unos de otros definidos en áreas cuyo tamaño estará en función de la topografía, la densidad de la población y la importancia de la red.

El concepto de sectorización está ligado al control de las presiones, los caudales, La continuidad y calidad del agua que circula por la red de distribución, la contabilización del agua no facturada, la detección y eliminación de salideros, la nivelación de las presiones por áreas, por tanto no es un asunto exclusivo de lugares con topografía accidentada. Es sin duda un concepto de vital importancia si nos proponemos administrar un acueducto de manera eficiente.

Criterios básicos en la concepción de los sectores hidráulicos

1. El planeamiento de la sectorización deberá discutirse y aprobarse en el control donde se aprueban las ideas conceptuales del proyecto (control 2).
2. El cálculo de la malla principal (esquelético) debe hacerse conjuntamente con la malla principal del sector, a la entrada del sector se colocara una válvula, para poder igualar las presiones de entrada en todos los sectores o al menos que la diferencia de presión máxima no sobrepase los 15 m. Es muy importante que se persiga en el cálculo no regular nunca en la malla principal.
3. Una primera sectorización de la red es la división del área de la misma en sectores con cotas topográficas similares y en pisos de presiones después.
4. Debe tratarse que el sector tenga una sola entrada en operación, aún cuando por esta haya que dar el agua por horario. Se aceptarán hasta dos entradas en operación a un sector cuando razones muy justificadas lo impongan esta entrada deberá procurarse que sea por el punto donde la cota topográfica sea la mayor.

5. Los conductos del sector podrán tocar a los de la malla principal o de cálculo (esquelético) solo en los puntos de entrada.
6. Los nodos del sector no deben tener diferencia de cotas topográficas superiores a los 15 m, ni diferencia de presiones superiores a 15 m esto en lugares con topografía montañosa u ondulada puede definir el área máxima del sector.
7. El área de un sector no debe ser superior a 30 ha a no ser que tenga circuitos hidráulicos dentro de él y que la suma de estos sea superior a 30 ha.
8. El sector debe estar interconectado con los sectores vecinos por medio de la red de relleno y limitado por válvula, no debe nunca limitarse con cortes de tubería para evitar los problemas sanitarios que se provocan en el final de la red.

En las entradas en operación de cada sector se proyectará un registro pitométricos donde se puedan realizar todas las mediciones deseadas, si el inversionista o el operador del acueducto no lo impugnan este registro deberá servir además para el envío de los datos a distancia.

6.4 Cálculos hidráulicos

6.4.1 Caudal de diseño

Será el caudal a conducir correspondiente al día de máxima demanda al final del período de diseño.

Para agua de consumo

$$Q_{PROM.} = \frac{Pob \times Dot.}{86\,400} \quad (L/s) \quad (4.4)$$

$$Q_{MAX.DIARIO} = Q_{PROM.} \times K_1 \quad (L/s) \quad (4.5)$$

$$Q_{MAX.HOR.} = Q_{MAX.DIARIO} \times K_2 \quad (L/s) \quad (4.6)$$

$$Q_{DISEÑO} = Q_{MAX.HOR.} + Q_{IND.} \quad (L/s) \quad (4.7)$$

donde

- Q_{PROM.}**: Gasto promedio (l/s)
- Q_{MAX DIARIO}**: Gasto máximo diario (l/s)
- Q_{MAX HOR}**: Gasto máximo horario (l/s)
- Q_{IND}**: Gasto industrial (l/s)
- K₁**: Coeficiente de irregularidad máximo diario
- K₂**: Coeficiente de irregularidad máximo horario
- Tiempo de servicio: 24 horas

El Q_{IND} se obtiene de acuerdo a la demanda de las industrias existentes y las proyectadas dentro del período de diseño.

NOTA Para seleccionar la presión de diseño de las tuberías en una red de distribución así como para hacer cumplir que las presiones no sobrepasaran los 50 m de carga en ningún momento se correrá la red para el día de menor consumo en el horario de mínima demanda.

6.4.2 Velocidad admisible

Es un parámetro hidráulico que garantiza la no sedimentación de las partículas contenidas en el agua conducida, y para el cual se tomarán como patrones los valores que antes se incluyeron en la Tabla 6.2.

Para el cálculo se utilizará la fórmula de continuidad, que tiene la siguiente expresión:

$$Q = V \times A \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (6.11)$$

donde

- Q:** Gasto de diseño (m³/s)
- A:** Área de la sección interior del conducto (m²)
- V:** Velocidad de circulación (m/s)

6.4.3 Pérdidas por fricción

Este efecto se provoca cuando las fuerzas de rozamiento se oponen al movimiento del agua conducida. Para su cálculo en los conductos a presión (forzadas) se utilizará la fórmula de Hazen-William, que tiene la siguiente expresión:

$$Q = 0,2785 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,54} \quad (6.12)$$

De ella se obtiene la fórmula para calcular las pérdidas por fricción:

$$hf = \frac{10,672 \times L}{D^{4,872}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852} \quad (6.13)$$

donde

- hf:** Pérdidas por fricción (m)
- Q:** Gasto de diseño (m³/s)
- L:** Longitud del conducto (m)
- D:** Diámetro interior del conducto (m)
- C:** Coeficiente de fricción del material

Para el cálculo hidráulico en las condiciones Libres se emplea la fórmula de Manning

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (6.14)$$

Donde

- A,** es el área mojada en m²
- Q,** es el caudal de la conducción en m³/seg.
- n,** coeficiente de rugosidad de Manning para el PEAD debe tomarse igual a 0,00952
- R,** radio hidráulico en m
- S,** pendiente de la conducción en m/m

NOTA Para el cálculo se podrán emplear los nomogramas y las tablas establecidas en la literatura especializada, o el software correspondientes.

6.5 Obras complementarias o accesorios

Son el conjunto de piezas, accesorios y estructuras que deben ser ubicados a lo largo de cada trazado con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento y el mantenimiento de la conducción durante su vida útil. Se compone de:

- a) Válvulas de cierre
- b) Válvulas de desagüe
- c) Válvulas de aire
- d) Amortiguadores del golpe de ariete
- e) Bloques de apoyo y contrafuertes
- f) Registros
- g) Hidrantes contra incendio

Válvulas de cierre

Son los accesorios que se colocan para seccionar los conductos por tramos durante la operación y el mantenimiento de los mismos.

Válvulas de desagüe

Son los accesorios que se instalan en los puntos más bajos de cada sección de la conducción, tratando siempre de desaguar a un cauce natural donde las características del terreno así lo permitan; en su defecto se proyectará el registro de bloques convencionales de cámara seca y cámara húmeda.

Válvulas de aire

Son los accesorios que se instalan en las conductoras y tuberías principales de las redes de distribución, con la finalidad de expulsar el aire generado durante el funcionamiento normal de los sistemas, así como de admitir el volumen de aire necesario para atenuar un proceso de vacío, tanto durante el funcionamiento normal de la tubería como durante su vaciado para proceder a las reparaciones.

Bloques de apoyo y contrafuertes

Son los elementos que sirven de apoyo a determinados accesorios y garantizan la estabilidad y rigidez de las tuberías sometidas a presiones hidrostáticas, en aquellos lugares donde el movimiento del flujo en el interior de las mismas produce fuerzas de empuje que contribuyen a la inestabilidad del conducto.

Las válvulas de aire y desagüe se determinarán respondiendo a cálculos hidráulicos, mientras las válvulas de aire se ubicarán para garantizar la protección de los conductos. Los tipos de válvulas y los puntos donde generalmente se ubican se ilustran en las Figuras 6.5 a la 6.15.

Los hidrantes contra incendio deben cumplir un radio de 100 m a 150 m y debe estar certificado por los bomberos.

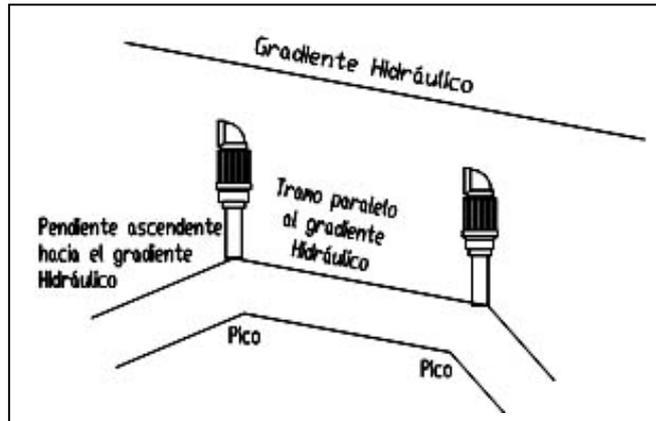


Figura 6.5 — Puntos altos (picos) ventosas trifuncionales

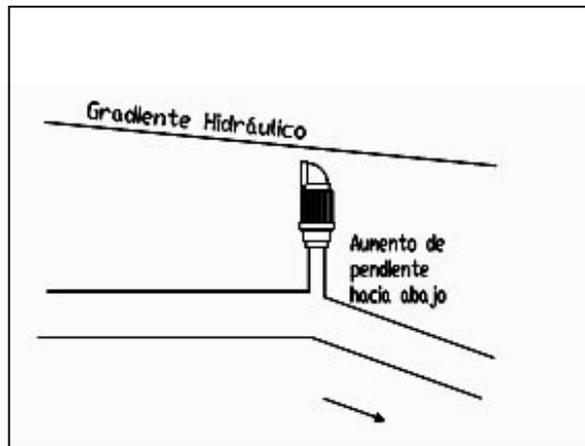


Figura 6.6 — Puntos altos en tuberías con incrementos de la pendiente ventosas trifuncionales

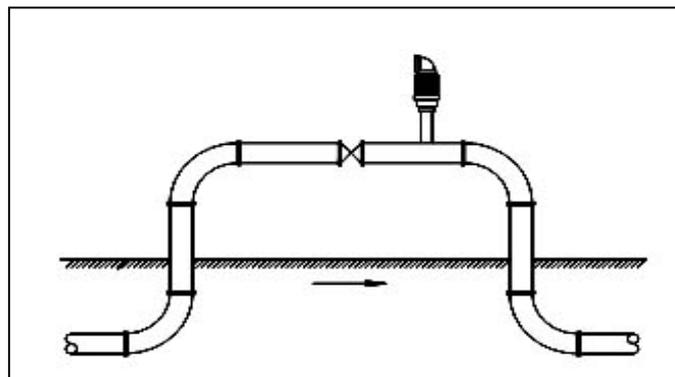


Figura 6.7 — Puntos sobre el suelo ventosas trifuncionales



Figura 6.8 — Decrecimientos de la pendiente en la tubería purgadores



Figura 6.9 — Grandes distancias con ascensos con pendientes $i < 0,002$ o con descensos con pendientes $i < 0,004$ ventosas bi funcionales

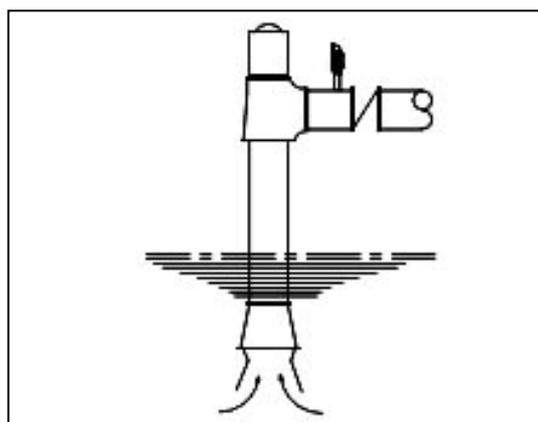


Figura 6.10 — Bombas ventosas cinéticas

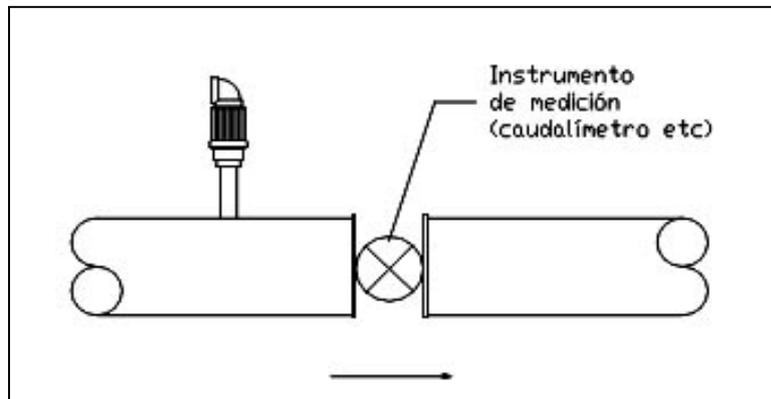


Figura 6.11 — Instrumentos de medición purgadores

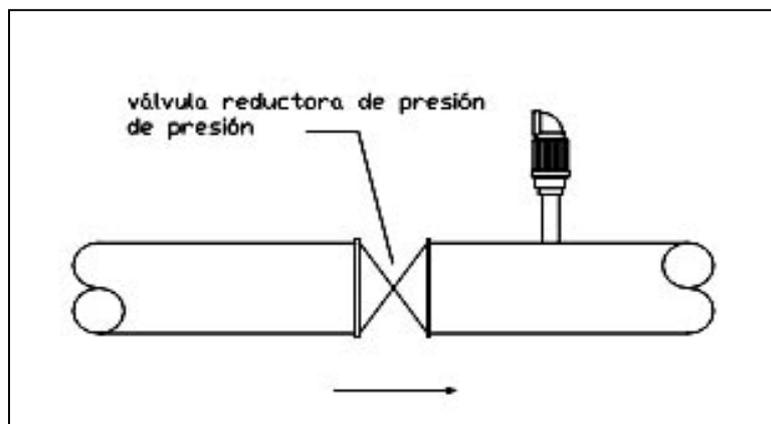


Figura 6.12 — Válvulas reductoras de presión purgadores

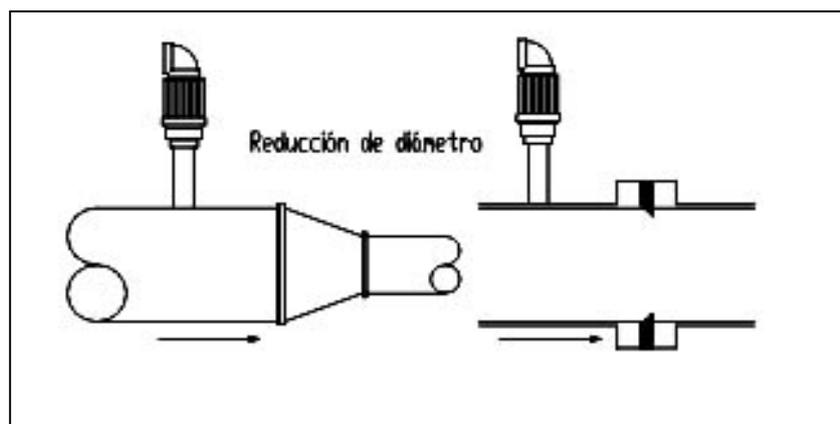


Figura 6.13 — Reducciones de diámetro: ventosas trifuncionales

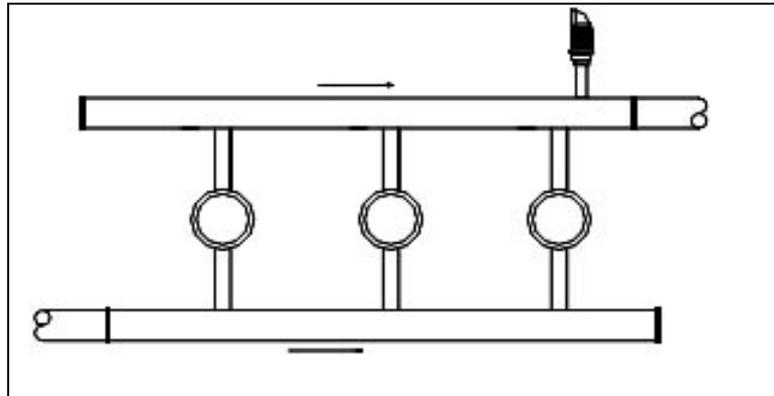


Figura 6.14 — Sistemas de filtrado purgadores

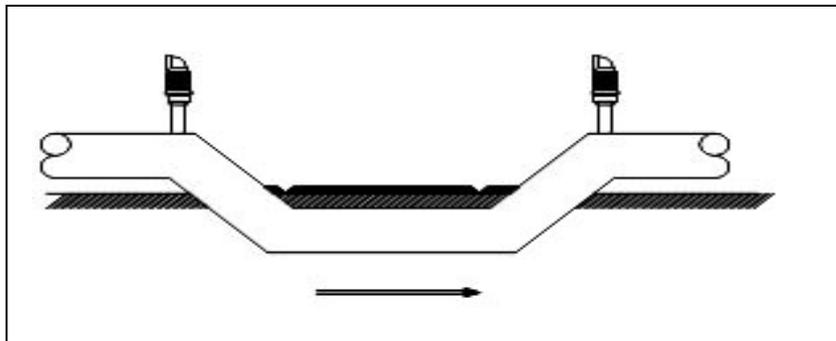


Figura 6.15 — Cruces de carreteras ventosas trifuncionales

6.6 Pruebas de presión en conductoras y en redes de acueductos

Una vez efectuada las soldaduras de las tuberías de polietileno y realizadas sus controles, se baja la tubería a la zanja y se procede a realizar las pruebas de presión, cuyo objetivo es de inspeccionar la hermeticidad de la tubería, conexiones y soldaduras.

Las pruebas de presión de las tuberías de polietileno pueden ser de tres tipos: hidráulicas, hidroneumáticas y neumáticas.

Pruebas de presión hidráulicas y prueba de fuga

Para la realización de las pruebas de presión debe seguirse el mismo procedimiento que para las pruebas de presión de cualquier otro tipo de tubería, HoFo, asbesto cemento, centro acero y SIOME, solo que hay que tener en cuenta la influencia de la temperatura en las uniones de los tubos y conexiones. Estas uniones no deben estar expuestas al sol, la temperatura de la presión nominal de la fábrica es 20°C , más, menos 3°C .

Si se decide dejarlos a la intemperie sin protección solar, es necesario medir la temperatura de la superficie del tubo con un termómetro digital láser y disminuir la presión de prueba según la tabla de disminución de la resistencia en función de la temperatura, superior a 20°C.

El valor de la prueba de presión sería:

$$PP = PT \cdot Kt \cdot 1.5$$

Donde

PP- Presión de prueba

PT- Presión de trabajo

Kt- Coeficiente de disminución de la resistencia a la presión por la temperatura superior a 20°C ver Tabla 3.4

La prueba de fuga se hará siguiendo los sistemas establecidos igual que para cualquier tubería

La prueba de presión hidráulica y prueba de fuga se hará siempre en las conductoras exteriores y en las maestras de distribución mayores de 500 mm.

La desinfección de la tubería se hará siguiendo los pasos establecidos igual que para cualquier tubería.

Prueba de presión hidroneumática

La prueba de presión hidráulica consiste en que todo el conducto estará lleno de agua y sin aire, los extremos y los desagües deben estar cerrados herméticamente, se cerrara las válvulas de paso a la ventosa.

En un punto donde esté ubicada una ventosa se le aplica presión neumática con un compresor de aire, en este punto y en el más bajo debe estar instalado manómetros.

Es decir en una conductora llena de agua sin aire, se puede aplicar una presión en un punto y esta presión se trasmite en todo el líquido dentro de la conductora, el valor de la presión dentro del líquido dependerá de la diferencia topográfica en que esté la conductora.

La presión puede ser desarrollada por una bomba de agua o un compresor neumático.

En el caso que se aplique la presión neumática con compresor, esta presión se trasmite en todo el líquido con igual valor, si la tubería está al mismo nivel.

La presión de prueba será 1,5 la presión de trabajo y será medida en el punto más bajo del tramo a probar.

La prueba de presión hidroneumática se aplica fundamentalmente en maestras de distribución de diámetro igual o inferior a 500 mm y la temperatura del tubo de polietileno (superior a 20 °C) se tendrá en cuenta al igual que en las pruebas de presión hidráulica.

El valor de la prueba de presión sería

$$PP = PT \cdot Kt \cdot 1.5$$

Donde

PP- Presión de prueba

PT- Presión de trabajo

Kt- Coeficiente de disminución de la resistencia a la presión por la temperatura superior a 20°C, ver Tabla 3.4

Prueba de presión neumática

Esta prueba solamente se permite realizar para la **tubería de polietileno en redes y con presiones máximas hasta 6 atm**, se prohíbe su utilización en otro tipo de tubería y a más altas presiones de prueba.

Su uso se recomienda para la prueba de las mallas de relleno del acueducto dentro de los sectores hidráulicos, con sus válvulas y acometidas puestas.

La prueba final del acueducto deberá hacerse siguiendo los procedimientos establecidos igual que para cualquier tubería.

SECCIÓN 5 TRANSPORTACIÓN, MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7 Transportación, manipulación y almacenamiento

7.1 Transportación

La transportación de tubos con diámetros mayores de 315 mm se efectuará colocando eslingas de material sintético, cintas de fuerza, sogas o cintas de acero recubiertas, colocadas debajo de cada tubo o de los paquetes de ellos con vistas a facilitar su manipulación a la hora de descargar los mismos. De esta forma se evita que se empleen ganchos en los extremos de los tubos durante su descarga, los que pueden afectar su esfericidad o dañar las cabezas de los mismos. Las cantidades a transportar dependerán del vehículo empleado y del diámetro de los tubos, siempre que se cumplan los requerimientos de cuidado y seguridad de transportación.

Las tuberías de polietileno pueden ser producidas en tubos rectos con longitudes variadas usualmente de 12 m o en rollos hasta un diámetro de 110 mm, con longitudes de 50 m o mayor en dependencia de los diámetros.

Debe adecuarse a las dimensiones y pesos. Las tuberías y piezas de polietileno por tener pesos ligeros, no influyen mayormente en las cargas, sino por sus dimensiones. La transportación de las tuberías se realiza mayoritariamente en rastras y cuñas con 12 m, (40 pies) o más metros de largo, ver la Figura 5.1

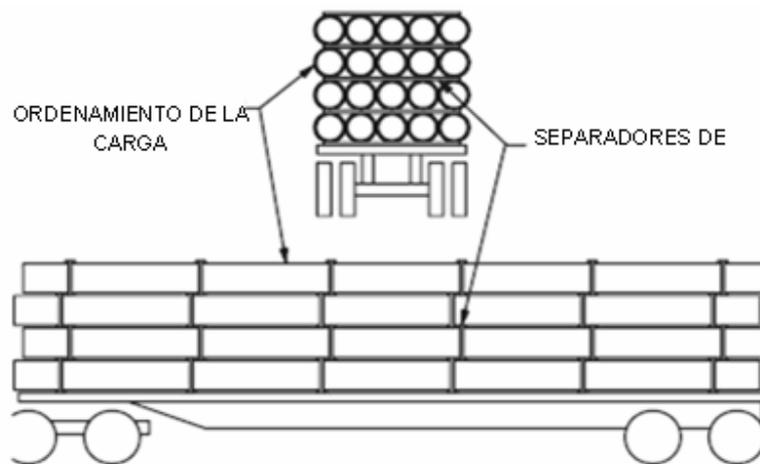


Figura 7.1 — Esquema de carga en camiones

7.2 Manipulación

La manipulación de la tubería se realizará mediante el empleo de montacargas, grúas de izaje o excavadoras. En el primer caso se tomará el tubo o el paquete de tubos con diámetros superiores a los 400 mm. mientras los equipos restantes emplearán eslingas de acero cubiertas, sogas o cintas, siempre abracando al tubo o al paquete de tubos y pudiendo emplear tijeras de izaje para diferentes diámetros o percheros en los casos de diámetros pequeños.

Las bobinas de los tubos se elaboran con tubos de diámetros desde 16 hasta 110 mm. Las características de las bobinas se establecen en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1 — Características de las bobinas

DIÁMETRO EXTERIOR DEL TUBO	LONGITUD DE LA BOBINA (m)	Dext. (mm)	Dint. (mm)	Ancho del rollo (mm)
20	200	800	400	260
25	100	840	600	260
32	100	1250	650	260
40	100	1250	900	320
50	100	1500	1040	320
63	100	1950	1400	400
75	100	2150	1600	430
90	50/100	2600	2000	500
110	50/100	2900	2150	500

Antes del comienzo de los trabajos constructivos de un sistema de tuberías, se requiere la inspección y el control de los materiales y partes requeridos, a su llegada a la instalación. Es obligatorio constatar si el aseguramiento técnico material se corresponde con las necesidades específicas y si su estado está en buenas condiciones para ser instalados. Verificar si el tubo y todas sus piezas de conexión están marcados, según la UNE-EN 12201-2, identificación del fabricante, diámetro y longitud del tubo, Material PE, Presión en bar, Periodo de producción fecha o código.

Las tuberías y las piezas de conexión y otras piezas de polietileno son transportadas desde la fábrica productora hasta la obra para su recepción. La transportación puede ser realizada por camiones, rastras o por góndolas de ferrocarril, las piezas más pequeñas pueden ser transportadas por vehículos cerrados. Las piezas de conexiones producidas por inyección y moldeo son transportadas y distribuidas dentro de cajas.

7.3 Medios auxiliares para la transportación

Los medios auxiliares empleados para la transportación de los tubos de Polietileno serán planchas con una longitud mínima de 12,0 m, con vistas a que los mismos no se doblen. Las mismas dispondrán de estacas de madera en los laterales, con una altura mínima de 1,50 m y espaciamientos de 3,0 m. De esta forma se podrán efectuar cargas de 1,40 m de altura, comprendiendo tubos de hasta 315 mm de diámetro, a los cuales se les efectuará el amarre correspondiente, evitando que ocurra cualquier tipo de daño mecánico.

7.4 Descargue

Para el descargue de los tubos se empleará una tecnología similar, empleando grúas o excavadoras con las eslingas descritas, así como tijeras. En el caso de diámetros pequeños se podrá realizar el descargue manual.

Los tubos de PEAD pueden permanecer al sol, pero los tubos de diámetros grandes no deberán entongarse unos sobre otros, ya que los mismos sufren deformaciones y hacen difícil su soldadura, un aspecto vital para el desarrollo de una buena soldadura. En todos los casos se considerarán las especificaciones del fabricante.

7.5 Movimiento

Para ejecutar el movimiento de los tubos el mismo se efectuará de forma tal que no sean arrastrados, por lo que se emplearán rodillos deslizantes o carros de traslado en tuberías de diámetros grandes, o medios manuales si los diámetros son inferiores a 200 mm. Estos procedimientos se ajustarán cuando se adquiriera equipamiento especializado para realizar estos trabajos.

SECCIÓN 6 COLOCACIÓN Y MONTAJE

8 Colocación y montaje

8.1 Conductoras

En los casos de las conductoras se ejecutará un terraplén o acceso que permita el desplazamiento de los vehículos que van a transportar las tuberías por todo el trayecto, para evitar arrastrar las mismas y facilitar el desplazamiento con las máquinas de termo fusión.

8.2 Colocación de los tubos en zanja

Para colocar los tubos en las zanjas, las mismas deberán estar sin terrones y con el fondo nivelado adecuadamente, empleando relleno únicamente en aquellos casos en que por la composición del terreno aparezcan piedras angulosas que puedan dañar el tubo. El espesor del colchón dependerá de las irregularidades de estas piedras. En el resto de los casos la compactación natural supera a la que se logra con cualquier relleno. Una vez terminada la zanja se verificara según RC 3005

Una vez soldados los tramos, se colocarán uno a continuación del otro, para que la máquina de termo fusión se desplace por el trazado. Cuando se tengan unidos de 100 m a 120 m, se deberá proceder a su colocación en la zanja, lo que se realizará izando el tubo con el equipo adecuado y colocándolo lentamente en el fondo de la zanja. Se dejarán de 30 a 40 metros sin enterrar para continuar el proceso de soldadura.

En el caso de emplear excavadoras para la realización de las soldaduras, todo el proceso debe efectuarse con el empleo de eslingas protegidas, sin usar bajo ningún concepto la cuchara excavadora para ningún tipo de maniobra. Esta situación es similar a la hora de desplazar el tubo, en cuyo caso no deben utilizarse implementos como cuchillas o cubos de cargadores, que crean daños, entre ellos los rayones, que debilitan las paredes de los tubos.

8.3 Compactación

La compactación de las tuberías de PEAD se realizará de acuerdo con los requerimientos vigentes en las normas de la construcción, considerando en los casos de redes el empleo de aditamentos especializados por el escaso ancho de la zanja. Pudiéndose utilizar el relleno fluido, este último es de uso obligatorio donde quiera que se utilice una pieza y haya tránsito sobre la misma sea en redes o conductora.

En la colocación de acometidas en las redes, se tendrá en cuenta que el orificio se realice con el empleo de herramientas adecuadas, de forma que el mismo sea uniforme y acorde con el diámetro de la acometida, este orificio tendrá un ángulo con la vertical de 45° y en el cuarto superior del tubo. La acometida deberá tener además un largo superior al necesario y por tanto formara una onda antes de llegar al collarín, con el fin de reparar en caso de roturas.

8.4 Perfil ejecutivo y hoja esquina

Para diámetros superiores a los 315 mm una vez colocado el tubo, se confeccionará un perfil ejecutivo, que validará el trabajo realizado, pudiéndose comparar con el proyecto. El mismo

podrá efectuarse tomando la altura en cada soldadura, es decir, cada 12 m, o en intervalos de 24 m. Esta condición dependerá de las irregularidades del terreno y como fue ejecutada el fondo de la zanja. Para diámetro más pequeños y dentro de la ciudad se confeccionara en cada esquina un plano o croquis que indique como se hizo el montaje de las piezas reflejando además las distancia con relación a la corona de la calle y al contén de la esquina. Hasta tanto el constructor no entregue estas evidencias firmadas y se pueda comparar con los planos de proyectos y corregidos los errores de existir, no se comenzara el proceso de recepción de la obra.

En la proyección de las redes de distribución dentro de las ciudades se realizará un convenio con relación al lado de la calle por donde irán los tubos de acueductos y a qué distancia del contén, convenio que se respetará siempre en cada ciudad.

SECCIÓN 7 SOLDADURA

9 Soldadura

9.1 Alcance de la Sección 7

La presente sección establece y regula las disposiciones básicas para las uniones soldadas de las tuberías y piezas de conexión de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) que se emplean en las conductoras de agua a presión, por el método de termo fusión. Las uniones soldadas se harán preferentemente con las piezas fijas en posición horizontal.

Se establecen que para que un operario pueda realizar una soldadura el mismo deberá estar certificado, así como las condiciones previas para la ejecución de las soldaduras y el proceso de ejecución. Se norman los controles de calidad de las uniones soldadas, así como los criterios de aceptación, rechazo y los métodos de reparación.

9.2 Términos y definiciones

A los fines de esta Norma Cubana y para el tema que trata esta sección se aplican los términos y definiciones siguientes:

9.2.1 Operador de máquina de soldar: Personal que ejecuta la unión soldada por el método de termofusión usando para ello este tipo de máquina.

9.2.2 Soldadura: Unión de dos piezas, que pueden ser un tubo con un tubo, un tubo con una pieza de conexión o dos piezas de conexión.

9.2.3 Operador certificado: Personal que ha demostrado su habilidad para ejecutar la soldadura con los requisitos establecidos.

9.2.4 Rebaba de soldadura: Rebaba que resulta en la unión soldada de tubos o conexiones.

9.2.5 Posición de soldadura: Situación del eje de tubos y conexiones apropiada para hacer la soldadura (en el caso tratado, esta posición será horizontal).

9.2.6 Defectos de soldadura: Variaciones de la calidad o discontinuidad en la unión soldada.

9.2.7 Controles de soldadura: Trabajo que se realiza para valorar si la unión soldada cumple o no con la calidad establecida y si se han utilizado los medios y equipos adecuados y el personal certificado.

9.2.8 Control ultrasónico: Método de control utilizando un equipo basado en esta tecnología.

9.3 Condiciones previas

Para la ejecución de la soldadura en la fábrica o a pie de obra con la calidad y eficacia requeridas, se deben acometer acciones previas que preparen las condiciones para realizar el trabajo. Estos trabajos previos influyen en acortar los tiempos de ejecución y disminuyen las dificultades, sobre todo a pie de obra. Entre ellos se incluyen la inspección y evaluación de los

tubos, las piezas y los materiales en general, la preparación y selección de los operarios de la máquina de soldar y la selección adecuada de los equipos, los accesorios y las herramientas.

9.4 Materiales y personal

9.4.1 Tubos y piezas de conexión

Las soldaduras de tubos y piezas de conexión se aplica conforme con las especificaciones siguientes:

- El material de los tubos y piezas de conexión es de Polietileno. En la obra se deben chequear los certificados de calidad de la fábrica.
- Chequear si las dimensiones de tubos y piezas se corresponden con las de proyecto, así como la presión nominal.
- Los tubos y piezas que no reúnan estas especificaciones serán rechazadas o en su defecto rectificadas.
- Chequear si las superficies, y sobre todo de las uniones, no están deterioradas a causa de su transportación y manipulación, y si reúnen los requisitos mínimos indispensables.
- Los tubos y piezas que aprueben las especificaciones antes expuestas pasarán a su almacenamiento a pie de obra, de forma adecuada o a lo largo de la zanja.
- Se debe hacer un acta de recepción a pie de obra en la que se recoja lo establecido anteriormente, que formará parte de la documentación de la obra. Los listados de materiales y otros aspectos se agruparán por fábricas de producción.

9.4.2 Equipos de soldadura, accesorios y herramientas

Los equipos de soldadura, los accesorios y las herramientas correspondientes para realizar las soldaduras por el método de termo fusión, estarán aptos para los trabajos. Se contará con un acta de revisión técnica actualizada que acredite su utilización. Dicha acta será expedida por la empresa ejecutora de los trabajos, y se chequeará en la obra que el estado y disposición de los materiales se correspondan con el certificado. Los equipos y aditamentos que no satisfagan estas condiciones no se podrán utilizar.

Los parámetros de los equipos de soldadura se corresponderán con los diámetros de las tuberías y las conexiones que serán soldadas.

Independientemente de su nivel tecnológico, los equipos y aditamentos, ya sean manuales, semiautomáticos o totalmente automatizados, dispondrán como mínimo de:

- Mesa alineadora con bancada
- Mordazas con los diámetros correspondientes al trabajo a realizar
- Elementos calefactores (planchas) correspondientes, regulables
- Fresa rectificadora del borde del tubo
- Soportes de elementos calefactores y rectificadora
- Pupitre de mando mecánico e hidráulico
- Equipo electrógeno correspondiente, en caso necesario

En cuanto a las herramientas, los instrumentos de medición y los materiales y elementos de alineación, se dispondrá de las herramientas requeridas para la operatividad de los trabajos, como son el juego de herramientas de la máquina, instrumentos de corte, lienzas, reglas, termómetro digital y otros.

Se dispondrá de elementos adecuados para la alineación y soporte de la tubería, así como de madrinan con rodillos móviles y otros elementos, en dependencia del lugar y las condiciones del terreno.

9.5 Proceso del trabajo de soldadura

El procedimiento de soldadura debe garantizar una secuencia de trabajo continua, sin pérdidas de tiempo y con la calidad requerida, lo que se demuestra con las propiedades mecánicas que se obtengan, tales como la resistencia, la ductibilidad y la estanqueidad, así como el logro de uniones soldadas sanas y sin defectos.

9.5.1 El equipo

Se instalará de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

9.5.2 Utilización de la rectificadora

El rectificado del tubo se hará perfectamente recto. La alineación y centralización de los tubos debe ser realizada con las mordazas adecuadas, y de esta forma deben ser fijados los extremos de la tubería a soldar. El espesor del refrentado mediante la fresa no debe ser mayor a 2 mm.

9.5.3 Alineamiento

Se verificará el alineamiento acercando con cuidado los extremos refrentados. La perpendicularidad del corte se comprueba de manera que la separación mayor entre las caras no sea mayor al 0,2 % del espesor de la pared del tubo. La falta de alineación horizontal de los tubos no debe exceder al 10 % del espesor de la pared del tubo.

9.5.4 Elementos calefactores (planchas)

Estarán en buen estado, incluyendo el recubrimiento de teflón en caso de que lo tengan. La temperatura del elemento calefactor será la especificada para la unión según el fabricante de acuerdo al espesor de la pared del tubo.

9.5.5 Presión de calentamiento

Se deben comprimir los extremos de las piezas a soldar contra el elemento calefactor con una fuerza que sea proporcional al diámetro de la tubería (ver tabla del fabricante) y luego se debe disminuir. Esto se hace con la finalidad de transmitir el calor a las paredes, al tiempo que la disminución provoca la formación de una rebarba regular que tiene relación directa con el espesor de la pared del tubo.

9.5.6 Tiempo de calentamiento

Está en función del espesor de la pared del tubo y de la presión en el momento de la soldadura, y figura entre los parámetros del fabricante del equipo.

9.5.7 Unión de los elementos a soldar

Una vez transcurrido el tiempo de calentamiento de las superficies a soldar, se retira el elemento calefactor (plancha), sin tocar el material blando y de manera uniforme. El tiempo de retirar el calefactor será el recomendado por el fabricante del equipo.

A continuación se deben unir los extremos de los tubos aplicando una presión gradual, hasta el valor final que aparece en la tabla del fabricante. El tiempo en que se aumentará la presión está en función del espesor de la pared del tubo y viene expresado en la tabla del fabricante. Esta fuerza final debe ser mantenida hasta el tiempo de enfriamiento establecido.

En los casos de uniones soldadas en las que las piezas a soldar tengan distintos espesores, se hará un bisel en la de mayor espesor hasta llegar al espesor de la menor, con una longitud que será igual a 5 veces la diferencia entre los espesores de las piezas.

9.6 Inspección y controles de calidad de las uniones soldadas

9.6.1 Derecho de inspección y controles

El inversionista tiene el deber de inspeccionar y controlar todas las soldaduras, mediante un inspector o un representante autorizado.

9.6.2 Métodos de inspección y control

Los controles no-destructivos de las uniones soldadas consisten en métodos visuales, por ultrasonido o por prueba hidrostática. Los métodos usados pueden señalar defectos, que deberán ser correctamente interpretados y evaluados. Las soldaduras deben ser evaluadas sobre la base de lo descrito posteriormente en este capítulo.

La inversión tiene el derecho de aceptar o rechazar cualquier soldadura que no satisfaga los requisitos de calidad establecidos por el método de control aplicado.

9.7 Criterios de aceptación

9.7.1 Defectos superficiales detectados por el método visual

Los defectos más comunes encontrados por el método visual son los siguientes:

- Grietas o rajaduras. Estos defectos no se permiten en ninguna dimensión.
- Desalineación entre las partes unidas por la soldadura. No se permiten si son mayores al 10% del espesor de la pared.
- Rebarba de soldadura superficiales dispares. No presentan una distribución uniforme a ambos lados del plano de la unión. No se permiten.
- Rebarba de soldadura superficiales pequeñas por falta de suficiente presión, no se permiten. Las alturas apropiadas de estas rebarbas son reflejadas en las tablas de los suministradores de los equipos, en dependencia de los diámetros y presiones nominales de los tubos.
- Falta de fusión completa de la unión soldada en todo el perímetro. No se permite.
- Porosidad superficial inadecuada. Ocurre cuando un poro individual tiene una dimensión mayor a 3,17 mm o excede el 25 % del espesor de la pared del tubo, así como cuando

en una concentración de varios poros la suma de sus longitudes es mayor a 12 mm en cualquier longitud de la soldadura, dentro de 300 mm.

La unión soldada que no satisfaga los criterios de aceptación establecidos en el examen visual será rechazada y no será necesario realizar otro tipo de control.

9.7.2 Prueba de presión

Este es el único método confiable utilizado como control de calidad de las tuberías y uniones soldadas, véase 6.6.

Anexo A
(informativo)

Cálculo del diámetro equivalente

Por la fórmula de Hazen-William se tiene:

$$H_f = \frac{10.672}{D^{4.872}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.872} \dots\dots\dots(A.1)$$

Igualando las perdidas para longitudes y gastos iguales tenemos:

$$\frac{1}{D_{Int.PEAD}^{4.872}} * \frac{1}{C_{PEAD}^{1.852}} = \frac{1}{D_{Int.OtroMat.}^{4.872}} * \frac{1}{C_{Otro.Mat}^{1.852}} \dots\dots\dots(A.2)$$

Despejando en (A3.2.2)

$$\left(\frac{C_{PEAD}}{C_{Otro.Mat.}} \right)^{0.38013136} * D_{Int.PEAD} = D_{INT.Otro.Mat.} \dots\dots\dots(A.3)$$

Si:

$$\left(\frac{C_{PEAD}}{C_{Otro.Mat.}} \right)^{0.38013136} = K \dots\dots\dots(A.4)$$

Sustituyendo:

$$D_{Int.PEAD} * K = D_{Int.Otro.Mat.} \dots\dots\dots(A.5)$$

Valores de K		
C_{PEAD}	$C_{Otro.Mat.}$	K
1.45	90	1.198767
1.45	100	1.151704
1.45	110	1.110725
1.45	120	1.074587
1.45	130	1.042384

Anexo B
(informativo)

Metodología para los cálculos preliminares del golpe de ariete

El golpe de ariete es el fenómeno que se produce al ocurrir el cierre o la apertura rápida de una válvula, la detención súbita de una bomba o cualquier otro evento que altere la velocidad del fluido en la línea. Con ello se producirá una variación brusca de la presión con referencia a la presión estática, transformándose la energía cinética de la masa móvil del agua en energía de presión.

Para la determinación del dispositivo antiarriete, por parte del proyectista será necesaria la utilización de los software conocidos, que con un cuidadoso análisis y diseño ofrecen resultados altamente confiables.

Antes de proceder al diseño con estas herramientas, el proyectista debe realizar una serie de cálculos preliminares, los cuales darán idea de la magnitud y tipo de golpe que se producirá en el caso analizado. A continuación se ofrece una metodología simplificada con los pasos que se deben seguir para comenzar a trabajar con los programas:

a) Cálculo de la velocidad de onda

$$a = \frac{1421}{\sqrt{1 + \left(\frac{K d}{E e}\right)}} \quad (\text{m/s}) \quad (\text{B.6})$$

donde

K: Módulo de compresión del agua ($2,06 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$)

d: Diámetro interior del conducto (cm)

E: Módulo de elasticidad del PEAD (para estar del lado seguro tomaremos) (3500 kgf/cm^2)

e: Espesor de pared (cm)

b) Cálculo del tiempo de circulación de la onda

$$T = 1 + \frac{K L V}{g H m} \quad (\text{s}) \quad (\text{B.7})$$

donde

K: Coeficiente adimensional que depende de la longitud del conducto:

K=2 si $L < 500 \text{ m}$

K=1,5 si $500 \text{ m} < L < 1500 \text{ m}$

K=1 si $L > 1500 \text{ m}$

L: Longitud del conducto (m)

V: Velocidad del flujo (m/s)

g: Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Hm: Altura manométrica (m)

c) Cálculo de la longitud necesaria en la impulsión para que el golpe sea directo contra la válvula de cheque

$$L = \frac{a T}{2} \quad (\text{m}) \quad (\text{B.8})$$

d) Comparación de la longitud calculada con la longitud real del conducto analizado

Si $L < L_{\text{conducto}}$, la impulsión es larga, el golpe es directo contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Allievi.

Si $L > L_{\text{conducto}}$, la impulsión es corta, el golpe es indirecto contra la válvula de cheque y la presión crítica máxima de sobrepresión se calcula por la fórmula de Michaud.

e) Cálculo de la presión crítica máxima de sobrepresión, teniendo en cuenta el tipo de impulsión y el efecto del golpe

Fórmula de Allievi

$$P_c = \frac{a V}{g} \quad (\text{m}) \quad (\text{B.9})$$

Fórmula de Michaud

$$P_c = \frac{2 L V}{g T} \quad (\text{m}) \quad (\text{B.10})$$

f) Cálculo de la presión máxima de colapso que se va a producir en el instante en que ocurra el golpe de ariete

$$P_{\text{máx. sobrepresión}} = P_c + P_{\text{punto crítico del sistema}} \quad (\text{B.11})$$

Donde el valor del Punto crítico del sistema normalmente coincide con la presión en la estación de bombeo (m).

g) Cálculo de la presión máxima de vacío que se va a producir en el instante en que ocurra el golpe de ariete

$$P_{\text{máx. vacío}} = \frac{24 E I f}{(1 - u^2) D^3} \quad (\text{m}) \quad (\text{B.12})$$

$$I = \frac{e^3}{12} \quad (\text{cm}^3) \quad (\text{B.13})$$

donde

I: Momento de inercia de la pared del tubo

f: Factor que depende de la deformación del tubo durante el montaje:

% deformación	0	1	2	3	4	5
f	1	0,91	0,84	0,76	0,70	0,64

u: Relación de Poisson, que depende de la temperatura y varía entre 0,30 y 0,50.

h) El valor obtenido en (46) como presión de vacío que resiste el conducto, y la presión nominal del conducto propuesto en el proyecto, se introducen como fronteras extremas al software utilizado, y posteriormente se analizan los resultados hidráulicos. De la comparación anterior se procede a la propuesta de los posibles aditamentos antiarrietes.

NOTA Nunca se debe proponer como solución antiarriete solicitar un conducto cuya presión nominal sea superior a la calculada en el análisis hidráulico, a no ser que se justifique económicamente.

Los aditamentos a colocar como dispositivos antiarriete son los mencionados en 6.3.2.

Anexo C
(informativo)

Piezas más comúnmente usadas en la rehabilitación de redes

Válvulas más usadas



Válvulas de compuerta cierre elástico



Válvulas de mariposa tipo wafer



Válvula de bola

Piezas de conexiones



Enlace PE-PE



Enlace Rosca Hembra



Enlace PE-PE Reducido



Enlace Rosca Macho



Te PE-PE



Codo PE-PE



Te Rosca Macho



Codo Rosca Macho



Te Rosca Hembra



Codo Rosca Hembra



Collarín de derivación para salida de acometida

Anexo D
(informativo)

Utilización de algunas piezas especiales para facilitar el trabajo de la rehabilitación de redes

Cuando se tiene que empatar el Tubo de PEAD con una tubería rígida existente se debe utilizar la brida universal



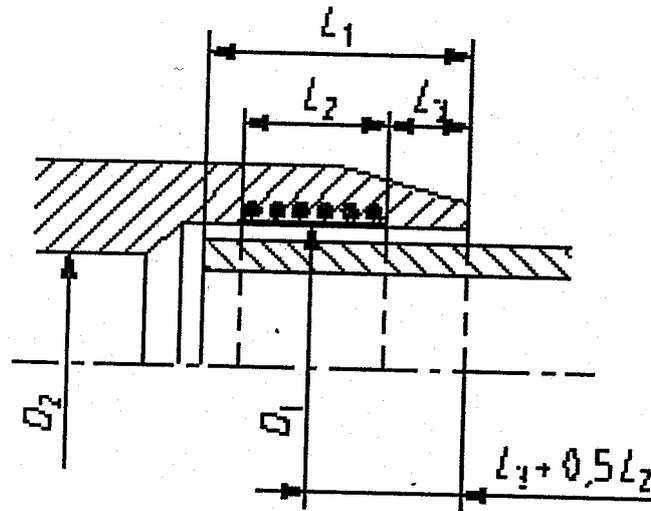
Brida Universal

Esta pieza agarra el tubo rígido por su exterior haciendo estanca la unión la junta de goma, y mediante porta brida de PEAD y brida metálica con tornillos se continua la conducción con tubería de PEAD

Cuando se tiene que empatar la tubería de PEAD con otra tubería de PEAD pero por alguna razón no se pueden soldar por termo fusión entonces una solución es el uso de la brida doble cámara, Esta pieza agarra el tubo de PEAD por su exterior haciendo estanca la unión la junta de goma, y mediante porta brida de PEAD y brida metálica con tornillos se continua la conducción con tubería de PEAD. Estos casos pueden darse en el momento de rehabilitar con Topo o para arreglar el salidero de una cruceta de PEAD

**Brida Doble Cámara, Para tubería de PEAD**

Otra Pieza para solucionar este problema es la utilización del manguito electro soldable. Como con este elemento lo único que hay que introducir en la zanja es la pieza y los cables para el electro soldadura, el trabajo es más fácil y une los dos elementos de PEAD con mayor seguridad y a menor costo que con una pieza especial.



Sección del manguito electro soldable EN 12201-3

FST



Abrazadera de reparación y o de derivación

Con esta pieza pueden resolverse los mismos problemas que con la brida doble cámara y la brida universal Pero a un costo superior. Su uso mas frecuente es como abrazadera de reparación momentánea (sin salida bridada, ciega), para no tener que interrumpir el servicio.



Unión universal

La unión universal permite unir tuberías de diferentes materiales y diámetro



Unión universal de gran tolerancia

La unión universal de gran tolerancia permite unir tuberías de diferentes materiales y diámetro en un mayor rango que la unión universal



Collarín universal

El collarín universal con salida a brida o a rosca es una pieza muy utilizada en la colocación de ventosas, sobre todo en conducciones ya construidas, así como en la salida de una derivación nueva en una conducción ya existente.

Anexo E
(informativo)

Piezas especiales para facilitar el trabajo en las Estaciones de Bombeos



Carrete telescópico de desmontaje



Válvulas Especiales, controladoras de Caudal, Presión, etc.

Anexo F
(informativo)

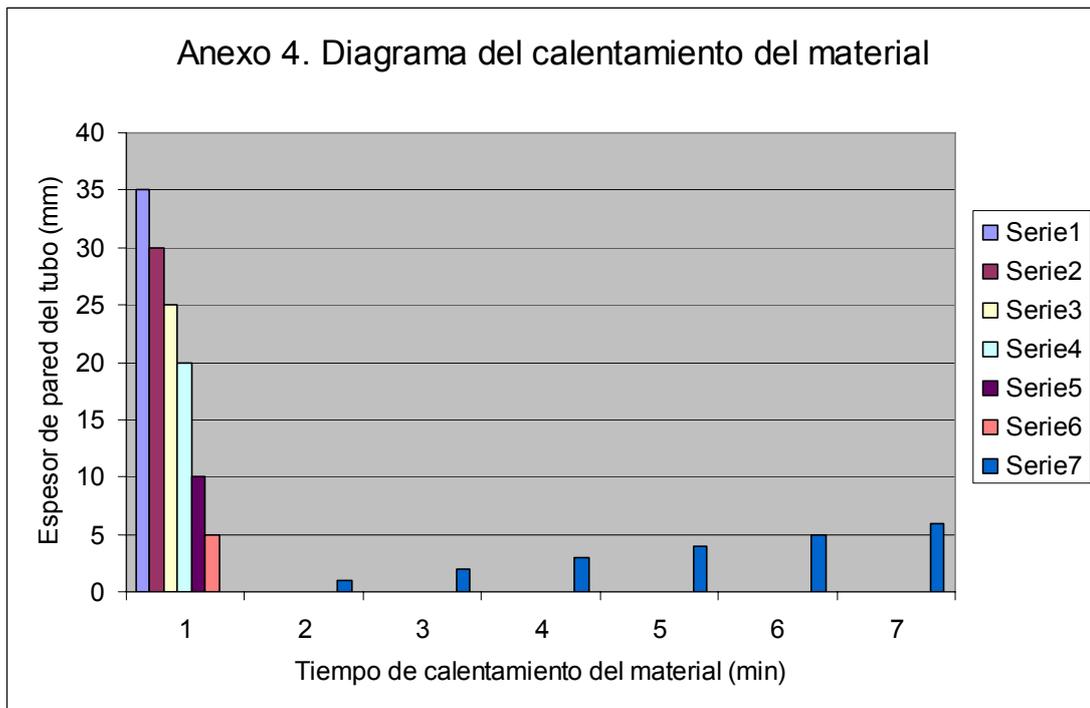
Tabla de la fuerza inicial de calentamiento y de soldadura

Diámetro exterior (mm)	Fuerza inicial de calentamiento para tubo de Pn 10	Fuerza inicial de soldadura para tubo de Pn 10
32	14	42
40	21	63
50	33	99
63	52	156
75	74	222
90	106	317
110	157	471
125	204	610
140	256	768
160	334	1000
180	422	1264
200	520	1559
225	659	1975
250	814	2440
280	1019	3057
315	1290	3870
355	1636	4908
400	2078	6234
450	2633	7899

NOTA La fuerza se da en N/mm²

Anexo G
(informativo)

Diagrama del calentamiento del material



Bibliografía

- [1] Cuba, NC 53-121:1984 Elaboración de proyectos de construcción — Acueducto — Especificaciones de proyecto.
- [2] Cuba NC 48-03:1983 Ingeniería Hidráulica — Riego y drenaje — Términos y definiciones.
- [3] Cuba NC 48-14:1983 Ingeniería Hidráulica — Drenaje pluvial de cubiertas — Especificaciones de proyecto.
- [4] Cuba NC 48-26:1983 Ingeniería Hidráulica — Drenaje pluvial urbano — Especificaciones de proyecto.
- [5] Organización Panamericana de la Salud. Seminario sobre diseño de abastecimiento de agua.
- [6] Argentina Publicación científica No.95, Argentina, 1964.
- [7] URSS Kiselióv. Manual de cálculos hidráulicos.
- [8] Argentina, Gobierno de Mendoza. Especificaciones técnicas generales. Red de distribución de agua. Octubre del 2004.
- [9] México, Norma Oficial Mexicana NOM-013-CNA-2000. Redes de distribución de agua potable.
- [10] Especificaciones de hermeticidad y métodos de prueba.
- [11] México Norma Oficial Mexicana NOM-002-CNA-1995. Tomas domiciliaria para abastecimiento de agua potable. Especificaciones y métodos de prueba.
- [12] Venezuela, Manuel Vicente Méndez. Tuberías a Presión. Caracas, Universidad Católica Andrés Bello, 1995.
- [13] Colombiana RAS-98. Título A. Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico.
Norma Colombiana NTC 1063. Medición de agua en conductos cerrados
- [14] México, Norma del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para el uso de tuberías de PEAD.
- [15] Chile, Norma de la Industria Chilena de Tecnología Hidráulica para el uso de tuberías de PEAD.
- [16] España, Catálogo de válvulas de aire IRUA. Vizcaya, España.
- [17] UNE, Guía técnica para tuberías de PEAD, producidas en la Unión Europea.
- [18] ISO 1167/1996 Tuberías de termoplástico para el transporte de fluido/ resistencia a la presión interna/ Métodos de pruebas.

- [19] ISO 7686/1992 Tuberías y accesorios de Plástico — Opacidad — Método de pruebas.
- [20] ISO 6259-3/1997 Tubos termoplásticos determinación de las propiedades de tensión.
- [21] España, EN 921 Determinación de la resistencia a la presión interna a temperatura constante.
- [22] USA, The complete corrugated polyethylene pipe design manual and installation guide.
- [23] España, Cabrera, E., Espert., V., García-Cerra, J., Martínez, F. Ingeniería Hidráulica aplicada a los sistemas de distribución de agua. Universidad Politécnica de Valencia.
- [24] Cuba, Conceptos de reducción y control de pérdidas y de sectorización de redes de distribución. Instituto cubano de tecnología del agua. IMTA
- [25] Cuba, Marchan Peña, J.y Rojas Hernández, Genaro. La sectorización de las redes de distribución de agua potable y su efecto multipropósito sobre la calidad de los servicios.
- [26] Cuba, Monzón-Sánchez, A., Romero Veranes, O. Trabajos complementarios para el proyecto de operaciones del acueducto de Santiago de Cuba. 2011
- [27] Cuba, Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS-2000. Sección II título B. Sistemas de acueducto. Bogotá D.C. Noviembre de 2000.
- [28] Cuba, Trabajos de sectorización Aguas de la Habana.
- [29] Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal By Lars-Eric Janson
- [30] USA, PPI Above Ground Applications for Polyethylene Pipe
- [31] Cuba, RST-07-08. Reglas para la certificación de los soldadores y operarios que laboran en el equipamiento y tuberías de las instalaciones nucleares.
- [32] Cuba, Manuel Tito Méndez, Libro de Soldadura y Defectos.
- [33] Cuba, Instructivo Técnico PEAD INRH
- [34] ISO 1133: 1997 determinación del índice de fluidez de materiales termoplásticos en masa (IFM) y en volumen (IFV)
- [35] ISO 12201-1 Sistemas de tuberías de plástico para el suministro de agua — Polietileno (PE) — Parte 2: Generalidades
- [36] ISO 1183: 2004 Métodos para determinar la densidad de plásticos no celulares.