

*ORDEN de 28 de Julio de 1974 por la que se aprueba el "Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimiento de agua" y se crea una "Comisión Permanente de Tuberías de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento de Poblaciones"*

Ilustrísimos señores:

Por Orden ministerial de 22 de agosto de 1963 se aprobó el "Pliego general de condiciones facultativas de tuberías para abastecimientos de agua ", redactado por la Comisión constituida por Orden ministerial de 21 de enero de 1959.

La vigencia de aquel Pliego se señalaba hasta el 31 de diciembre de 1965 y, tras la experiencia de su implantación y del estudio de las observaciones formuladas por los Organismos y Empresas afectados, el Centro de Estudios Hidrográficos propondría el mantenimiento o modificación de su articulado.

El Presidente de la Comisión encargada de estudiar las observaciones formuladas propuso diversas prórrogas a la vigencia del Pliego, en atención al número de las observaciones recibidas y a la conveniencia de una revisión más amplia del documento.

En la redacción actual se ha tomado en consideración el constante progreso de la técnica, la existencia de nuevos materiales, las realizaciones de otros países y las experiencias nacionales, llegando, en algunos casos, a la comprobación de determinadas características en laboratorios propios

Se modifica el título del Pliego, con el objeto de adecuarlo al Reglamento General de Contratación del Estado.

Considerada la necesidad de someter la normalización técnica a una revisión permanente, para evitar el desfase de su actualización, se juzga conveniente reorganizar y dar carácter permanente a la Comisión encargada de la redacción de pliegos de prescripciones de tuberías; la que, por otra parte, deberá acometer la tarea similar de proponer un pliego de tuberías para saneamiento de poblaciones.

Cumplido el trámite previo previsto en el artículo 74 del citado Reglamento y visto el informe emitido por la Junta Consultiva de Contratación Administrativa,

Este Ministerio ha dispuesto:

**Artículo 1º.**— Aprobar el adjunto "Pliego de prescripciones técnicas generales para tuberías de abastecimientos de agua", cuyo cumplimiento será preceptivo en el proyecto y ejecución de todas las obras de la competencia de este Departamento.

**Artículo 2º.**— El Pliego entrará en vigor en la fecha siguiente al día de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado", y será de aplicación a los proyectos cuya orden de redacción sea posterior a aquella fecha.

**Artículo 3º.**— Se crea la "Comisión Permanente de Tuberías de Abastecimiento de Agua y de Saneamiento de Poblaciones", cuyas funciones serán la redacción y revisión permanente

de los pliegos de prescripciones técnicas generales de tuberías y la realización de todos aquellos estudios y trabajos relacionados con estos temas.

**Artículo 4°.**— La citada Comisión Permanente estará presidida por el Subdirector general de Programación Económica de la Secretaría General Técnica de este Departamento e integrada por los siguientes Vocales:

- Ingeniero Jefe de la Sección de Tecnología Hidráulica de la Dirección General de Obras Hidráulicas.
- Ingeniero Jefe de la Sección de Ingeniería Sanitaria de la Dirección General de Obras Hidráulicas.
- Un representante del Centro de Estudios Hidrográficos.
- Un representante del Laboratorio Central de Ensayo de Materiales de Construcción.
- Un representante del Canal de Isabel II.
- Un representante del Instituto "Eduardo Torroja" de la Construcción y del Cemento.

La Secretaría de la Comisión estará desempeñada por el Jefe del Gabinete de Organización, Racionalización y Normas Técnicas de la Secretaría General Técnica.

El nombramiento de cada Vocal se hará por Orden ministerial, así como el del Vocal suplente correspondiente.

Se faculta a la Comisión para constituir grupos de trabajo que tengan por misión la recopilación de antecedentes y preparación de estudios básicos.

**Artículo 5°.**— Los miembros de la Comisión percibirán los derechos de asistencia con arreglo a lo determinado en el vigente Reglamento de Dietas y Viáticos.

Lo que comunico a VV.II.  
Dios guarde a VV.II.  
Madrid, 28 de julio de 1974.

VALDÉS Y GONZÁLEZ ROLDAN

**ILMOS. SRES. SUBSECRETARIO, SECRETARIO GENERAL TÉCNICO Y DIRECTORES  
GENERALES DEL DEPARTAMENTO.**

## 2. MATERIALES Y ENSAYOS

### 2.1. Generalidades.

2.1.1. Todos los elementos que entren en la composición de los suministros y obras procederán de talleres o fábricas aceptados por la Administración.

2.1.2. Los materiales normalmente empleados en la fabricación de tubos y otros elementos para tuberías serán los siguientes: Fundición, acero amianto-cemento, hormigón, plomo, bronce, caucho y plástico. Estos materiales, o los componentes con los que éstos se fabriquen, habrán de satisfacer las condiciones previstas en este capítulo para cada uno de ellos o para las materias con las que se fabrican.

2.1.3. Podrá aceptarse el empleo de materiales distintos de los señalados, de uso no corriente en las conducciones de agua, pero obligará a priori la realización de los ensayos necesarios para determinar las características actuales y el comportamiento en el futuro del material, de los tubos y de las piezas especiales, sometidos a las acciones de toda clase que deberán soportar cuando estén en funcionamiento. Estos ensayos se realizarán en los laboratorios oficiales, designados, en su caso, por la Administración, y sus resultados permitirán fijar los límites de las citadas características en el pliego de condiciones correspondiente, de acuerdo con los criterios generales establecidos en este Pliego.

2.1.4. La Administración fijará las condiciones para la recepción de los elementos de la conducción fabricados con dichos materiales, y las decisiones que tome deberán ser aceptadas por el contratista.

### 2.2. Calidad de los materiales.

2.2.1. Los materiales a emplear en la fabricación de los tubos deberán responder a los requisitos que en este Pliego se indican.

2.2.2. Además de los controles que se efectúen en los laboratorios oficiales, que serán preceptivos en caso de duda o discrepancia, deberán efectuarse análisis sistemáticos durante el proceso de fabricación; con tal fin, el fabricante estará obligado a tener próximo a sus talleres un laboratorio idóneo para la determinación de las características exigidas a cada material en este capítulo del Pliego.

### 2.3. Calidad de la fundición.

2.3.1. La fundición empleada para la fabricación de tubos, uniones, juntas, piezas y cualquier otro accesorio deberá ser fundición gris, con grafito laminar (conocida como fundición gris normal) o con grafito esferoidal (conocida también como nodular o dúctil).

2.3.2. La fundición presentará en su fractura grano fino, regular, homogéneo y compacto. Deberá ser dulce, tenaz y dura; pudiendo, sin embargo, trabajarse a la lima y al buril, y susceptible de ser cortada y taladrada fácilmente. En su moldeo no presentará poros, sopladuras, bolsas de aire o huecos, gotas frías, grietas, manchas, pelos ni otros defectos debidos a impurezas que perjudiquen a la resistencia o a la continuidad de material y al buen aspecto de la superficie del producto obtenido. Las paredes interiores y exteriores de las piezas deben estar cuidadosamente acabadas, Limpiadas y desbarbadas.

## **2.4. Características mecánicas de la fundición.**

2.4.1. Las características mecánicas de la fundición gris normal se comprobarán de acuerdo con las normas de ensayo que figuran en este Pliego, y los resultados deberán ser los expresados en el cuadro número 2.4.1.

2.4.2. Las características mecánicas de la fundición dúctil se comprobarán de acuerdo con las normas de ensayo que figuran en este Pliego, y los resultados deberán ser los expresados en el cuadro número 2.4.2.

2.4.3. Los tubos, uniones y piezas de las conducciones deberán poder ser cortados, perforados y trabajados; en caso de discusión, las piezas se considerarán aceptables si la dureza en unidades Brinell no sobrepasa lo indicado en los cuadros 2.4.1. y 2.4.2.

## **2.5. Ensayos mecánicos de la fundición.**

2.5.1. Los ensayos mecánicos preceptivos a que habrá de someterse la fundición para comprobar la calidad del material serán los siguientes:

Ensayo de rotura a tracción o flexo-tracción (2.6) y (2.7).  
Resiliencia o impacto sólo para la fundición gris (2.8) y (2.9).  
Dureza Brinell (2.10).

2.5.2. Estos ensayos tendrán lugar de acuerdo con las condiciones que figuran en (2.6) a (2.10) y con las instrucciones específicas complementarias que pudieran dictarse.

2.5.3. Durante el periodo de fabricación se efectuarán ensayos mecánicos por lo menos dos veces por jornada de fundición.

2.5.4. Cuando el representante de la Administración asista al proceso de fabricación o colada, señalará el momento de la toma de muestras y preparación y ensayo de las probetas. Estas muestras serán marcadas con un punzón y se tomará nota de su fecha de fabricación. Si dicho representante no estuviera presente para efectuar estas operaciones, el fabricante podrá proseguir la fabricación y toma de muestras sin su presencia.

2.5.5. De cada lote de tubos procedentes de la misma colada se sacarán tres probetas para cada uno de los ensayos a realizar. El valor medio obtenido de cada serie de ensayos no debe ser inferior en ningún caso, a los valores previamente fijados y además ninguna de las tres probetas dará un resultado inferior en un diez por ciento (10 por 100) a dichos valores.

## **2.6. Ensayos para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición.**

2.6.1. Este ensayo, en los tubos de fundición centrifugada en coquilla metálica, se hará sobre anillos que se cortarán del extremo macho del tubo: éstos serán de unos veinticinco milímetros de anchura. Las secciones serán mecanizadas, perfectamente paralelas y perpendiculares al eje del tubo. El anillo será colocado en una máquina apropiada que permita proporcionar un esfuerzo de tracción por el interior por medio de dos cuchillos orientados en dos generatrices diametralmente opuestas. Los filos de estos cuchillos, apoyados en dichas dos generatrices, están formados por la intersección de dos caras que deben formar un ángulo de ciento cuarenta grados (140°) acordadas con un radio de cinco milímetros (5 mm.).

En la figura 2.6.1. puede verse una disposición satisfactoria.

La tensión de rotura a flexión del anillo se deducirá de la carga total de rotura por la fórmula siguiente:

$$\sigma_r = \frac{3 P (D + e)}{\pi b e^2}$$

en la cual:

$\sigma_r$  =tensión de rotura a la flexión de anillo en Kg/mm<sup>2</sup>.

P =carga de rotura en kilogramos.

D =diámetro interior del anillo en milímetros.

e =espesor del anillo en mm.

b =anchura del anillo en mm.

#### CUADRO NUMERO 2.4.1.

##### Fundición gris con grafito laminar (fundición gris normal)

| Ensayos<br>--<br>Tipos de fundición                                  | Flexión<br>(mínimo)<br>--<br>Kg/mm <sup>2</sup> | Tracción<br>mínimo<br>garantizado<br>--<br>Kg/mm <sup>2</sup> | Resiliencia<br>(mínimo)<br>--<br>Kg/cm <sup>2</sup>                 | Dureza<br>Brinell<br>máxima | Módulo<br>elasticidad<br>(1)<br>--<br>Kg/mm <sup>2</sup> |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Tubos centrifugados en coquilla metálica $\text{Æ}$ £ 300 milímetros | 40<br>(Anillos)                                 | --                                                            | 0,12                                                                | 215<br>(235 en superficie)  | 10.000 a<br>12.000                                       |
| Tubos centrifugados en coquilla metálica 300 < $\text{Æ}$ < 600 mm.  | --                                              | 20                                                            | 0,12                                                                | 215<br>(235 en superficie)  | 10.000 a<br>12.000                                       |
| Tubos centrifugados en coquilla metálica $\text{Æ}$ > 600 milímetros | --                                              | 18                                                            | 0,12                                                                | 215                         | 10.000 a<br>12.000                                       |
| Tubos centrifugados en molde de arena                                | --                                              | 18                                                            | 0,12                                                                | 215                         | 10.000 a<br>12.000                                       |
| Tubos fundidos verticalmente en molde de arena, uniones piezas       | (2)<br>26                                       | (2)<br>14                                                     | Se<br>sustituye<br>por el<br>ensa-<br>yo de<br>impac-<br>to (2.09). | 215                         | 7.000 a<br>10.000                                        |

(1) Los valores de esta columna son meramente indicativos.

(2) Sólo será obligatorio realizar uno de los dos ensayos.

## CUADRO NUMERO 2.4.2.

### Fundición gris con grafito esferoidal (fundición dúctil)

| Ensayo<br>--<br>Tipos de fundición                 | Tracción<br>mínimo<br>garantizado<br>--<br>Kg/mm <sup>2</sup> | Alargamiento<br>a la rotura<br>--<br>Porcentaje | Dureza Brinell<br>máxima |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|
| Tubos centrifugados .....                          | 43                                                            | 8                                               | 230                      |
| Tubos fundidos en molde<br>de arena y piezas ..... | 43                                                            | 5                                               | 230                      |

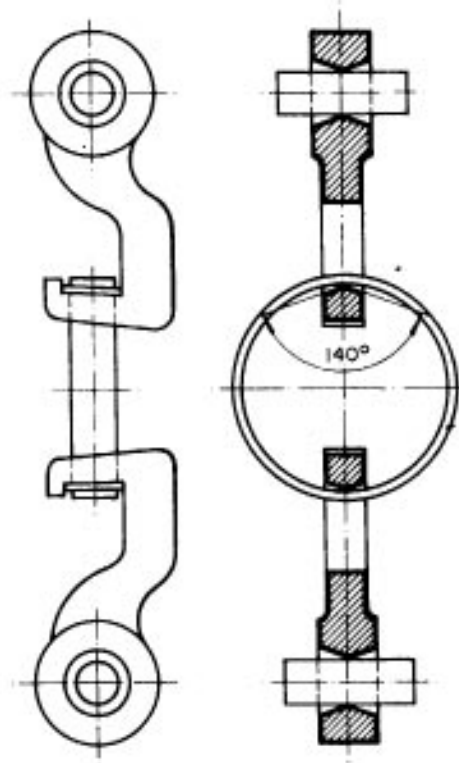


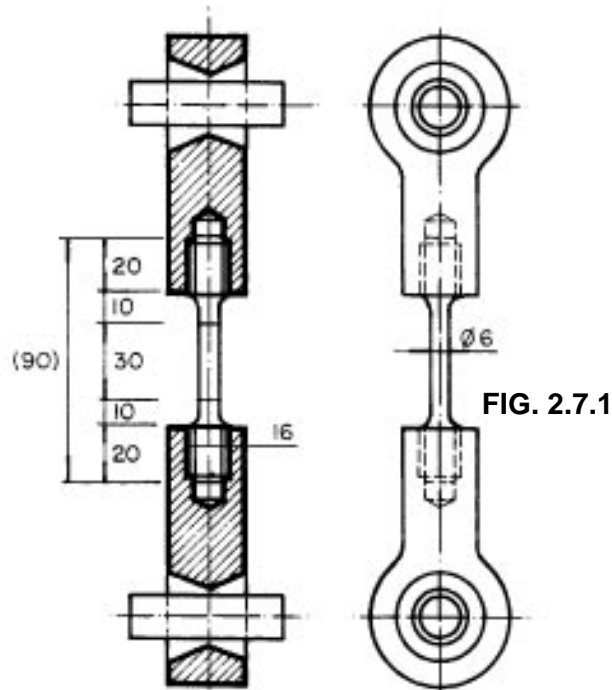
FIG. 2.6.1

2.6 2. El ensayo para determinar la tensión de rotura a flexión en la fundición vertical en molde de arena, se efectuará sobre una barra cilíndrica de sección perfectamente circular de veinticinco (25) milímetros de diámetro con una longitud total de seiscientos (600) milímetros, se colocará sobre unos soportes separados quinientos (500) milímetros, y será sometida a flexión, debiendo resistir sin romperse una carga total de trescientos veinte (320) kilogramos, aplicada gradualmente en su centro, a la que corresponde una tensión de veintiséis (26) kilogramos por milímetro cuadrado. La flecha en el centro de la barra en el momento de la rotura, no debe ser menor de cinco (5) milímetros.

### 2.7. Ensayos para determinar la tensión de rotura a tracción en las tuberías de fundición.

2.7.1. Las probetas para ensayos de tracción en la fundición centrifugada se obtendrán de los mismos tubos, si el espesor lo permite. Tendrán una longitud aproximada de noventa (90) milímetros. Su parte central, en una longitud de treinta (30) milímetros, tendrá

seis (6) milímetros de diámetro y se acordará con una superficie de amplio radio a los dos extremos de la pieza, cuyos últimos veinte (20) milímetros serán cilíndricos de dieciséis (16) milímetros de diámetro, de tal forma que se presten a la sujeción a la máquina de ensayo. (Figura 2.7.1.).



2.7.2. Para la fundición vertical se prepararán las probetas sin defectos, convenientemente moldeadas, si son en bruto, o si no correctamente mecanizadas. Serán de sección circular de veinte a veinticinco (20 a 25) milímetros de diámetro en su parte central, y una longitud de cincuenta (50) milímetros y dispondrán en cada extremo de un orificio que permita su sujeción a la máquina de ensayo. En la figura 2.7.2. se presenta este tipo de pieza y la manera de sujetarla, de forma que se obtenga una unión que evite los efectos parásitos que falsearían los resultados. Se someterán las piezas a un esfuerzo de tracción gradualmente creciente hasta llegar a la rotura de las mismas.

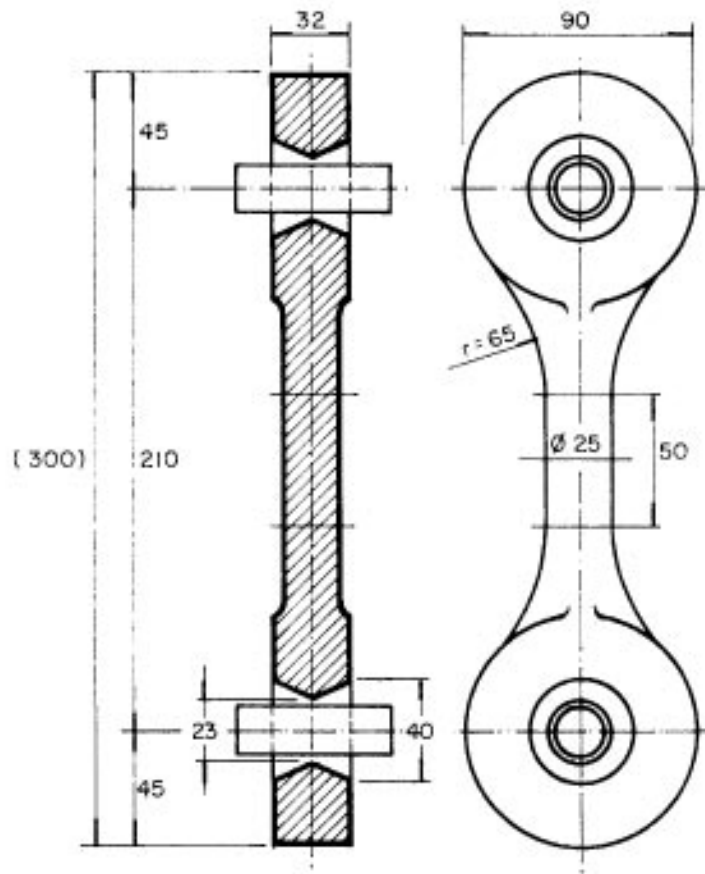
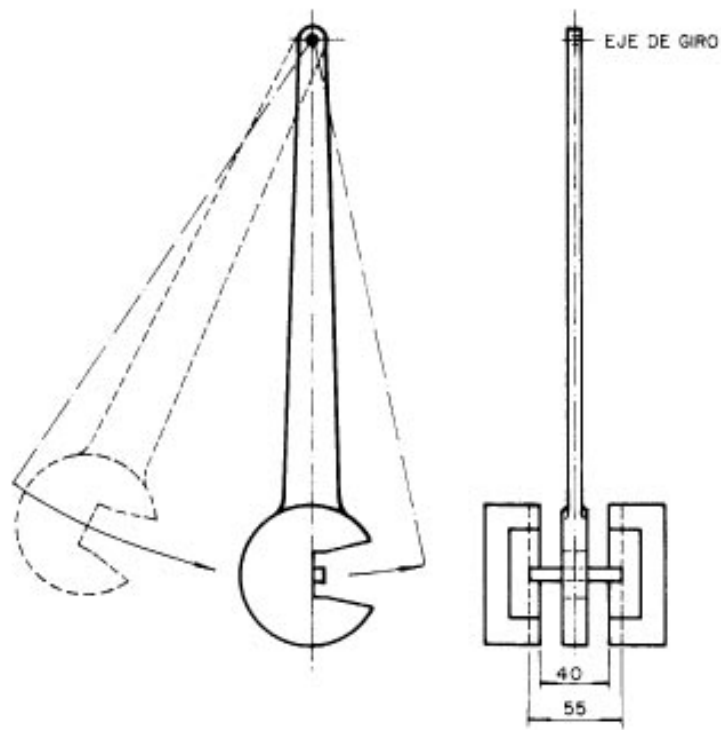


FIG. 2.7.2.

## 2.8. Ensayos para determinar la resiliencia en tuberías de fundición.

2.8.1. Se harán sobre una probeta de sección cuadrada de seis a diez (6 a 10) milímetros de lado y cincuenta y cinco (55) milímetros de longitud mecanizada en sus cuatro caras de forma que resulten perfectamente paralelas y perpendiculares unas a otras. Las probetas de esta forma y dimensiones se ensayarán de acuerdo con la norma UNE 7056 interponiendo entre los extremos de cada probeta y los apoyos de la máquina unas piezas prismáticas metálicas cuya altura sumada a la semialtura de la probeta sea igual a cinco (5) milímetros. En los casos en que el espesor del tubo no permita mecanizar una probeta de sección cuadrada de seis (6) milímetros de lado, la probeta tendrá de espesor el grosor del tubo sin mecanizar; diez (10) milímetros de anchura y cincuenta y cinco (55) milímetros de longitud. Las superficies mecanizadas serán paralelas y simétricas respecto a un plano diametral del tubo. (Figura 2.8.1.).





**FIG. 2.8.1**

## **2.9. Ensayo para determinar la resistencia al impacto en tuberías de fundición vertical en molde de arena.**

2.9.1. Se efectuará sobre una barra de doscientos (200) milímetros de longitud y sección cuadrada de cuarenta (40) milímetros de lado con las caras perfectamente planas y paralelas, obtenida de la misma colada de fundición de los tubos objeto del ensayo. Se colocará horizontalmente sobre dos apoyos a una distancia entre ejes de ciento sesenta (160) milímetros debiendo resistir sin romperse el impacto producido por un peso de doce (12) kilogramos cayendo libremente de una altura de cuatrocientos (400) milímetros en el centro de la barra. Los apoyos de las barras estarán formados por dos caras que formen un ángulo de cuarenta y cinco grados sexagesimales (45), unidos por una superficie cilíndrica de dos (2) milímetros de radio. El peso debe terminar por su parte inferior en un sector cilíndrico de anchura igual a la que tiene la probeta y un radio de cincuenta (50) milímetros. Los planos tangentes del mismo deben formar un ángulo de noventa grados sexagesimales (90°).

## **2.10. Ensayo para determinar la dureza de las tuberías de fundición.**

2.10.1. Se realizará sobre las probetas o anillos utilizados en los ensayos precedentes mediante la aplicación de una carga de tres mil (3.000) kilogramos sobre una bola de diez (10) milímetros de diámetro durante quince (15) segundos. (UNE número 7017).

## **2.11. Características generales de acero para tubos.**

2.11.1. El acero empleado en la fabricación de tubos y piezas especiales será dulce y perfectamente soldable. A requerimiento de la Administración el fabricante deberá presentar copia de los análisis de cada colada. Los ensayos de soldadura se efectuarán a la recepción del material y consistirán en el plegado sobre junta soldada.

2.11.2. Las características, sobre producto, para el acero en la fabricación de tubos serán las establecidas en el cuadro siguiente:

| Clase de tubo         | Tracción<br>--<br>Kg/mm <sup>2</sup> | Mínimo<br>alargamiento<br>de U en tanto<br>por ciento<br>--<br>Porcentaje | Carbono (c)<br>--<br>Porcentaje<br>máximo | Fósforo (P)<br>--<br>Porcentaje<br>máximo | Azufre (S)<br>--<br>Porcentaje<br>máximo |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|
| Tubos soldados a tope | 37 a 45                              | 26                                                                        | --                                        | 0,060                                     | 0,055                                    |
| Tubos sin soldadura   | 37 a 45<br>52 a 62                   | 26<br>22                                                                  | --<br>0,23                                | 0,060<br>0,055                            | 0,055<br>0,055                           |

## 2.12. Modo de efectuar los ensayos a tracción de la chapa de aceros para tubos.

2.12.1. Las probetas de tracción para el acero se cortarán de las chapas antes de la obtención de los tubos o de estos mismos y tendrán la forma y dimensiones de acuerdo con la figura 2.12.1. correspondiendo a secciones circular y rectangular.

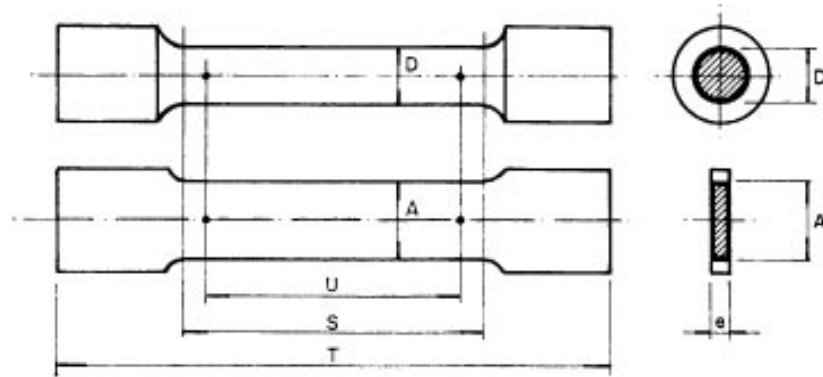


FIG. 2.12.1

Longitud útil  $U = 20$  centímetros.  
 Longitud trabajada  $L \leq 23$  centímetros.  
 Longitud total  $T = 45$  centímetros

| Espesor de la probeta (e) en milímetros | Máximo ancho de la zona útil (a) en milímetros |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| Mayor de 20 .....                       | 40                                             |
| Entre 9 y 20.....                       | 50                                             |
| Menor de 9.....                         | 65                                             |

Longitud útil  $U = 5,65 \sqrt{S}$ , siendo la sección de la probeta.

Longitud trabajada  $L \leq 5,65 \sqrt{S} + 3$  cm.

Longitud total  $T = 5,65 \sqrt{S} + 25$  cm.

La probeta rectangular tendrá un ancho máximo de 30 mm. y su espesor será el de la chapa. Sin embargo, si este espesor es mayor de 30 mm., se rebajará por lo menos a dicha dimensión, por mecanizado de una sola de sus caras. Cuando el espesor sea de 50 mm. o más, previo común acuerdo, podrá utilizarse probeta cilíndrica. En tal caso, su eje estará situado a un tercio de la mitad del espesor a partir de la superficie laminada, o lo más cerca posible de esta posición.

Las probetas se someterán a tracción por medio de una máquina, dispositivos y métodos adecuados.

2.12.2. Cuando la probeta de ensayo rompa fuera de la semilongitud central útil, debe repetirse la prueba con probetas procedentes de la misma chapa de la probada hasta obtener una rotura en la zona correspondiente a la semilongitud central útil.

### **2.13. Pruebas de soldadura.**

2.13.1. El representante de la Administración puede escoger para los ensayos dos (2) tubos de cada lote de cien (100) tubos. Si alguna de las dos (2) muestras no alcanza los resultados que a continuación se establecen, podrán escogerse tantos nuevos tubos para ser probados como juzgue necesario el representante de la Administración para considerar satisfactorio el resto del lote. Si las pruebas de soldadura de los nuevos tubos escogidos no fueran satisfactorias, se podrá rechazar el lote o, si así quisiera el fabricante, probar cada uno de los tubos del lote, siendo rechazados los que no alcanzaren los resultados que se indican a continuación.

a) Tubos soldados a tope de diámetro hasta cuatrocientos (400) milímetros. Unos anillos de no menos de cien (100) milímetros de longitud, cortados de los extremos del tubo deben comprimirse entre dos placas paralelas con el punto medio de la soldadura situado en el diámetro perpendicular a la línea de la dirección del esfuerzo. Durante una primera etapa no se presentarán aberturas en la soldadura hasta que la distancia entre las placas sea las tres cuartas partes del diámetro exterior inicial del tubo. Se continúa el aplastamiento en una segunda etapa y tampoco deben presentarse grietas o roturas hasta que la distancia entre las placas sea el sesenta por ciento (60 por 100) del diámetro exterior inicial del tubo. En la tercera etapa se continúa el aplastamiento hasta que la probeta rompa o hasta que se junten las paredes opuestas del tubo. Si en esta etapa se comprueban deficiencias en el material o en la penetración de la soldadura, puede rechazarse el tubo. Defectos superficiales motivados por imperfecciones en la superficie no serán causa de rechazo.

b) Tubos soldados a tope de diámetro igual o mayor de cuatrocientos (400) milímetros. Unas tiras de cuarenta (40) milímetros de anchura, obtenidas por desarrollo del tubo, con la soldadura aproximadamente en su mitad, deben resistir sin romperse un plegado de ciento ochenta (180) grados sexagesimales alrededor de un mandril cuyo radio sea dos (2) veces el espesor de la pieza probada, la cual debe doblarse con tracción en la base o raíz de la soldadura. Se dice que la soldadura cumple la condición que acaba de estipularse:

b<sub>1</sub>) si después del plegado no se aprecian grietas u otros defectos visibles mayores de tres (3) milímetros, medidos en cualquier dirección, en la soldadura y el metal base.

b<sub>2</sub>) aunque se produzcan grietas, si se observa que la penetración de la soldadura es completa y no existen poros ni inclusiones de escoria que tengan más de quince (15) décimas de milímetro en su mayor dimensión, ni la suma de las dimensiones mayores de todos estos defectos comprendidos en un (1) centímetro cuadrado de soldadura es mayor de la citada cifra de quince (15) décimas de milímetro.

### **2.14. Características generales del amianto-cemento.**

2.14.1. Los ensayos para probar las características mecánicas del amianto-cemento se efectuarán sobre muestras tomadas de los tubos, además de los ensayos que se hagan sobre los mismos tubos.

2.14.2. Las características mecánicas del amianto-cemento, que se comprobarán de acuerdo con los ensayos que figuran en este pliego, deberán ser como mínimo las siguientes:

Tensión de rotura:

Por presión hidráulica interior  $s_t = 200 \text{ Kg/cm}^2$   
Por flexión transversal  $s_e = 450 \text{ Kg/cm}^2$   
Por flexión longitudinal  $s_f = 50 \text{ Kg/cm}^2$

## 2.15. Hormigón para tubos.

2.15.1. Teniendo en cuenta la clase de hormigón empleado, los tubos se pueden clasificar de la manera siguiente:

|                   |    |                      |                      |
|-------------------|----|----------------------|----------------------|
| Tubos<br>hormigón | de | En masa.             |                      |
|                   |    | Armado-----          | Con camisa de chapa. |
|                   |    |                      | Sin camisa de chapa. |
|                   |    | Pretensado--         | Con camisa de chapa. |
|                   |    | Sin camisa de chapa. |                      |

2.15.2. Los hormigones y sus componentes elementales, además de las condiciones de este pliego cumplirán las de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

2.15.3. Tanto para los tubos centrifugados como para los vibrados, la resistencia característica a la compresión del hormigón debe ser superior a la de cálculo. Esta en ningún caso debe ser inferior a los doscientos setenta y cinco (275) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días, en probeta cilíndrica. La resistencia característica se define en la instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón armado en masa.

2.15.4. Los hormigones que se empleen los tubos se ensayarán con una serie de seis probetas como mínimo diariamente, cuyas características serán representativas del hormigón producido en la jornada. Estas probetas se curarán por los mismos procedimientos que se empleen para cubrir los tubos.

## 2.16. Cemento.

2.16.1. El cemento será en general del tipo Portland y cumplirá las condiciones exigidas por el pliego general para la recepción de conglomerantes hidráulicos en obras de carácter oficial. Salvo indicación especial, el presente pliego se refiere a dicho tipo de cemento.

2.16.2. En el caso de que se ordene o autorice de forma expresa el empleo de otros tipos de cemento, se tendrán en cuenta, de forma particular, las características propias de dichos cementos y se tomarán las precauciones necesarias para su correcto empleo. La utilización de cementos puzolánicos está permitida e incluso recomendada en tuberías situadas en ambientes agresivos; se controlará la humedad y temperatura de curado durante las dos primeras semanas, para obtener, entre otras cualidades, resistencias iniciales adecuadas.

2.16.3. Se prohíbe de forma taxativa la mezcla o yuxtaposición de cementos de distinto tipo o procedencia para fabricar un mismo tubo, incluso en los tubos pretensados para la ejecución del núcleo y del revestimiento.

2.16.4. El cemento será acopiado en silos o almacenes adecuados, separado por partidas y conservado en un ambiente exento de humedad, facilitando a la Administración la toma de muestras al objeto de realizar los análisis que justifiquen la admisión o, en su caso, el rechazo.

2.16.5. El cemento no llegará a la obra excesivamente caliente. Si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no excederá de setenta grados centígrados (70 °C) y si se va a realizar a mano, no excederá de cuarenta grados centígrados (40 °C) de la temperatura ambiente más cinco grados centígrados (5 °C).

## **2.17. Áridos.**

2.17.1. Los áridos cumplirán las condiciones fijadas en la Instrucción vigente para la ejecución y proyecto de las obras de hormigón, además de las particularidades que se fijen en este pliego o en el particular de obra.

2.17.2. La granulometría de los áridos que se utilicen será estudiada por el fabricante de manera que el producto terminado cumpla las condiciones exigidas. La Administración podrá rechazar razonadamente la granulometría propuesta.

2.17.3. Al menos el ochenta y cinco por ciento (85 por 100) del árido total será de dimensión menor de cuatro décimas (0,4) del espesor de la correspondiente capa de hormigón del tubo, y de los cinco sextos (5/6) de la mínima distancia libre entre armaduras.

## **2.18. Agua.**

2.18.1. El agua cumplirá las condiciones exigidas en la vigente Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.

## **2.19. Dosificación.**

2.19.1. El fabricante estudiará la composición del hormigón, con el fin de conseguir la mayor impermeabilidad posible y las resistencias y demás condiciones exigidas.

2.19.2. Una vez fijadas las cantidades de cada uno de los componentes de la mezcla, se controlarán sistemáticamente, no admitiéndose variaciones que puedan alterar las características indicadas en el párrafo anterior.

## **2.20. Acero para armaduras.**

2.20.1. El acero para la fabricación de armaduras será de sección uniforme, de superficies lisas o corrugadas y cumplirá las condiciones exigidas para este material, en la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón.

2.20.2. En el caso de tuberías pretensadas, además de cumplir los requisitos exigidos a los aceros de pretensado de uso general, reunirán las condiciones que se citan a continuación:

1° Tensión de rotura  $s_r$

La carga máxima no será inferior a  $150 \frac{\text{Kg.}}{\text{mm}^2}$

2° Límite elástico convencional (0,2 por 100).

$$0,82 s_r \leq s_{0,2} \leq 0,90 s_r$$

3° Alargamiento en rotura:

Medido según la norma UNE 7265 sobre una base de diez diámetros, no será inferior al 7 por 100.

4° Doblado alternativo:

Utilizando en cada caso, el mandril que corresponda, de acuerdo con la tabla que figura a continuación, el número de doblados resistidos no será inferior a 10.

**TABLA DE MANDRILES**

| <b>Diámetro del alambre en milímetros</b> | <b>Diámetro del mandril en milímetros.</b> |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 2                                         | 9                                          |
| 2,5                                       | 12                                         |
| 3                                         | 15                                         |
| 4                                         | 20                                         |
| 5                                         | 30                                         |
| 6                                         | 37                                         |
| 7                                         | 45                                         |
| 8                                         | 55                                         |
| 9                                         | 65                                         |
| 10                                        | 75                                         |
| 12                                        | 95                                         |

5° Relajación:

La relajación a 1.000 h. con el 70 por 100 de la carga rotura no será superior al 5 por 100.

6° Alambrón:

El alambrón destinado a la obtención del alambre de pretensado será de acero convenientemente desoxidado, y prácticamente exento de nitrógeno, hidrógeno, e inclusiones de cualquier tipo.

7° Estructura del alambre:

El estado físico-químico de la microestructura será el correspondiente al trefilado en frío, a partir del patentado en baño de plomo, para que resulte una estructura sorbítica. Finalmente, el alambre será envejecido y estabilizado.

A fin de tener una matriz lo más homogénea posible de perlita fina o sorbita, sin núcleos aislados de ferrita o cementita, los porcentajes de carbono, manganeso y silicio se establecerán entre los límites:

|             |                          |
|-------------|--------------------------|
| Carbono %   | $0,70 \leq C \leq 0,85$  |
| Manganeso % | $0,50 \leq Mn \leq 0,80$ |
| Silicio %   | $0,10 \leq Si \leq 0,40$ |
| Fósforo %   | máx.° 0,04               |
| Azufre %    | máx.° 0,03               |

8° Estado de la superficie:

La superficie o piel del alambre estará fosfatada uniformemente, y sin defectos, procedente del laminado en caliente o del trefilado en frío.

## 2.21. Chapa de acero.

2.21.1. La chapa de acero empleado en la fabricación de la camisa para cualquier clase de tubos, será de acero dulce, de espesor uniforme, y cumplirá las condiciones exigidas para este material en (2.11). No deberá tener carga de rotura inferior a treinta y siete (37) kilogramos por milímetro cuadrado. Deberá poder doblarse en frío, formando un ángulo de ciento ochenta grados sexagesimales ( $180^\circ$ ), sobre un espesor igual al de la chapa, según la norma UNE 7051.

## 2.22. Policloruro de vinilo P.V.C.

2.22.1. El material empleado se obtendrá del policloruro de vinilo técnicamente puro, es decir, aquel que no tenga plastificantes, ni una proporción superior al uno por ciento de ingredientes necesarios para su propia fabricación. El producto final, en tubería, estará constituido por policloruro de vinilo técnicamente puro en una proporción mínima del noventa y seis por ciento (96 por 100) y colorantes, estabilizadores y materiales auxiliares, siempre que su empleo sea aceptable según el Código Alimentario Español.

2.22.2. Las características físicas del material de policloruro de vinilo en tuberías serán las siguientes:

Peso específico de uno con treinta y siete a uno con cuarenta y dos ( $1,37$  a  $1,42$ )  $\text{Kg/dm}^3$  (UNE 53020).

Coefficiente de dilatación lineal de sesenta a ochenta (60 a 80) millonésimas por grado C.

Temperatura de reblandecimiento no menor de ochenta grados centígrados ( $80^\circ\text{C}$ ), siendo la carga del ensayo de un (1) kilogramo (UNE 53118).

Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados ( $20^\circ\text{C}$ ) <sup>3</sup> ( $28.000$ )  $\text{Kg/cm}^2$

Valor mínimo de la tensión máxima ( $s_r$ ) del material a tracción quinientos (500) kilogramos por centímetro cuadrado, realizando el ensayo a veinte más menos un grado centígrado ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ) y una velocidad de separación de mordazas de seis milímetros por minuto (6 mm/min.) con probeta mecanizada. El alargamiento a la rotura deberá ser como mínimo el ochenta por ciento (80 por 100) (UNE 53112).

Absorción máxima de agua cuatro miligramos por centímetro cuadrado ( $4 \text{ mg/cm}^2$ ) (UNE 53112).

Opacidad tal que no pase más de dos décimas por ciento (0,2 por 100) de la luz incidente (UNE 53039).

## 2.23. Polietileno.

2.23.1. El polietileno puro podrá ser fabricado a alta presión, llamado polietileno de baja densidad o fabricado a baja presión, llamado polietileno de alta densidad.

2.23.2. El polietileno puro fabricado a alta presión (baja densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

Peso específico hasta novecientas treinta milésimas de gramo por mililitro (0,930 gr/ml.) (UNE 53188).

Coeficiente de dilatación lineal de doscientas a doscientas treinta (200 a 230) millonésimas por grado centígrado. En este tipo de materiales los movimientos producidos por la dilatación dan lugar, en las coacciones, a incrementos tensionales de poca consideración (UNE 53126).

Temperatura de reblandecimiento <sup>3</sup> ochenta y siete (87°) grados centígrados, realizando el ensayo con carga de un (1) kilogramo (UNE 53118) .

Índice de fluidez se fija como máximo en dos (2) gramos por diez (10) minutos (UNE 53118).

Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados (20°) igual o mayor que mil doscientos (1.200) Kg/cm<sup>2</sup>.

Valor mínimo de la tensión máxima (resistencia a la tracción s<sub>r</sub>) del material a tracción, no será menor de cien (100) kilogramos por centímetro cuadrado y el alargamiento a la rotura no será inferior a trescientos cincuenta por cien (350 por 100) (UNE 53142).

2.23.3. El polietileno puro fabricado a baja presión (alta densidad) que se utilice en tuberías tendrá las siguientes características:

Peso específico mayor de novecientas cuarenta milésimas de gramo por mililitro (0,940 gr/ml.) (UNE 53188).

Coeficiente de dilatación lineal de doscientas a doscientas treinta (200 a 230) millonésimas por grado centígrado. En este tipo de materiales los movimientos producidos por la dilatación dan lugar, en las coacciones, a incrementos tensionales de poca consideración (UNE 53126).

Temperatura de reblandecimiento no menor de cien grados centígrados (100 °C) realizado el ensayo con carga de un (1) kilogramo (UNE 53118).

Índice de fluidez se fija como máximo en cuatro décimas (0,4) de gramo por diez (10) minutos (UNE 53188).

Módulo de elasticidad a veinte grados centígrados (20°) igual o mayor que nueve mil (9.000) Kg/cm<sup>2</sup>.

Valor mínimo de la tensión máxima (resistencia a la tracción s<sub>r</sub>) del material a tracción, no será menor que ciento noventa (190) kilogramos por centímetro cuadrado y el alargamiento a la rotura no será inferior a ciento cincuenta por ciento (150 por 100) con velocidad de cien más menos veinticinco (100 ± 25) milímetros por minuto (UNE 53023).



2.23.4. El material del tubo estará, en definitiva, constituido por:

— Polietileno puro.

— Negro de humo finamente dividido (tamaño de partícula inferior a veinticinco milimicras). La dispersión será homogénea con una proporción de dos por ciento con una tolerancia de más menos dos décimas ( $2 \pm 0,2$  por 100).

— Eventualmente, otros colorantes, estabilizadores y materiales auxiliares, en proporción no mayor de tres décimas por ciento (0,3 por 100), y siempre que su empleo sea aceptable según el Código Alimentario Español. Queda prohibido el polietileno de recuperación.

## **2.24. Acero.**

2.24.1. El acero para piezas, tales como pernos, collares, cinturas, etc. será bien batido, no quebradizo, dulce, maleable en frío, de una contextura fibrosa y homogénea, sin pelos, grietas, quemaduras ni cualquier otro defecto. Serán rechazadas las piezas que se hundan o agrieten bajo el punzón o que al ser curvadas se desgarren o corten.

## **2.25. Plomo.**

2.25.1. El plomo para juntas será de primera fusión y no podrá contener más de cinco décimas por ciento (0,5 por 100) de materias extrañas, será maleable y no presentará pelos ni grietas cuando se trabaje al martillo. No presentará indicios de hidróxido plumboso, que es soluble y altamente venenoso, y puede producirse al contacto con aguas que llevan oxígeno abundante en disolución.

## **2.26. Bronce.**

2.26.1. El bronce que vaya a emplearse deberá ser sano, homogéneo, sin sopladuras ni rugosidades. Su composición será de noventa y dos octavos (92/8), referida a la aleación de cobre y estaño. De cien (100) partes correspondientes a la composición total de la aleación, el análisis no deberá denunciar la presencia de más de dos (2) partes de cinc y una con cinco (1,5) partes de impurezas; el plomo contenido en dichas impurezas no será superior a cinco décimas por ciento (0,5 por 100) de la composición total de la aleación. Se admite una tolerancia de cinco décimas por ciento (0,5 por 100) menos para la presencia de estaño, lo que corresponde a la titulación novecientos veinticinco setenta y cincoavos (925/75).

2.26.2. El bronce de alta resistencia será sometido a ensayos de tracción en probetas, obtenidas por laminación y recocido, de cien (100) milímetros de longitud y torneadas con trece con ocho (13,8) milímetros de diámetro. Los ensayos se realizarán según MELC 8.01-a, y deberán dar como mínimo los resultados siguientes:

Tensión de rotura a tracción cuarenta y cuatro (44) Kg./mm<sup>2</sup>.

Alargamiento a la rotura, veinte por ciento (20 por 100).

Límite elástico, veintidós (22) Kg/mm<sup>2</sup>.

Las probetas estarán obtenidas de las coladas, fundidas con las piezas, separadas de ellas y marcadas en presencia del representante de la Administración.

## **2.27. Caucho natural para juntas: composición.**

2.27.1. El caucho natural empleado en las juntas deberá ser vulcanizado, homogéneo, exento de caucho regenerado y tener un peso específico no superior a uno con uno (1,1) Kg/dm<sup>3</sup>.

2.27.2. El contenido de caucho natural en bruto de primera calidad no deberá ser inferior a setenta y cinco por ciento (75 por 100) en volumen, aun cuando preferiblemente deberá alcanzar un porcentaje superior.

2.27.3. Deberá estar totalmente exento de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto el óxido de cinc. El extracto acetónico será como máximo del seis por ciento (6 por 100).

2.27.4. El contenido total de azufre, libre y combinado, no será superior al dos por ciento (2 por 100). El contenido en cenizas será inferior al diez por ciento (10 por 100) y estarán constituidas exclusivamente por óxido de cinc y carbonato cálcico.

2.27.5. El extracto clorofórmico no deberá ser superior al dos por ciento (2 por 100). El extracto en potasa alcohólica y la carga deberán ser tenidas en cuenta para no sobrepasar el límite del veinticinco por ciento (25 por 100) autorizado en 2.27.2.

2.27.6. Las cargas deberán estar compuestas de óxido de cinc puro, de negro de humo, también puro, siendo tolerado el carbonato cálcico.

2.27.7. Las piezas de caucho deberán tratarse con antioxidantes cuya composición no permita que se alteren su aspecto ni sus características físicas o químicas después de una permanencia durante cuatro (4) meses en el almacén en condiciones normales de conservación.

2.27.8. No serán admitidas en la composición del caucho para las conducciones de agua potable, las sustancias que pudieran alterar las propiedades organolépticas del agua.

## **2.28. Caucho sintético.**

2.28.1. Se prohíbe el empleo de caucho regenerado, así como la presencia de cobre, antimonio, mercurio, manganeso, plomo y óxidos metálicos, excepto óxido de cinc.

2.28.2. Las características físicas y tecnológicas serán las mismas indicadas para el caucho natural.

## **2.29. Características y pruebas tecnológicas de los cauchos naturales y sintéticos.**

2.29.1. La prueba de dureza se efectuará con durómetro Shore, a la temperatura de veinte grados centígrados con tolerancia de un grado ( $20 \pm 1$  °C) con arreglo a normas aprobadas, y deberá dar dureza de cincuenta con tolerancia de tres ( $50 \pm 3$ ) (UNE 53130).

2.29.2. El alargamiento a la rotura no será inferior al cuatrocientos veinticinco por ciento (425 por 100) (UNE 53510)

2.29.3. La carga de rotura referida a la sección inicial no será inferior a ciento cincuenta (150) Kg/cm<sup>2</sup> (UNE 53510).

2.29.4. A efectos de deformación remanente, una junta o parte de ella, será sometida entre dos moldes rígidos veinticuatro (24) horas a veinte grados centígrados (20 °C) y comprimida hasta alcanzar el cincuenta por ciento (50 por 100) de la dimensión original. Sacada del molde deberá alcanzar en diez (10) minutos la dimensión primitiva, con una tolerancia del diez por ciento (10 por 100) y una hora con el cinco por ciento (5 por 100).

2.29.5. Para apreciar la resistencia al calor y al envejecimiento, la prueba de deformación se hará con tres (3) muestras manteniendo la junta comprimida veinticuatro (24) horas en la estufa a setenta grados centígrados (70 °C) en ambiente seco. La deformación residual, medida al sacar la junta del molde, deberá ser menor del quince por ciento (15 por 100) de la dimensión original y deberá alcanzar en una hora la dimensión primitiva con el diez por ciento (10 por 100) de tolerancia. Efectuadas las pruebas de dureza, alargamiento y carga de rotura sobre juntas sometidas durante setenta y dos horas (72) a setenta grados centígrados (70 °C) en estufa con ambiente seco y después veinticuatro (24) horas en ambiente normal se obtendrán los mismos resultados sobre las juntas indicados en los apartados 2.29.1., 2.29.2 y 2.29.3, con tolerancias inferiores al diez por ciento (10 por 100).

## **2.30. Cuerdas para las juntas.**

2.30.1. Las cuerdas para los fondos de las juntas serán de cáñamo, trenzadas, secas y totalmente exentas de fenoles o de otras sustancias que puedan dar gusto al agua tratada con cloro o cloramina (cloro y amoniaco).

## **2.31. Características y pruebas tecnológicas de los betunes y mástiques bituminosos empleados para revestimiento de tubos.**

2.31.1. El barniz bituminoso deberá estar constituido por una disolución conteniendo el cuarenta y cinco por ciento (45 por 100) de betún asfáltico polimerizado disuelto en disolvente idóneo, la reacción del barniz deberá ser neutra o débilmente alcalina.

2.31.2. Las características del betún polimerizada que constituye el barniz deberán ser las siguientes:

Temperatura de reblandecimiento (bola y anillo), mínimo ochenta y cinco grados centígrados.

Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C), mínimo de veinticinco décimas de milímetro (UNE 7.013).

Penetración DOW a cincuenta y cinco grados centígrados (55 °C), mínimo de cincuenta (50) décimas de milímetro (UNE 7013).

Punto de rotura FRASS, máxima diez grados centígrados bajo cero (- 10 °C).

Punto de inflamación, superior a trescientos grados centígrados (300 °C).

Peso específico: Debe estar comprendido entre uno con cero y uno con dos (1,01 y 1,2) Kg/dm<sup>3</sup>.

2.31.3. A la temperatura del aire de veinte grados centígrados (20 °C), el barniz debe secarse en menos de cincuenta (50) minutos.

2.31.4. El mástique bituminoso deberá estar constituido por una mezcla de betún asfáltico y materia mineral finamente pulverizada y químicamente inerte. Por el tamiz UNE 200 pasará al menos el noventa y cinco por ciento (95 por 100).

2.31.5. Las características del mástique deberán ser las siguientes:

Temperatura de reblandecimiento (bola y anillo), mínimo cien grados centígrados (100 °C).

Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C), mínimo diez (10) décimas de milímetro.

Penetración DOW a cincuenta grados centígrados (50 °C), mínimo treinta (30) décimas de milímetro.

Punto de rotura FRASS, máxima ocho grados centígrados bajo cero (- 8 °C).

Punto de inflamación: Superior a doscientos noventa grados centígrados (290 °C).

Peso específico no superior a uno con cinco (1,5) Kg/dm<sup>3</sup>.

Prueba de huella señalada por un cilindro recto de base plana y sección transversal de un (1) centímetro cuadrado de superficie. El ensayo se lleva a cabo aplicando un peso de dos y medio (2,5) kilogramos a veinticinco grados centígrados (25 °C), durante veinticuatro (24) horas, mientras el cilindro permanece apoyado en una zona plana de mástique. Al finalizar el ensayo la profundidad de la huella obtenida deberá ser superior a quince (15) milímetros.

## **2.32. Características y pruebas tecnológicas de las pinturas, esmaltes y emulsiones de alquitrán empleados para revestimientos de tubos.**

2.32.1. Para la imprimación se utilizará un compuesto de breas de alquitrán procesadas y aceites de alquitrán refinados, perfectamente mezclados y de forma que se obtenga una masa lo suficientemente fluida para poder ser aplicada en frío a brocha o por pulverización. La pintura de imprimación no contendrá benzol ni cualquier otro disolvente tóxico o altamente volátil, ni mostrará tendencia a producir sedimentos en los recipientes en que esté contenida.

2.32.2. El esmalte estará compuesto de una brea de alquitrán, procesada de forma especial, combinada con un "filler" mineral inerte. No contendrá asfaltos de base natural ni derivados del petróleo.

El esmalte de alquitrán podrá ser de dos tipos: uno, "normal", y otro, de "baja temperatura".

2.32.3. Las características del esmalte de alquitrán normal utilizado en la protección de las tuberías deberán ser las siguientes:

—Temperatura de reblandecimiento (bola y anillo), mínimo ciento cuatro grados centígrados (104 °C).

—Cenizas, mínimo de veinticinco por ciento (25 por 100), máximo de treinta y cinco por ciento (35 por 100) en peso.

—Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C) (100 g. 5 seg.): mínima, cinco (5); máxima, diez (10) (UNE 7.013).

— Penetración DOW a cuarenta y seis grados centígrados (46 °C) (50 g. 5 seg.): mínima doce (12); máxima, treinta (30) (UNE 7013).

— Fluencia en pared vertical a setenta grados centígrados (70 °C), máxima de uno y medio (1,5) milímetros.

— Enfriamiento a menos veintitrés grados centígrados (23 °C), máxima, no se formarán grietas ni se despegará del soporte metálico.

— Deflexión a cinco grados centígrados (5 °C) con mandril de doce (12) milímetros y velocidad de veinticinco (25) milímetros por minuto.

Profundidad de la flecha a que se inicia la rotura, mínima doce (12) milímetros.

Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima treinta y dos (32) centímetros cuadrados.

— Deflexión a cinco grados centígrados (5 °C) (después de calentar las probetas dos (2) horas a la temperatura de aplicación del esmalte), con mandril de doce (12) milímetros por minuto.

Profundidad de la flecha a que se inicia la rotura, mínima de siete con cinco (7,5) milímetros.

Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima de cincuenta y dos centímetros cuadrados.

— Resistencia al impacto a veinticinco grados centígrados (25 °C) con bola de seiscientos cincuenta (650) gramos y altura de caída de dos con cuatro (2,4) metros.

Área desprendida por impacto directo, máxima de ciento cuatro (104) centímetros cuadrados.

Área desprendida por impacto indirecto, máxima de cuarenta (40) centímetros cuadrados.

2.32.4. Las características del esmalte de alquitrán de "baja temperatura" utilizado en la protección de las tuberías deberán ser las siguientes:

— Temperatura del reblandecimiento (bola y anillo), mínimo ciento cuatro grados centígrados (104 °C).

— Cenizas, mínimo de veinticinco (25) por ciento, máximo de treinta y cinco (35) por ciento en peso.

— Penetración DOW a veinticinco grados centígrados (25 °C) (100 g. 5 seg.): mínima, diez (10); máxima, veinte (20) (UNE 7013).

— Penetración DOW a cuarenta y seis grados centígrados (46 °C) (50 g. 5 seg.): mínima, quince (15); máxima, cincuenta y cinco (55) (UNE 7013).

— Fluencia en pared vertical a setenta grados centígrados (70 °C), máxima de uno y medio (1,5) milímetros.

— Enfriamiento a menos veintinueve grados centígrados (- 29 °C), máxima, no se formarán grietas ni se despegará del soporte metálico.

— Deflexión a cinco centígrados (5 °C), con mandril de doce (12) milímetros y velocidad de veinticinco (25) milímetros por minuto:

Profundidad de flecha a que se inicia la rotura, mínima veinte (20) milímetros.

Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima de diecinueve (19) centímetros cuadrados.

— Deflexión a cinco grados centígrados (5 °C) (después de cambiar las probetas, dos (2) horas a la temperatura de aplicación del esmalte), con mandril de doce (12) milímetros y velocidad de veinticinco (25) milímetros por minuto:

Profundidad de la flecha a que se inicia la rotura, mínima quince (15) milímetros.

Área desprendida al alcanzarse una flecha de treinta y ocho (38) milímetros, máxima treinta y dos (32) centímetros cuadrados.

— Resistencia al impacto a veinticinco grados centígrados (25 °C) con bola de seiscientos cincuenta (650) gramos y altura de caída de dos con cuatro (2,4) metros.

Área desprendida por impacto directo, máxima de sesenta y cinco (65) centímetros cuadrados.

Área desprendida por impacto indirecto, máxima de trece (13) centímetros cuadrados.

2.32.5. La lechada de cal para el acabado del sistema de protección a base de alquitrán del cuadro 9.4.1.a) estará formada por los ingredientes siguientes:

Ciento noventa (190) litros de agua.

Tres con setenta y ocho (3,78) litros de aceite de linaza cocido.

Sesenta y ocho (68) kilogramos de cal viva.

Cuatro con cincuenta y tres (4,53) kilogramos de sal.

2.32.6. Las características de la emulsión de alquitrán utilizado en el segundo sistema de protección exterior de tuberías metálicas enterradas (cuadro 9.4.1.a), deberá ser:

— La emulsión deberá poderse aplicar a temperaturas superiores a cero grados centígrados (0 °C) sin disminuir su consistencia por dilución con agua ni por calentamiento y poseerá propiedades adhesivas sobre superficies húmedas o secas.

— La emulsión será homogénea y no mostrará separación de agua ni evaporación del material bituminoso emulsionado. Asimismo no deberá sedimentarse durante el almacenamiento, aunque podrá admitirse si se puede devolver a su condición primitiva por agitación moderada.

— Durante la aplicación, la consistencia de la emulsión será tal que pueda aplicarse con brocha o muñequilla, en cantidad no inferior a 1 Kg/m<sup>2</sup>, sin que fluya sobre superficies inclinadas e incluso verticales. Se admitirá una dilución añadiendo agua hasta un diez por ciento (10 por 100) del peso de la emulsión, en caso de que sea necesario.

— La consistencia de la emulsión, en su recipiente original, sin previa dilución de agua será tal que se pueda aplicar en forma de película, de espesor uniforme, por un equipo adecuado de pulverización, en cantidad no inferior a 1 Kg/m<sup>2</sup>, sin que fluya sobre superficies inclinadas e incluso verticales. Se admitirá una dilución añadiendo agua, en caso de ser necesario de hasta un diez por ciento (10 por 100) en peso de la emulsión.

— La composición será:

|                                                           | <u>Mínimo</u>        | <u>Máximo</u> |
|-----------------------------------------------------------|----------------------|---------------|
| Peso en Kg/litro.....                                     | 1,10                 | 1,15          |
| Residuo de destilación, por 100.....                      | 45                   | 55            |
| Contenido en agua, por 100.....                           | 45                   | 50            |
| Cenizas referidas a la materia no volátil, por 100        | --                   | 12            |
| Materia orgánica no volátil .....                         | Alquitrán modificado |               |
| <b>Características de la materia orgánica no volátil:</b> |                      |               |
| Punto de reblandecimiento anillo y bola °C                | 45                   | --            |
| Viscosidad Saybol Furol, a la Tª de 120° seg.             | 90                   | --            |
| Peso específico g/cm <sup>3</sup> .....                   | 1,08                 | 1,14          |

— Los requisitos de comportamiento serán:

Endurecimiento: se conseguirá como máximo a las veinticuatro (24) horas después de su aplicación.

Ensayo de calentamiento a cien grados centígrados (100 °C) (UNE 7170).

No se apreciará alabeamiento, goteo ni se formarán ampollas.

Flexibilidad a cero grados centígrados (0 °C): No se apreciará agrietamiento, formación de escamas ni pérdida de adhesividad (UNE 7171).

Ensayo a la llama directa: el recubrimiento se carbonizará sin fluir (UNE 7172).

Envejecimiento artificial acelerado: Realizado el ensayo de acuerdo con el MELC 12.94 después de doscientas (200) horas de tratamiento, no se producirán grietas, ampollas ni cambios muy acusados de color en la película de emulsión. Se emplearán probetas de hormigón a las cuales se aplicará una película de la emulsión objeto de ensayo, con un rendimiento mínimo de dos (2) kilogramos por metro cuadrado y que deberán dejarse secar durante cuarenta y ocho (48) horas de la iniciación del tratamiento.

### 3. PRUEBAS EN LOS TUBOS

#### 3.1. Generalidades.

3.1.1. Las verificaciones y pruebas de recepción se ejecutarán en fábrica, sobre tubos cuya suficiente madurez sea garantizada por los fabricantes y la aceptación o rechazo de los tubos se regulará por lo que se prescribe en 1.11.

3.1.2. Estas pruebas se efectuarán previamente a la pintura o enlucidos de protección sobre el tubo. Los mecanismos de llaves y fontanería (ventosas, etc.) serán, por otra parte, sometidos a prueba de buen funcionamiento.

3.1.3. Las llaves de compuerta serán sometidas a prueba de resistencia y estanquidad.

3.1.4. Serán obligatorias las siguientes verificaciones y pruebas para cualquier clase de tubos:

1º Examen visual del aspecto general de todos los tubos (3.3).

2º Comprobación de dimensiones, espesores y rectitud de los tubos (3.3).

3º Pruebas de estanquidad (3.4).

4º Pruebas de rotura por presión hidráulica interior sobre un tubo de cada lote (3.5).

3.1.5. Serán pruebas obligatorias, según el tipo de material las siguientes:

En fundición centrifugada:

1º Ensayo de flexión sobre anillos de tubos (2.6) o ensayo de tracción sobre testigos del material (2.7).

2º Ensayo de resiliencia sobre testigos del material (2.8).

3º Ensayo de dureza Brinell (2.10).

En fundición moldeada:

1º Ensayo de flexión sobre testigos del material (2.6).

2º Ensayo de tracción sobre testigos del material (2.7).

3º Ensayo de impacto sobre testigos del material (2.9).

4º Ensayo de dureza Brinell (2.10).

En tubos de acero:

1º Ensayo de tracción sobre testigos del material (2.12).

2º Prueba de soldadura sobre testigos de materiales (2.13) o sobre el tubo (3).

En fibrocemento:

1º De aplastamiento o flexión transversal (3.6).

2º De flexión longitudinal (3.7).

En tubos de hormigón:



1° Pruebas de aplastamiento o flexión transversal (3.6).

2° Prueba de flexión longitudinal (3.7).

En tubos de plástico:

1° Prueba de aplastamiento o flexión transversal (3.6).

3.1.6. Según la importancia de la tubería se aconseja incluir en el pliego de prescripciones particulares de la obra ensayos de la soldadura mediante presión hidráulica interior, radiografía, ultrasonidos, isótopos radiactivos, etc.

### **3.2. Lotes y ejecución de las pruebas.**

3.2.1. El proveedor clasificará el material por lotes de 200 unidades antes de los ensayos, salvo que el Director de obra autorice expresamente la formación de lotes de mayor número y salvo lo dispuesto en 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10, para características mecánicas de la fundición.

3.2.2. El Director de obra escogerá los tubos, elementos de juntas o piezas que deberán probarse. Por cada lote de 200 o fracción de lote, si no se llegase en el pedido al número citado, se tomarán el menor número de unidades que permitan realizar la totalidad de los ensayos.

3.2.3. En primer lugar se realizarán las pruebas mecánicas, y si los resultados son satisfactorios, se comprobarán las circunstancias primera y segunda citadas en 3.1.4. y después se procederá a la realización de las pruebas de tipo hidráulico (3.1.4, puntos 3° y 4°).

### **3.3. Examen visual del aspecto general de los tubos y comprobación de dimensiones, espesores y rectitud de los mismos.**

3.3.1. Cada tubo se presentará separadamente, se le hará rodar por dos carriles horizontales y paralelos, con una separación entre ejes igual a los dos tercios ( $2/3$ ) de la longitud nominal de los tubos. Se examinará por el interior y exterior del tubo y se tomarán las medidas de sus dimensiones, el espesor en diferentes puntos y la flecha para determinar la posible curvatura que pueda presentar. Además se tendrá presente lo prescrito en 1.9.

3.3.2. Los tubos de fundición se golpearán moderadamente para asegurarse que no tienen coque ni sopladuras.

### **3.4. Pruebas de estanquidad.**

3.4.1. Los tubos que se van a probar se colocan en una máquina hidráulica, asegurando la estanquidad en sus extremos mediante dispositivos adecuados.

3.4.2. Se dispondrá de un manómetro debidamente contrastado y de una llave de purga.

3.4.3. En el caso de tubería de hormigón, el contratista o fabricante tendrá el tubo lleno de agua veinticuatro (24) horas antes de iniciarse la prueba. Al comenzar la prueba se mantendrá abierta la llave de purga, iniciándose la inyección de agua y comprobando que ha sido expulsada la totalidad del aire y que, por consiguiente, el tubo está lleno de agua. Una

vez conseguida la expulsión del aire se cierra la llave de purga y se eleva regular y lentamente la presión hasta que el manómetro indique que se ha alcanzado la presión máxima de prueba.

3.4.4. La presión máxima de prueba de estanquidad será la normalizada para los tubos de fundición, acero y amianto-cemento; el doble de la presión de trabajo para los tubos de hormigón y cuatro veces la presión de trabajo para los tubos de plástico.

3.4.5. Esta presión se mantiene en los tubos de amianto-cemento, plástico, acero y fundición treinta (30) segundos y en los de hormigón dos horas.

3.4.6. Durante el tiempo de la prueba no se producirá ninguna pérdida ni exudación visible en las superficies exteriores de los tubos de amianto-cemento, plástico, acero y fundición; en esta última clase de tubos, podrán golpearse éstos durante la prueba moderadamente con un martillo de setecientos (700) gramos de peso.

3.4.7. En los tubos de hormigón, durante el tiempo de la prueba, no se presentarán fisuras ni pérdidas de agua. En los tubos sin camisa de chapa podrán admitirse pérdidas por exudación.

3.4.8. También se efectuará la prueba de estanquidad de cada llave, debiendo ser absoluta bajo la presión de prueba, bien ejerciendo la presión normalizada sobre el conjunto de la llave abierta y los dos tubulares cerrados con bridas ciegas, o bien no actuando más que sobre cada lado de la llave con la compuerta cerrada y alternativamente. La pieza será rechazada cuando se observe perlado o resudación o fugas.

3.4.9. El ensayo del tipo de juntas se hará en forma análoga a la de los tubos, disponiéndose dos trozos de tubo, uno a continuación de otro, unidos por su junta, cerrando los extremos libres con dispositivos apropiados y siguiendo el mismo procedimiento indicado para los tubos. Se comprobará que no existe pérdida alguna.

### **3.5. Prueba a presión hidráulica interior.**

3.5.1. El tubo objeto del ensayo será sometido a presión hidráulica interior, utilizando en los extremos y para su cierre dispositivos herméticos, evitando cualquier esfuerzo axial, así como flexión longitudinal. En tuberías de amianto-cemento, plástico y fundición esta prueba de rotura podrá llevarse a cabo en tubos completos o trozos de tubo de cincuenta (50) centímetros de longitud como mínimo cortados de sus extremos, de forma que las bases sean totalmente paralelas. Cuando se trate del amianto-cemento, el tubo o trozo del mismo se mantendrá durante cuarenta y ocho (48) horas sumergido en agua. A petición del fabricante, cuando se trate de tubos de hormigón pretensado, la prueba de presión hidráulica interior a fisuración se llevará a efecto sin el revestimiento exterior.

3.5.2. Se someterá a una presión creciente de forma gradual con incremento no superior a dos (2) kilogramos por centímetro cuadrado y segundo hasta llegar a la rotura o a la fisuración según los casos.

En los tubos de PVC la prueba se efectuará de la siguiente forma:

a) Ensayo no destructivo:

El tubo soportará una tensión normal por presión hidráulica interior (s) de 420 Kg/cm<sup>2</sup> durante una hora, por lo menos.

El ensayo se realizará a 20°C.

b) Ensayo destructivo:

Se registrarán las tensiones normales ( $s_r$ ) que produzcan roturas dentro de los siguientes intervalos de tiempo en horas: (0,6-1), (6-10), (60-100), (600-1.000). Los resultados se representarán en un diagrama logarítmico (las dos escalas), los tiempos en abcisas y las tensiones en ordenadas. Los puntos representativos de los resultados obtenidos, deberán definir aproximadamente una recta. En caso de duda el ajuste de esta recta deberá realizarse por mínimos cuadrados. El ángulo agudo, formado por esta recta y el eje de tiempos, será inferior al ángulo formado por el eje de tiempos y la recta definida por los puntos ( $s = 170 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $t = 1 \text{ hora}$ ) ( $s = 100 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $t = 1.000 \text{ horas}$ ).

El ensayo se realizará a  $60^\circ\text{C}$ .

En los tubos de polietileno de baja densidad la prueba se efectuará con los valores dados en el cuadro siguiente:

| Requisito de resistencia | Temperatura del ensayo<br>--<br>$^\circ\text{C}$ | Duración mínima del ensayo<br>--<br>Horas | Tensión normal del ensayo s<br>--<br>$\text{Kg/cm}^2$ |
|--------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| A                        | 20°                                              | 1                                         | 80                                                    |
| B                        | 70°                                              | 100                                       | 30                                                    |

y los métodos operatorios indicados en la norma UNE 53142.

En los tubos de polietileno de alta densidad la prueba se efectuará con los valores dados en el cuadro siguiente:

| Requisito de resistencia | Temperatura del ensayo<br>--<br>$^\circ\text{C}$ | Duración mínima del ensayo<br>--<br>Horas | Tensión normal del ensayo s<br>--<br>$\text{Kg/cm}^2$ |
|--------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| A                        | 20                                               | 1                                         | 150                                                   |
| B                        | 80                                               | 44                                        | 42                                                    |
| B                        | 80                                               | 170                                       | 30                                                    |

y los métodos operatorios en la norma UNE 53162.

3.5.3. La tensión de rotura  $s_r$ , en caso de tubos de material homogéneo, vendrá dada en kilogramos por centímetro cuadrado por la fórmula:

$$\sigma_r = \frac{P_r \cdot D}{2 e}$$

en la cual:

$P_r$  = presión hidráulica interior a la rotura en  $\text{Kg/cm}^2$

D=diámetro interior del tubo en centímetros.

e =espesor del tubo en centímetros.

Tanto D como e serán los que resulten de la medida directa del tubo ensayado.

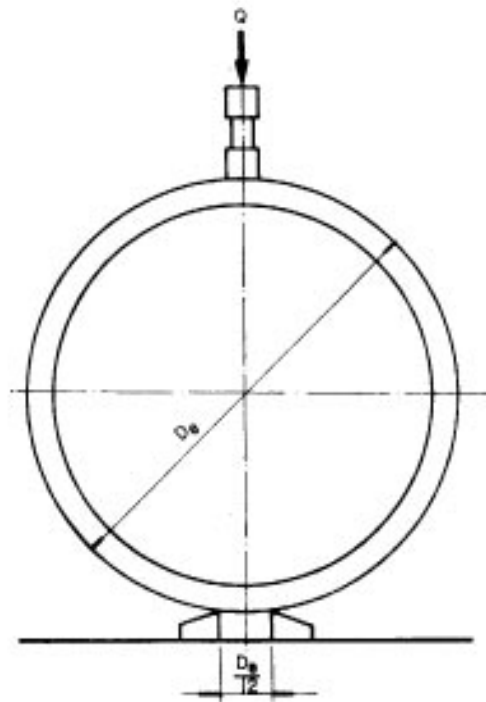
### 3.6. Pruebas de flexión transversal.

3.6.1. Estas pruebas se ejecutarán sobre tubos de amianto-cemento, de plástico y de hormigón.

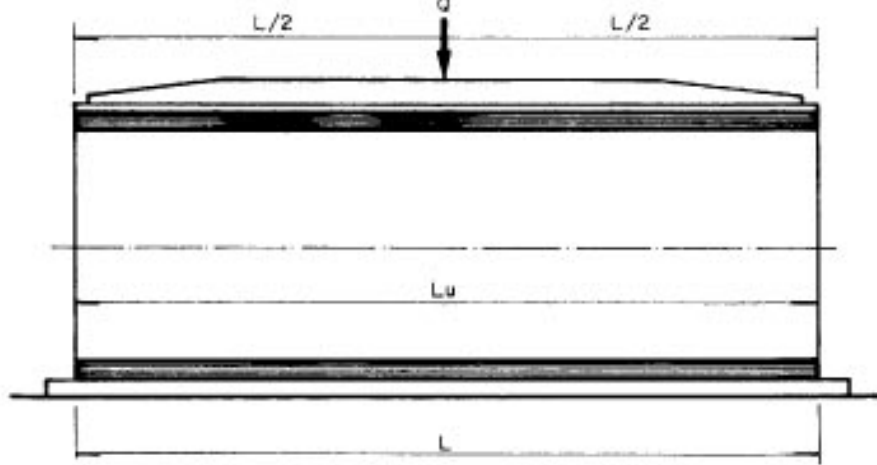
3.6.2. La prueba para el amianto-cemento y el plástico se efectuará sobre un trozo de tubo de veinte (20) centímetros de longitud. El tubo de amianto-cemento habrá estado sumergido en agua durante cuarenta y ocho (48) horas. Se colocará el tubo probeta entre los platillos de la prensa, interponiendo entre éstos y las generatrices de apoyo del tubo una chapa de fieltro o plancha de fibra de madera blanda de uno (1) a dos (2) centímetros de espesor. La carga en la prensa se aumentará progresivamente de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de cuarenta a sesenta (40 a 60) kilogramos por centímetro cuadrado y segundo, hasta llegar a la rotura de la probeta.

3.6.3. Para los tubos de hormigón, el ensayo se realizará sobre un tubo completo (Fig. 3.6.3.a).

El tubo elegido para la prueba se colocará apoyado sobre dos reglas de madera separadas un doceavo ( $1/12$ ) del diámetro exterior y como mínimo veinticinco (25) milímetros. Las irregularidades de forma pueden ser compensadas por una banda de cartón, fieltro o caucho de uno a dos (1 a 2) centímetros de espesor. La carga de ensayo se aplicará uniformemente a lo largo de la generatriz opuesta al apoyo por medio de una regla de madera con un ancho de diez (10) centímetros, con el mismo sistema de compensación de irregularidades. En los tubos sin enchufe con terminales planos, el centro de gravedad de la carga estará a igual distancia de las dos extremidades y la longitud de la carga coincidirá con la longitud útil del tubo (Fig. 3.6.3.b).

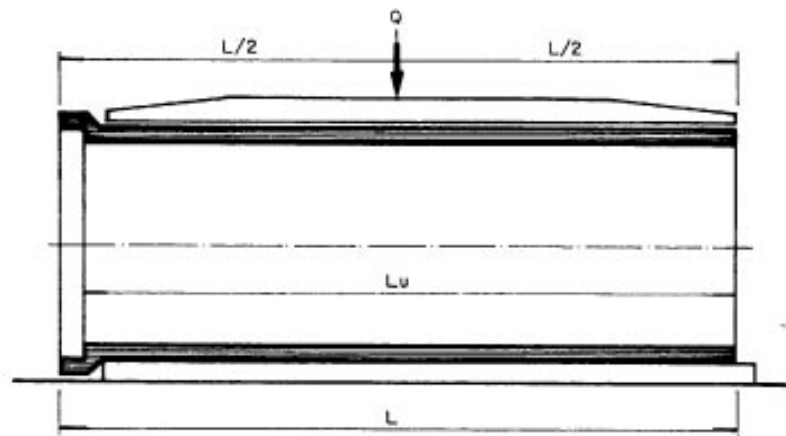


**FIG.**  
**3.6.3a**



**FIG. 3.6.3b**

En los tubos con enchufe, el apoyo de la carga no se ejercerá más que sobre la parte cilíndrica de diámetro uniforme del tubo, pero el centro de gravedad de la carga deberá estar a igual distancia de las dos extremidades (Fig. 3.6.3.c).



**FIG. 3.6.3c**

La resistencia del tubo, expresada en kilogramos por metro lineal, se referirá a la longitud útil del tubo:

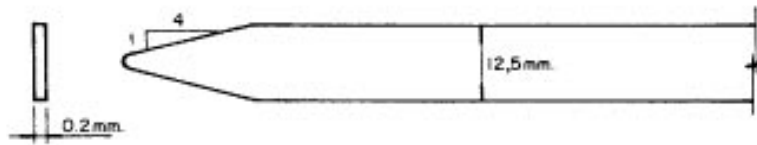
$$P_1 = \frac{\text{Carga}}{\text{Longitud útil}} = \frac{Q}{L_u} \text{ Kg / m.}$$

La carga deberá crecer progresivamente desde cero (0) a razón de mil (1.000) kilogramos por segundo.

Se llama carga de fisuración aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos dos décimas (0,2) de milímetro de abertura y treinta (30) centímetros de longitud.

Para medir la abertura de las fisuras podrá utilizarse una galga de dimensiones análogas a las que se indican en la figura 3.6.3.d. Se considerará que se ha alcanzado la carga de fisuración cuando la galga pueda entrar en la fisura por lo menos en treinta (30) centímetros de longitud.

3.6.4. Se llamará carga de rotura la carga máxima que se señale el aparato de medida.



**FIG. 3.6.3d**

3.6.5. La tensión de rotura al aplastamiento por flexión transversal  $\sigma_r$  para el amianto-cemento, el plástico o el hormigón en masa se puede expresar en kilogramos por centímetro cuadrado por la fórmula:

$$\sigma_r = \frac{3 P (D + e)}{\pi b e^2}$$

P = carga de rotura, en kilogramos,

D = diámetro interior del tubo, expresado en centímetros.

e = espesor del tubo, expresado en centímetros.

b = longitud de la generatriz o longitud útil del tubo ( $L_u$ ), en su caso, según la sección de rotura considerada, expresada en centímetros.

Tanto D como e y b serán los que resulten de la medida directa del tubo ensayado.

### 3.7. Prueba de flexión longitudinal.

3.7.1. Esta prueba se hará en los tubos de amianto-cemento y de hormigón. Para el hormigón se emplearán tubos enteros y para el amianto-cemento podrán emplearse o tubos completos o trozos de tubos de longitud suficiente.

3.7.2. La probeta elegida para la prueba se colocará sobre dos apoyos. Se cargará en el centro de la distancia entre apoyos, con una carga transmitida mediante un cojinete que debe tener la misma forma que los apoyos. Entre los apoyos, el cojinete y el tubo se interpondrán tiras de fieltro o planchas de fibra de madera blanda de uno a dos (1 a 2) centímetros de espesor. La carga aplicada se aumentará progresivamente, de modo que la tensión calculada para el tubo vaya creciendo a razón de ocho a doce (8 a 12) kilogramos por centímetro cuadrado y segundo hasta el valor P que provoque la rotura.

3.7.3. La tensión de rotura del material por flexión longitudinal  $\sigma_f$  en el caso del amianto-cemento o de hormigón en masa se expresará en kilogramos por centímetro cuadrado por la fórmula:

$$\sigma_f = \frac{8 P \times L (D + 2e)}{\pi (D + 2e)^4 - D^4}$$

Siendo:

P = Carga de rotura en kilogramos.

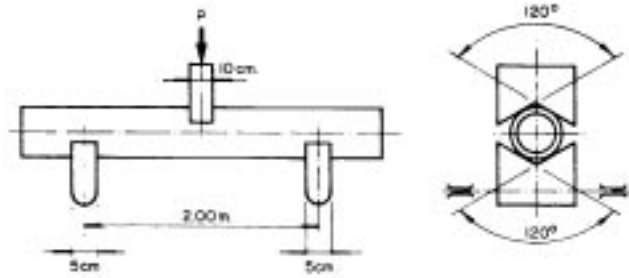
L = Distancia entre los ejes de los apoyos, en centímetros.

D = Diámetro interior del tubo en la sección de rotura, en centímetros.

e = Espesor del tubo en la sección de rotura, en centímetros.

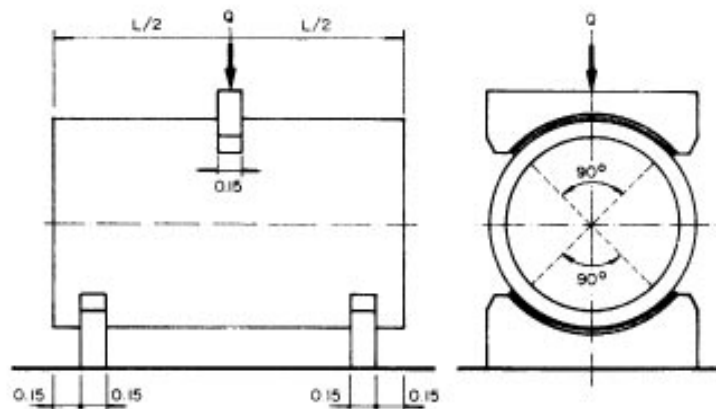
Tanto D como L y e serán los que resulten de la medida directa del tubo ensayado.

3.7.4. Para los tubos cuyo diámetro no exceda de trescientos (300) milímetros, la longitud del tubo deberá ser por lo menos dos con dos (2,2) metros y los apoyos serán metálicos, en forma de V, cuyo ángulo de apertura será de ciento veinte grados sexagesimales ( $120^\circ$ ). Presentarán estos apoyos un ancho de cinco (5) centímetros y deberán poder oscilar libremente en el plano de flexión alrededor de sus ejes horizontales (figura 3.7.4).



**FIG. 3.7.4**

3.7.5. Cuando los tubos sean de diámetro superior a trescientos (300) milímetros, los apoyos de descanso del tubo y de aplicación de la carga central estará constituidos por unas camas de madera con la interposición de una banda de caucho, de cartón o fieltro de dos (2) centímetros de espesor. Las camas de asiento y la de aplicación de la carga tendrán un ancho de quince (15) centímetros y abrazarán un ángulo central de noventa grados sexagesimales ( $90^\circ$ ). Las camas de apoyo estarán a quince (15) centímetros de distancia de los extremos de la probeta, y a dos (2) metros, como mínimo, de separación entre sí (Fig. 3.7.5).



**FIG. 3.7.5**

3.7.6. Las cargas de fisuración y de rotura se definen como en la prueba anterior (3.6.3. y 3.6.4).

## 11. PRUEBAS DE LA TUBERÍA INSTALADA.

### 11.1. Pruebas preceptivas.

11.1.1. Son preceptivas las dos pruebas siguientes de la tubería instalada en la zanja:

1. Prueba de presión interior.
2. Prueba de estanquidad.

El contratista proporcionará todos los elementos precisos para efectuar estas pruebas, así como el personal necesario; la Administración podrá suministrar los manómetros o equipos medidores si lo estima conveniente o comprobar los suministrados por el contratista.

### 11.2. Prueba de presión interior.

11.2.1. A medida que avance el montaje de la tubería se procederá a pruebas parciales de presión interna por tramos de longitud fijada por la Administración. Se recomienda que estos tramos tengan longitud aproximada a los quinientos (500) metros, pero en el tramo elegido la diferencia de presión entre el punto de rasante más baja y el punto de rasante más alta no excederá del diez por ciento (10 por 100) de la presión de prueba establecida en 11.2.6.

11.2.2. Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la conducción. La zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las juntas descubiertas.

11.2.3. Se empezará por llenar lentamente de agua el tramo objeto de la prueba, dejando abiertos todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo hacia arriba una vez se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible se dará entrada al agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará aún más lentamente para evitar que quede aire en la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión del aire y para comprobar que todo el interior del tramo objeto de la prueba se encuentra comunicado en la forma debida.

11.2.4. La bomba para la presión hidráulica podrá ser manual o mecánica, pero en este último caso deberá estar provista de llaves de descarga o elementos apropiados para poder regular el aumento de presión. Se colocará en el punto más bajo de la tubería que se va a ensayar y estará provista de dos manómetros, de los cuales uno de ellos será proporcionado por la Administración o previamente comprobado por la misma.

11.2.5. Los puntos extremos del trozo que se quiere probar se cerrarán convenientemente con piezas especiales que se apuntalarán para evitar deslizamientos de las mismas o fugas de agua, y que deben ser fácilmente desmontables para poder continuar el montaje de la tubería. Se comprobará cuidadosamente que las llaves intermedias en el tramo en prueba, de existir, se encuentren bien abiertas. Los cambios de dirección, piezas especiales, etc.. deberán estar anclados y sus fábricas con la resistencia debida.

11.2.6. La presión interior de prueba en zanja de la tubería será tal que se alcance en el punto más bajo del tramo en prueba una con cuatro (1,4) veces la presión máxima de trabajo en el punto de más presión, según se define en 1.4.4. La presión se hará subir



lentamente de forma que el incremento de la masa no supere un (1) kilogramo por centímetro cuadrado y minuto.

11.2.7. Una vez obtenida la presión, se parará durante treinta minutos, y se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no acuse un descenso superior a raíz cuadrada de p quintos ( $\sqrt{p/5}$ ), siendo p la presión de prueba en zanja en kilogramos por centímetro cuadrado. Cuando el descenso del manómetro sea superior, se corregirán los defectos observados repasando las juntas que pierdan agua, cambiando si es preciso algún tubo, de forma que al final se consiga que el descenso de presión no sobrepase la magnitud indicada.

11.2.8. En el caso de tuberías de hormigón y de amianto-cemento, previamente a la prueba de presión se tendrá la tubería llena de agua, al menos veinticuatro (24) horas.

11.2.9. En casos muy especiales en los que la escasez de agua u otras causas hagan difícil el llenado de la tubería durante el montaje, el contratista podrá proponer, razonadamente, la utilización de otro sistema especial que permita probar las juntas con idéntica seguridad. La Administración podrá rechazar el sistema de prueba propuesto si considera que no ofrece suficiente garantía.

### 11.3. Prueba de estanquidad.

11.3.1. Después de haberse completado satisfactoriamente la prueba de presión interior, deberá realizarse la de estanquidad.

11.3.2. La presión de prueba de estanquidad será la máxima estática que exista en el tramo de la tubería objeto de la prueba.

11.3.3. La pérdida se define como la cantidad de agua que debe suministrarse al tramo de tubería en prueba mediante un bombín tarado, de forma que se mantenga la presión de prueba de estanquidad después de haber llenado la tubería de agua y haberse expulsado el aire.

11.3.4. La duración de la prueba de estanquidad será de dos horas, y la pérdida en este tiempo será inferior al valor dado por la fórmula:

$$V = K L D$$

en la cual:

V =pérdida total en la prueba en litros.

L =longitud del tramo objeto de la prueba, en metros.

D =Diámetro interior, en metros.

K =coeficiente dependiente del material

Según la siguiente tabla:

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Hormigón en masa .....           | K = 1,000 |           |
| Hormigón armado con o sin camisa |           | K = 0,400 |
| Hormigón pretensado .....        | K = 0,250 |           |
| Fibrocemento .....               | K = 0,350 |           |
| Fundición.....                   | K = 0,300 |           |
| Acero .....                      | K = 0,350 |           |

11.3.5. De todas formas, cualesquiera que sean las pérdidas fijadas, si éstas son sobrepasadas, el contratista, a sus expensas, reparará todas las juntas y tubos defectuosos; asimismo viene obligado a reparar cualquier pérdida de agua apreciable, aún cuando el total sea inferior al admisible.