

*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.**

## I. CONDICIONES GENERALES

### 1.1. **Ámbito de aplicación.**

1.1.1. Este Pliego de prescripciones técnicas generales será de aplicación en la prestación a contratar, realización del suministro, explotación del servicio o ejecución de las obras y colocación de los tubos, uniones, juntas, llaves y demás piezas especiales necesarias para formar las conducciones de abastecimiento y distribución de aguas potables a presión, cuyo proyecto, ejecución, inspección, dirección o explotación corresponda al Ministerio de Obras Públicas.

### 1.2. **Conformidad o variación de las prescripciones.**

1.2.1. Se entenderá que el contratista conoce las prescripciones establecidas en este Pliego, a las que queda obligado.

1.2.2. Serán elaboradas con anterioridad a cada contrato los pliegos de prescripciones técnicas particulares que hayan de regir la ejecución de la obra, la explotación del servicio o la realización del suministro, de conformidad con los requisitos que para cada supuesto establece la legislación de contratos del Estado.

1.2.3. En el pliego de prescripciones técnicas particulares, que es uno de los documentos que necesariamente debe contener todo proyecto de obras de primer establecimiento, de reforma o gran reparación, se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución.

A estos efectos, dicho pliego deberá consignar, expresamente o por referencias al presente Pliego de prescripciones técnicas generales, las características que hayan de reunir los materiales a emplear, especificando si se fijan o no las procedencias de los mismos y ensayo a que deben someterse para comprobación de las Condiciones que han de cumplir, las normas para la elaboración de las distintas unidades de obra, las instalaciones que hayan de exigirse y las precauciones a adoptar durante la construcción.

Igualmente, y también expresamente o por referencias, en su caso, el presente Pliego de prescripciones técnicas generales detallará las formas de medición y valoración de las distintas unidades de obra y las de abono de las partidas alzadas, establecerá las normas y pruebas previstas para las recepciones.

1.2.4. Los pliegos de prescripciones técnicas particulares de cada obra, servicio o suministro establecerán las complementarias que no se opongan a las contenidas en este Pliego.

1.2.5. Cualquier prescripción que figure en el pliego de prescripciones particulares de cada obra y modifique el presente Pliego será nula, salvo que, debidamente justificada en el proyecto, haya sido aprobada por la Superioridad, sin perjuicio de la responsabilidad que en todo caso incumbe al proyectista.

En caso de prescripciones contrarias al presente Pliego, se estará a lo establecido en el capítulo 11 del título primero del libro primero del Reglamento General de Contratación vigente y disposiciones complementarias.

### 1.3. Definiciones de las instalaciones y de sus componentes.

1.3.1. Se entenderá por "tubería" la sucesión de elementos convenientemente unidos, con la intercalación de todas aquellas unidades que permitan una económica y fácil explotación del sistema, formando un conducto cerrado convenientemente aislado del exterior que conserva las cualidades esenciales del agua para el suministro público, impidiendo su pérdida y contaminación.

1.3.2. Se llama "red de distribución" al conjunto de tuberías instaladas en el interior de una población interconectadas entre sí, y de las cuales se derivan las tomas para los usuarios.

1.3.3. Se denomina "conducción" la tubería que lleva el agua desde la captación hasta el depósito regulador u origen de la red de distribución.

1.3.4. Se llama arteria a la tubería del interior de una población que enlaza un sector de su red con el conjunto, con cierta independencia, y sin realizarse tomas directas para usuarios sobre ella.

1.3.5. Se da el nombre de "tubo" al elemento recto, de sección circular y hueco, que constituye la mayor parte de la tubería. Puede adquirirse normalizado en el comercio o ser fabricado expresamente. Los elementos que permitan cambio de dirección, empalmes, derivaciones, reducciones, uniones con otros elementos. etc., se llamarán piezas especiales.

1.3.6. Las uniones de todos los elementos anteriores se efectuarán mediante "juntas", que pueden ser de diversos tipos.

1.3.7. Los elementos que permitan cortar el paso del agua, evitar su retroceso o reducir la presión, se llamarán llaves o válvulas.

1.3.8. Los elementos que permitan la salida o entrada del aire en las conducciones o tuberías se denominarán ventosas. Se llamarán desagües las unidades que permitan vaciar las tuberías por sus puntos bajos.

1.3.9. Los elementos que permitan disponer del agua para usos públicos se denominarán "bocas de riego, hidrantes o fuentes".

### 1.4. Presiones.

1.4.1. Para los tubos fabricados en serie se denomina "presión normalizada" ( $P_n$ ) aquella con arreglo a la cual se clasifican y timbran los tubos.

Con excepción de los de acero, los tubos que el comercio ofrece en venta habrán sufrido en fábrica la prueba a dicha presión normalizada, sin acusar falta de estanquidad. Esta presión se expresará en kilogramos por centímetro cuadrado.

1.4.2. Se llama presión de rotura ( $P_r$ ) para tubos de material homogéneo la presión hidráulica interior que produce una tracción circunferencial en el tubo igual a la tensión nominal de rotura a tracción ( $s_r$ ) del material de que está fabricado:

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

Siendo D el diámetro interior del tubo y e el espesor de la pared del mismo.

1.4.3. Se entiende por presión de fisuración ( $P_f$ ) para los tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, aquella que haga aparecer la primera fisura de por lo menos, dos décimas de milímetro (0,2 mm.) de anchura y treinta centímetros (30 cm.) de longitud, en una prueba de carga a presión interior.

1.4.4. La presión máxima de trabajo ( $P_t$ ) de una tubería es la suma de la máxima presión de servicio más las sobrepresiones, incluido el golpe de ariete.

1.4.5. Las sobrepresiones por golpe de ariete deberán calcularse en los casos siguientes:

a) Impulsiones de las elevaciones de agua, desde la toma hasta el depósito regulador.

b) Conducciones lineales a presión por gravedad, en su caso.

1.4.6. En general, bajo la responsabilidad del proyectista, no se calcularán golpes de ariete ni sobrepresiones en las redes de distribución, ateniéndose a lo dispuesto en 1.4.5.

1.4.7. No obstante lo dispuesto en 1.4.5. en conducciones lineales, con impulsión o a presión por gravedad, podrá prescindirse del cálculo de sobrepresiones y golpe de ariete, previa justificación, pero ateniéndose a lo dispuesto en el apartado siguiente.

1.4.8. Siempre que se prescinda del cálculo de sobrepresiones y golpe de ariete, la presión máxima de trabajo de la tubería definida en 1.4.4. se sustituirá por la estática multiplicada por un coeficiente que el proyectista justificará debidamente.

## 1.5. Coeficiente de seguridad a rotura por presión hidráulica interior.

1.5.1. Para tubos de material homogéneo, excepto plásticos (8.4.7), deberá verificarse siempre:

$$P_r \geq 2 P_n$$

$$\frac{P_n}{2} \geq P_t$$

Por lo tanto, el coeficiente de seguridad o rotura será:

$$\frac{P_r}{P_t} \geq 4$$

1.5.2. Para tubos de hormigón armado o pretensado, ambos con o sin camisa de chapa, deberá verificarse siempre  $P_r \geq 2,8 P_t$ .

1.5.3. La fijación del coeficiente de seguridad corresponde al Ingeniero proyectista, que tendrá en cuenta para ello las diversas circunstancias que pueden presentarse, tales como: Importancia de la población y características de la instalación; cuantía de las presiones; condiciones de las aguas y del subsuelo; consecuencias producidas por averías y roturas y tiempo de su reparación, etc., siempre dentro de los límites señalados en 1.5.1. y 1.5.2., como mínimo.

## **1.6. Factor de carga.**

1.6.1. Se define como factor de carga a la relación (cociente) entre la carga vertical total sobre el tubo en las condiciones de trabajo y la carga correspondiente a la prueba de flexión transversal (3.6.). En su fijación influyen las condiciones de apoyo de la tubería (camas), la forma de la zanja, la clase de terreno natural y la calidad y compactación del material de relleno de la zanja (10.3.1.).

## **1.7. Cálculo mecánico.**

1.7.1. En el cálculo mecánico de la tubería se tendrán en cuenta todas las solicitaciones externas e internas que puedan tener lugar en las condiciones de servicio de la misma, así como en su fabricación (cuando proceda), transporte, colocación y pruebas.

1.7.2. Para el cálculo de las reacciones de apoyo se admite que éstas son uniformes y verticales con un arco de apoyo igual a ciento veinte grados sexagesimales ( $120^\circ$ ), en el caso de cama de hormigón, y de ochenta Grados sexagesimales ( $80^\circ$ ), para los casos de apoyo sobre gravilla. Para el cálculo de los tubos se supondrá un factor de carga de uno con cinco (1,5) en el caso de apoyo de gravilla, y factor de carga dos (2), en el caso de cama de hormigón.

1.7.3. Asimismo se calculará el apoyo y anclaje de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y, en general, todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar movimientos perjudiciales.

1.7.4. El Proyectista fijará, en su caso, el coeficiente de seguridad para el cálculo mecánico de las tuberías, de los anclajes, apoyos, etc., teniendo en cuenta las circunstancias que concurren en el caso, el material de que están formados, con sus instrucciones y reglamentos aplicables.

## **1.8. Diámetro nominal.**

1.8.1. El diámetro nominal (DN) es un número convencional de designación, que sirve para clasificar por dimensiones los tubos, piezas y, demás elementos de las conducciones, y corresponde al diámetro interior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias. Para los tubos de plástico, el diámetro nominal corresponde al exterior teórico en milímetros, sin tener en cuenta las tolerancias.

## **1.9. Condiciones generales sobre tubos y piezas.**

1.9.1. La superficie interior de cualquier elemento será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen merma de la calidad ni de la capacidad de desagüe. La reparación de tales defectos no se realizará sin la previa autorización de la Administración.

1.9.2. La Administración se reserva el derecho de verificar previamente, por medio de sus representantes, los modelos, moldes y encofrados que vayan a utilizarse para la fabricación de cualquier elemento.

1.9.3. Los tubos y demás elementos de la conducción estarán bien acabados, con espesores uniformes y cuidadosamente trabajados, de manera que las paredes exteriores y especialmente las interiores queden regulares y lisas, con aristas vivas.

1.9.4. Las superficies de rodadura, de fricción o contacto, las guías, anillos, ejes, piñones, engranajes, etc., de los mecanismos estarán convenientemente trazados, fabricados e instalados, de forma que aseguren de modo perfecto la posición y estanquidad de los órganos móviles o fijos, y que posean al mismo tiempo un funcionamiento suave, preciso, sensible y sin fallo de los aparatos.

1.9.5. Todas las piezas constitutivas de mecanismos (llaves, válvulas, juntas mecánicas, etc.) deberán, para un mismo diámetro nominal y presión normalizada, ser rigurosamente intercambiables. A tal efecto, el montaje de las mismas deberá realizarse en fábrica, empleándose plantillas de precisión y medios adecuados.

1.9.6. Todos los elementos de la conducción deberán resistir, sin daños a todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas y ser absolutamente estancos, no produciendo alteración alguna en las características físicas, químicas bacteriológicas y organolépticas de las aguas, aún teniendo en cuenta el tiempo y los tratamientos físico-químicos a que éstas hayan podido ser sometidas.

1.9.7. Todos los elementos deberán permitir el correcto acoplamiento del sistema de juntas empleado para que éstas sean estancas; a cuyo fin, los extremos de cualquier elemento estarán perfectamente acabados para que las juntas sean impermeables, sin defectos que repercutan en el ajuste y montaje de las mismas, evitando tener que forzarlas.

1.9.8. Las válvulas de compuerta llevarán en el volante u otra parte claramente visible para el que las ha de accionar una señal indeleble, indicando los sentidos de apertura y cierre.

Las válvulas de diámetro nominal igual o superior a quinientos (500) milímetros irán provistas además de indicador de recorrido de apertura.

## **1.10. Marcado.**

1.10.1. Todos los elementos de la tubería llevarán, como mínimo, las marcas distintivas siguientes, realizadas por cualquier procedimiento que asegure su duración permanente:

1º Marca de fábrica.

2º Diámetro nominal.

3º Presión normalizada en Kg/cm<sup>2</sup>, excepto en tubos de hormigón armado y pretensado y plástico, que llevarán la presión de trabajo.

4º Marca de identificación de orden, edad o serie, que permita encontrar la fecha de fabricación y modalidades de las pruebas de recepción y entrega.

## **1.11. Pruebas en fábrica y control de fabricación.**

1.11.1. Los tubos, piezas especiales y demás elementos de la tubería podrán ser controlados por la Administración durante el período de su fabricación para lo cual aquélla nombrará un representante, que podrá asistir durante este período a las pruebas preceptivas a que deben ser sometidos dichos elementos de acuerdo con sus características normalizadas, comprobándose además dimensiones y pesos.

1.11.2. Independientemente de dichas pruebas, la Administración se reserva el derecho de realizar en fábrica, por intermedio de sus representantes, cuantas verificaciones de fabricación y ensayos de materiales estime precisas para el control perfecto de las diversas etapas de fabricación, según las prescripciones de este Pliego. A estos efectos, el contratista, en el caso de no proceder por sí mismo a la fabricación de los tubos, deberá hacer constar este derecho de la Administración en su contrato con el fabricante.

1.11.3. El fabricante avisará al Director de obra, con quince días de antelación como mínimo, del comienzo de la fabricación, en su caso, y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

1.11.4. Del resultado de los ensayos se levantará acta, firmada por el representante de la Administración, el fabricante y el contratista.

1.11.5. El Director de obra, en caso de no asistir por sí o por delegación a las pruebas obligatorias en fábrica, podrá exigir al contratista certificado de garantía de que se efectuaron, en forma satisfactoria, dichos ensayos.

## **1.12. Entrega y transporte. Pruebas de recepción en obra de los tubos y elementos.**

1.12.1. Después de efectuarse las pruebas en fábrica y control de fabricación previstas en 1.11. el contratista deberá transportar, descargar y depositar las piezas o tubos objeto de su compra, sea en sus almacenes o a pie de obra, en los lugares precisados, en su caso, en el pliego particular de prescripciones.

1.12.2. Cada entrega irá acompañada de una hoja de ruta, especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen, y deberá hacerse con el ritmo y plazos señalados en el pliego particular. A falta de indicación precisa en éste, el destino de cada lote o suministro se solicitará del Director de la obra con tiempo suficiente.

1.12.3. Las piezas que hayan sufrido averías durante el transporte o que presentaren defectos no apreciados en la recepción en fábrica serán rechazadas.

1.12.4. El Director de obra, si lo estima necesario, podrá ordenar en cualquier momento la repetición de pruebas sobre las piezas ya ensayadas en fábrica.

El contratista, avisado previamente por escrito, facilitará los medios necesarios para realizar estas pruebas, de las que se levantará acta, y los resultados obtenidos en ellas prevalecerán sobre los de las primeras.

1.12.5. Si los resultados de estas últimas pruebas fueran favorables, los gastos serán a cargo de la Administración, y en caso contrario corresponderán al contratista, que deberá además reemplazar los tubos, piezas, etc., previamente marcados como defectuosos; procediendo a su retirada y sustitución en los plazos señalados por el Director de obra. De no realizarlo el contratista, lo hará la Administración, a costa de aquél.

## **1.13. Aceptación o rechazo de los tubos.**

1.13.1. Clasificado el material por lotes, de acuerdo con lo que se establece en 3.2. las pruebas se efectuarán según se indica en el mismo apartado, sobre muestras tomadas de cada lote, de forma que los resultados que se obtengan se asignarán al total del lote.

1.13.2. Los tubos que no satisfagan las condiciones generales fijadas en 1.9. así como las pruebas fijadas en el capítulo 3 y las dimensiones y tolerancias definidas en este Pliego, serán rechazados.

1.13.3. Cuando un tubo, elemento de tubo o junta no satisfaga una prueba se repetirá esta misma sobre dos muestras más del lote ensayado. Si también falla una de estas pruebas, se rechazará el lote ensayado, aceptándose si el resultado de ambas es bueno.



1.13.4. La aceptación de un lote no excluye la obligación del contratista de efectuar los ensayos de tubería instalada que se indican en 1.14 y reponer, a su costa, los tubos o piezas que puedan sufrir deterioro o rotura durante el montaje o las pruebas en zanja.

#### **1.14. Pruebas en zanja.**

1.14.1. Una vez instalada la tubería, antes de su recepción, se procederá a las pruebas preceptivas de presión interior y estanquidad que se indican en el capítulo 11, así como a las que se establezcan en el correspondiente pliego particular de la obra.

#### **1.15. Gastos de ensayos y pruebas.**

1.15.1. Son a cargo del contratista o, en su caso, del fabricante los ensayos y pruebas obligatorios y los que con este carácter se indiquen en el pliego particular del proyecto, tanto en fábrica como al recibir el material en obra y con la tubería instalada.

1.15.2. Será asimismo de cuenta del contratista aquellos otros ensayos y pruebas en fábrica o en obra que exija el Director de obra, si los resultados de los citados ensayos ocasionasen el rechazo del material.

1.15.3. Los ensayos y pruebas que haya que efectuar en los laboratorios oficiales, designados por la Administración como consecuencia de interpretaciones dudosas de los resultados de los ensayos realizados en fábrica o en la recepción del material en obra serán abonados por el contratista o por la Administración, con cargo a la misma, si, como consecuencia de ellos, se rechazasen o se admitiesen, respectivamente, los elementos ensayados.

1.15.4. El contratista está obligado a tomar las medidas oportunas para que el Director de obra disponga de los medios necesarios para realizar las pruebas en zanja prescritas en 1.14.1. sin que ello suponga a la Administración gasto adicional alguno.

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

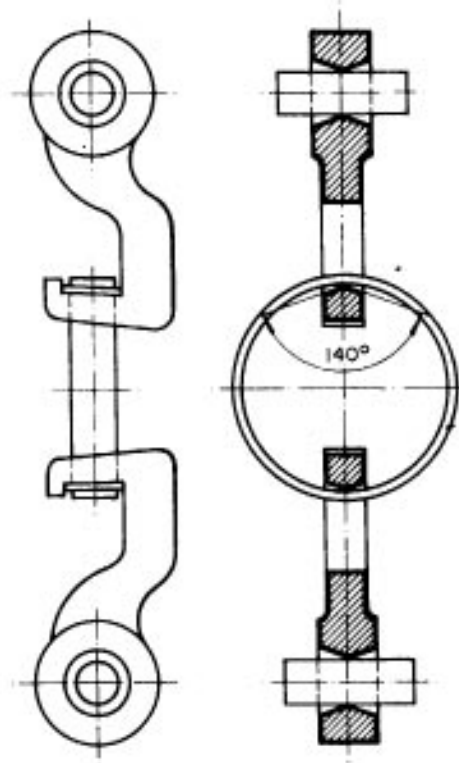
(1) Los valores de esta columna son meramente indicativos.

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

**CUADRO NUMERO 2.4.2.**

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

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



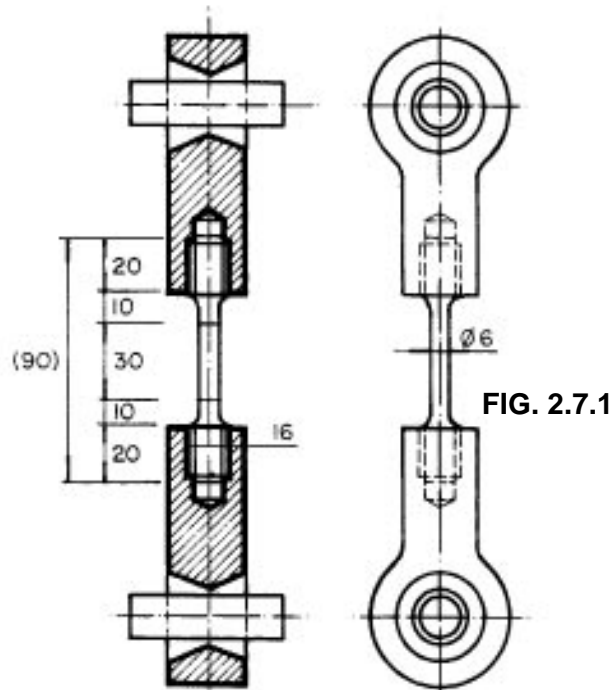
**FIG. 2.6.1**

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.

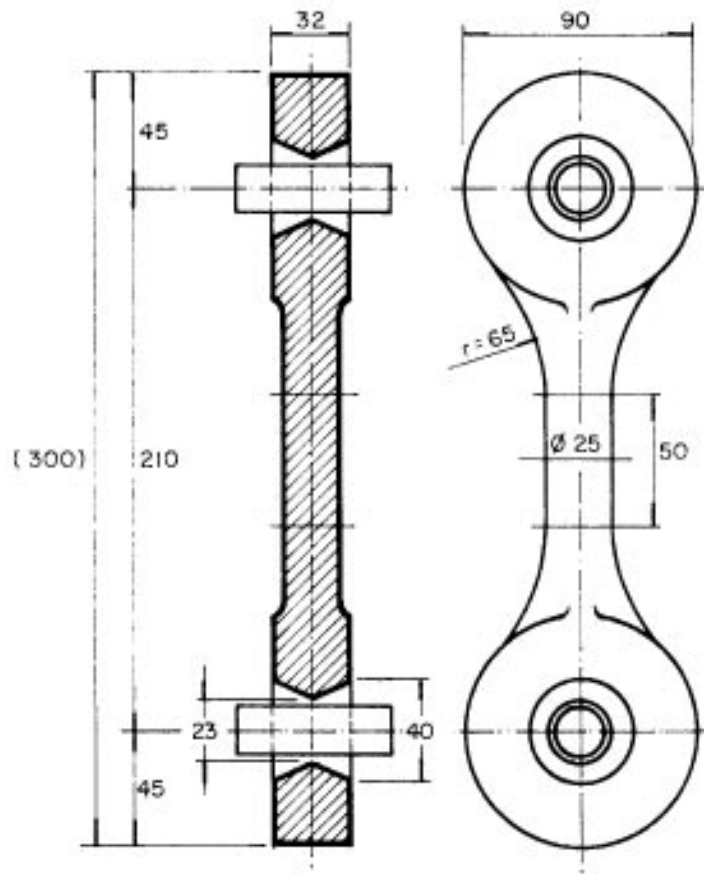
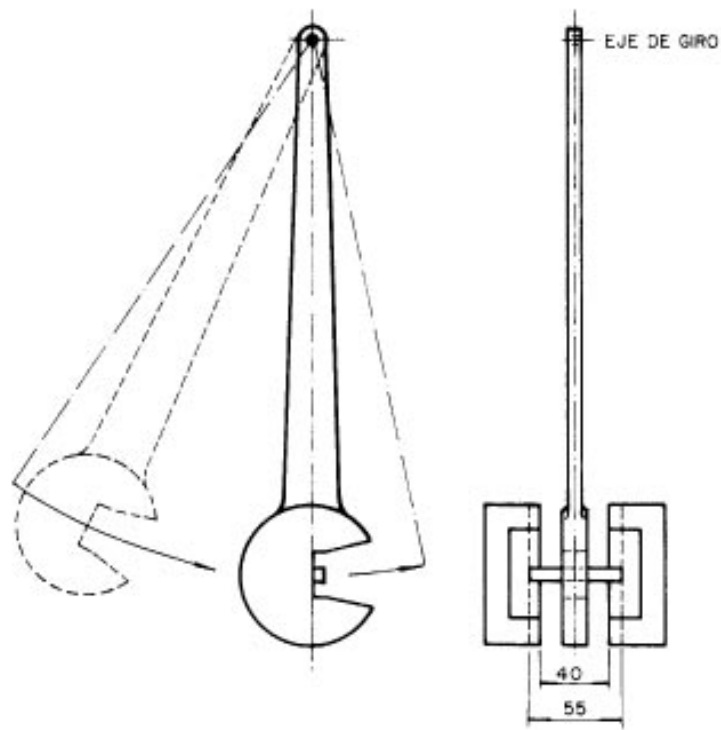


FIG. 2.7.2.

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

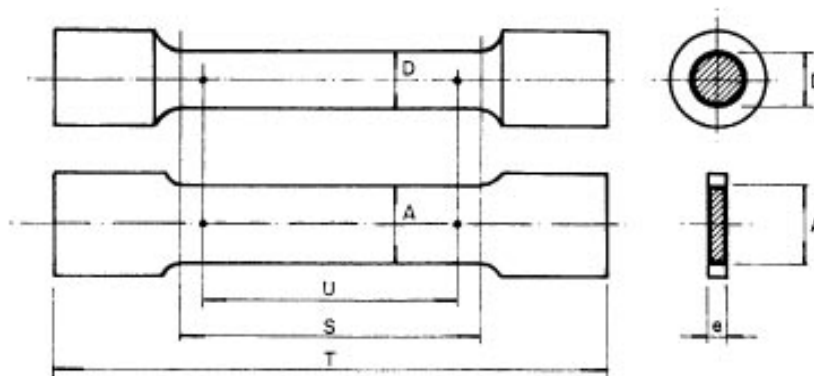


FIG. 2.12.1

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 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).

Coefficiente 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).

Coefficiente 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 desgarran 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 -- $^\circ\text{C}$	Duración mínima del ensayo -- Horas	Tensión normal del ensayo s -- $\text{Kg/cm}^2$
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 -- $^\circ\text{C}$	Duración mínima del ensayo -- Horas	Tensión normal del ensayo s -- $\text{Kg/cm}^2$
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.

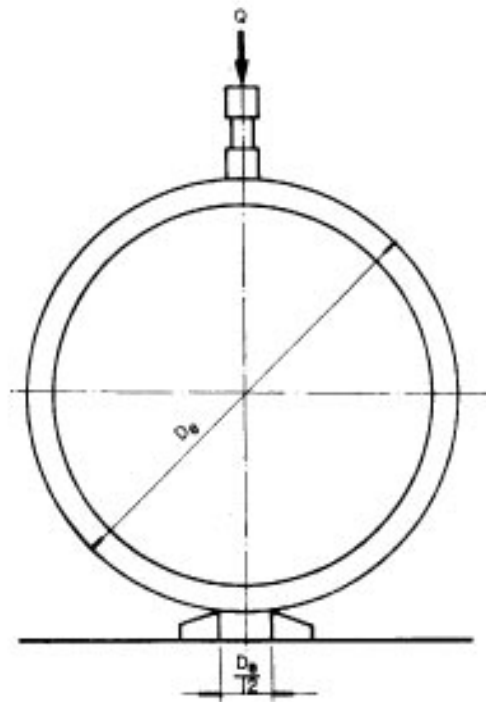
### 3.6. Pruebas de flexión transversal.

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

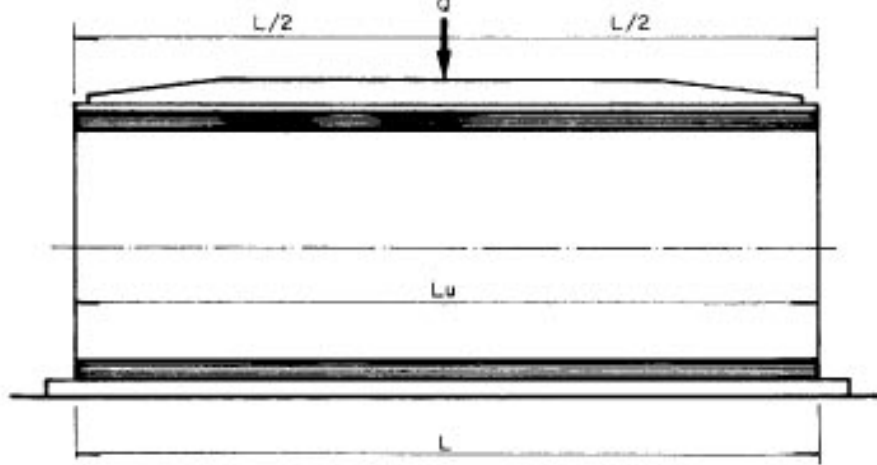
3.6.2. La prueba para el amianto-cemento y el plástico se efectuará sobre un trozo de tubo de veinte (20) centímetros de longitud. El tubo de amianto-cemento habrá estado sumergido en agua durante cuarenta y ocho (48) horas. Se colocará el tubo probeta entre los platillos de la prensa, interponiendo 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).

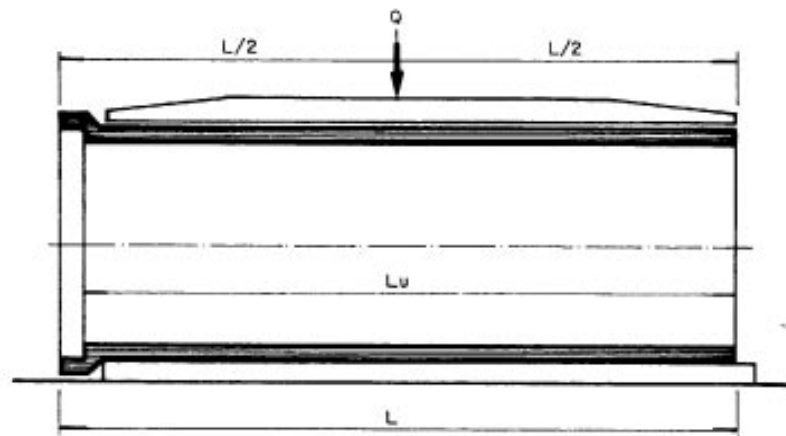


**FIG.**  
**3.6.3a**



**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:

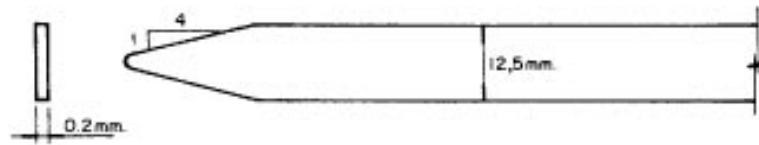
$$P_1 = \frac{\text{Carga}}{\text{Longitud útil}} = \frac{Q}{L_u} \text{ Kg / m.}$$

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.

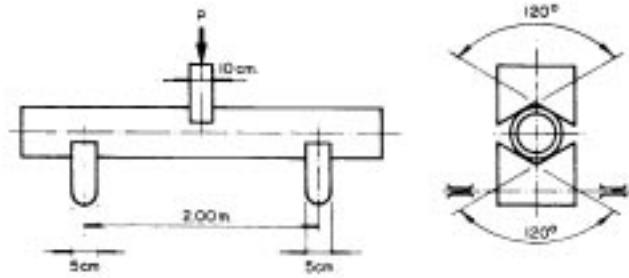
L = Distancia entre los ejes de los apoyos, en centímetros.

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

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

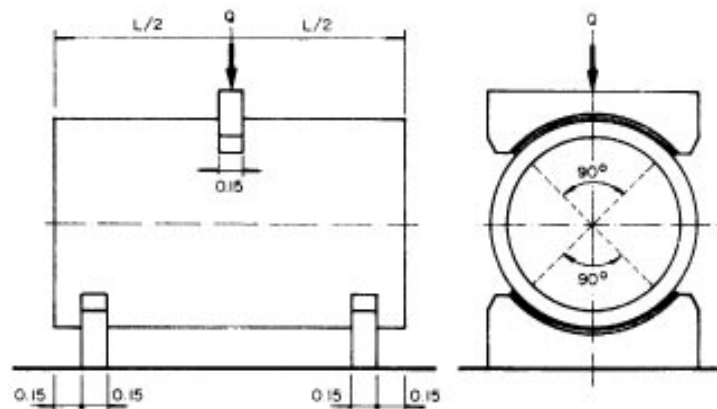
Tanto D como L y e serán los que resulten de la medida directa del tubo ensayado.

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).

## **4. TUBOS DE FUNDICIÓN**

### **4.1. Generalidades.**

4.1.1. La fundición cumplirá todas las condiciones establecidas en 2.3 y 2.4.

### **4.2. Fabricación.**

4.2.1. Los tubos, uniones, válvulas y, en general, cualquier pieza de fundición para tubería se fabricarán teniendo en cuenta las siguientes prescripciones:

4.2.2. Serán desmoldeados con todas las precauciones necesarias para evitar su deformación, así como los efectos de retracción perjudiciales para su buena calidad.

4.2.3. Los tubos rectos podrán fundirse verticalmente en moldes de arena o por centrifugación en coquilla metálica o moldes de arena.

4.2.4. Las piezas especiales y otros elementos se podrán fundir horizontalmente si lo permite su forma.

4.2.5. Los tubos, uniones y piezas deberán ser sanos y exentos de defectos de superficie y de cualquier otro que pueda tener influencia en su resistencia y comportamiento.

4.2.6. Las superficies interiores y exteriores estarán limpias, bien terminadas y perfectamente lisas

### **4.3. Recepción en fábrica.**

4.3.1. Cualquier tubo o pieza cuyos defectos se hayan ocultado por soldadura, mástique, plomo o cualquier otro procedimiento, serán rechazados. El mismo criterio se seguirá respecto a la obturación de fugas por calafateo o cualquier otro sistema.

4.3.2. Los tubos, uniones y piezas que presenten pequeñas imperfecciones inevitables a consecuencia del proceso de fabricación y que no perjudiquen al servicio para el que están destinados, no serán rechazados.

4.3.3. Se rechazarán todos los tubos y piezas cuyas dimensiones sobrepasen las tolerancias admitidas.

4.3.4. Todos los tubos de los que se hayan separado anillos o probetas para los ensayos serán aceptados como si tuvieran la longitud total.

4.3.5. Los tubos y piezas pesados y aceptados serán separados por el Director de obra o representante autorizado del mismo y claramente marcados con un punzón.

4.3.6. De cada inspección se extenderá un acta que deberán firmar el Director de obra, el fabricante y el contratista. Las piezas que se pesen separadamente figurarán en relación con su peso y un número. Cuando se trate de pesos conjuntos se hará constar en acta, figurando con un número y el peso total del lote.

4.3.7. La garantía será válida para un periodo de un año desde la fecha de entrega. El contratista deberá puntualizar en su contrato de suministro con el fabricante que si antes de terminar el periodo de garantía se encuentran defectos debidos a la fabricación se extenderá un acta en presencia del fabricante, y éste deberá, o bien efectuar el trabajo necesario para corregir los defectos, o reemplazar a su cargo el material defectuoso que le sea devuelto. La falta de este requisito no eximirá al contratista de la obligación de sustituir los elementos defectuosos.

#### **4.4. Colocación de las marcas.**

4.4.1. Las marcas prescritas en 1.10 se harán en relieve con dimensiones apropiadas y se colocarán como sigue:

4.4.2. Sobre el canto del enchufe en los tubos centrifugados en coquilla metálica.

4.4.3. Sobre el exterior del enchufe o sobre el fuste a veinte (20) centímetros del final del tubo en los centrifugados en moldes de arena.

4.4.4. Sobre el exterior del enchufe a veinte (20) centímetros de la extremidad del tubo en los fundidos verticalmente en moldes de arena.

4.4.5. Sobre el cuerpo de las piezas.

4.4.6. Cualquier otra marca exigida por el comprador se señalará en sitio visible con pintura sobre las piezas.

#### **4.5. Protección.**

4.5.1. Todos los tubos, uniones y piezas se protegerán con revestimientos tanto en el interior como en el exterior, salvo especificación en contrario.

4.5.2. Antes de iniciar su protección, los tubos y piezas se deberán limpiar cuidadosamente quitando toda traza de óxido, arenas, escorias, etc..

4.5.3. El revestimiento deberá secar rápidamente sin escamarse ni exfoliarse, estará bien adherido y no se agrietará. No deberá contener ningún elemento soluble en el agua ni productos que puedan proporcionar sabor ni olor al agua que conduzcan, habida cuenta incluso de su posible tratamiento.

#### **4.6. Clasificación.**

4.6.1. Se ajustarán a las clasificaciones y dimensiones de la fabricación nacional, procurando, sin embargo, unificar todo lo posible para conseguir el fácil intercambio de estos elementos.

4.6.2. La clasificación, teniendo en cuenta las presiones normalizadas (1.4.1) es la siguiente:

a) Tubos centrifugados (de grafito laminar).



Diámetro nominal	Presiones normalizadas en Kg/cm <sup>2</sup>		
	Clase 1 A	Clase A	Clase B
Hasta el 600 inclusive.....	20	25	30
Del 600 en adelante.....	15	20	25

b) Tubos fundidos verticalmente.

Diámetro nominal	Presiones normalizadas en Kg/cm <sup>2</sup>	
	Clase 1 A	Clase A
Hasta el 600 inclusive.....	20	25
Del 600 en adelante.....	15	20

c) Otros tubos y uniones.

Tipos de piezas	Diámetros nominales	Presión de ensayo en Kg/cm <sup>2</sup>
Tubos con bridas.....	Hasta el 600 inclusive .....	25
Uniones.....	Por encima del 600 hasta el 1.000 inclusive .....	20
Tubos con bridas, uniones sin tubulares o con tubulares de $\text{Æ}$ igual o inferior a la mitad del $\text{Æ}$ principal.....	Por encima del 600 hasta el 1.000 inclusive .....	15
Uniones con tubular de $\text{Æ}$ superior a la mitad del diámetro principal.....	Por encima de 600 hasta el 1.000 inclusive .....	10

#### 4.7. Diámetros.

4.7.1.La serie de diámetros nominales será la siguiente: 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 y 1.000.

#### 4.8. Espesores.

4.8.1.Los espesores mínimos deberán venir determinados por la clase de material y procedimiento de fabricación y deben ser tales que el coeficiente de seguridad obtenido entre la presión máxima de trabajo y la presión de rotura, alcance el establecido en 1.5.

4.8.2.Las modificaciones del espesor de la pared se efectuarán en general a costa del diámetro interior. Si al reforzar el tubo es necesario también un refuerzo del enchufe, este será a costa de la forma exterior del enchufe.

#### 4.9. Longitudes.

4.9.1. Se entenderá como longitud de los tubos la nominal entre extremos en los tubos lisos, o la útil en los tubos de enchufe.

4.9.2. La longitud no será menor de tres (3) metros ni mayor de seis (6) metros, salvo casos especiales.

#### 4.10. Tolerancias de longitud.

4.10.1. Las tolerancias admitidas en las longitudes normales de fabricación de tubos y uniones serán las siguientes:

Tipos de piezas	Diámetros nominales	Tolerancias en milímetros
Tubos con enchufe y tubería cilíndrica ..	Todos los diámetros... Hasta el 450 inclusive	± 20
Enchufes .....		± 20
Piezas de brida enchufe	Por encima del 450 ...	+ 20
Piezas de brida y macho .....		- 30
Tubos y uniones con bridas	Todos los diámetros...	± 10

4.10.2. En el caso que se pidan tolerancias menores, por ejemplo, para piezas unidas con bridas, se fijarán específicamente, pero no podrán ser inferiores a más o menos un ( $\pm 1$ ) milímetro.

4.10.3. El fabricante podrá servir hasta de un diez por ciento (10 por 100) del número total de tubos de enchufe y cordón de cada diámetro con longitudes inferiores a las especificadas. La disminución de longitud admitida viene dada en el siguiente cuadro:

Longitudes especificadas	Reducciones de longitudes
Tres metros.....	0,5 m. 1 m.
Por encima de 3 metros.....	0,5 m. 1 m. 1,5 m. 2 m.

#### 4.11. Tolerancias de espesores.

4.11.1. Las tolerancias de espesor de pared y de espesor de brida se limitarán como sigue, siendo:

e = espesor en milímetros de la pared, según catálogo.

b = espesor en milímetros de la brida, según catálogo.

<b>Tipos de piezas</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Tolerancias en milímetros</b>
Tubos.....	Espesor de la pared .....	- (1 + 0,05 e). No se fija en más
	Espesor de la brida .....	± (2 + 0,05 b).
Uniones y piezas de la conducción.....	Espesor de la pared .....	- (2 + 0,05 e). No se fija en más
	Espesor de la brida .....	± (3 + 0,05 b).

4.11.2.El espesor de las uniones podrá excepcionalmente descender hasta el espesor mínimo de los tubos de clase B del mismo diámetro con la condición de que la zona interesada no tenga una superficie superior a un décimo (1/10) de la sección transversal de empalme.

#### 4.12. Tolerancia de enchufe.

4.12.1. Las tolerancias de enchufe serán las siguientes:

<b>Dimensiones</b>	<b>Diámetros nominales</b>	<b>Tolerancias en milímetros</b>
Diámetro exterior .....	Todos los diámetros .....	± f/2
Diámetro interior del enchufe.....	Todos los diámetros .....	± f/3
Profundidad del enchufe	Hasta el 600, inclusive.	± 5
	Por encima del 600 y hasta el 1.000, inclusive.....	± 10

siendo  $f = 9 + 0,003 DN$  el espesor de la junta en milímetros.

4.12.2.El juego máximo o mínimo resultante de estas tolerancias es tal que el acoplamiento de tubos y uniones pueda efectuarse sin dificultad.

#### 4.13. Tolerancia de curvatura.

4.13.1. Los tubos deberán ser rectos. Se les desplazará sobre dos caminos de rodadura distantes los ejes de los mismos dos tercios (2/3) de la longitud de los tubos. La flecha máxima  $f_m$ , expresada en milímetros, no deberá exceder de uno con veinticinco (1,25) veces la longitud L de los tubos, expresada en metros  $f_m$  igual o menor que uno veinticinco L ( $f_m \leq 1,25 L$ ).

#### 4.14. Tolerancia de pesos.

4.14.1.Los pesos normales serán los indicados en los cuadros siguientes, y para las uniones y piezas de conducciones reforzadas o especiales, los calculados tomando como peso específico de la fundición setecientas quince centésimas de kilogramo/decímetro cúbico (7,15 Kg/dm<sup>3</sup>).

4.14.2. Las tolerancias admitidas con relación al peso normal serán las siguientes:

Tipo de piezas	Tolerancias -- Porcentaje
Tubos .....	± 5
Uniones y piezas con exclusión de los que se consignan a continuación.....	± 8
Codos, uniones múltiples, uniones y piezas especiales.....	± 12

4.14.3. Las piezas con peso superior al máximo se aceptarán a condición de que satisfagan las demás condiciones de este pliego. El exceso de peso no será de abono.

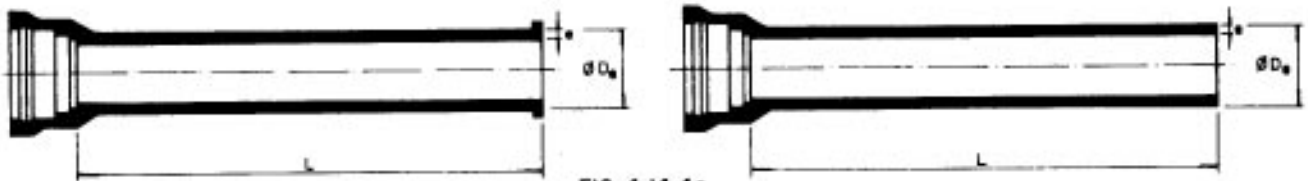
4.14.4. Todas las piezas serán pesadas. Los tubos de más de doscientos (200) milímetros y las piezas de más de trescientos (300) milímetros serán pesadas individualmente; los tubos y piezas de menor diámetro que el indicado serán pesados en conjunto de dos mil (2.000) kilogramos como máximo. En este último caso las tolerancias en peso serán aplicadas al conjunto de la pesada.

(Ver cuadros 4. 14.4. a, b y c)

**CUADRO NUMERO 4.14.4. a**  
**Tubos con enchufe clase 1 A (de grafito laminar).**

Diámetro nominal (DN)	Tubo			Enchufe Peso aproximado kilogramos	Peso total aproximado en kilogramos para longitud L en metros de						
	D <sub>e</sub> milímetros	e milímetros	Peso aproximado Kg/m.		4	4,88	5	5,5	6	6,5	7
80	98	7,2	14,7	5,5	64	--	79	--	93,5	--	--
100	118	7,5	18,6	7,1	81,5	--	100	109	119	--	--
125	144	7,9	24,2	9,2	106	--	130	142	154	--	--
150	170	8,3	30,1	11,5	132	--	162	177	192	--	--
200	222	9,2	44,0	16,8	193	231	237	259	281	--	--
250	274	10,0	59,3	22,9	260	312	319	349	379	408	--
300	326	10,8	76,5	29,8	336	403	412	450	489	527	--
350	378	11,7	96,3	37,5	423	507	519	567	615	--	--
400	429	12,5	116,9	46,3	514	617	631	690	748	--	--
500	532	14,2	165,2	66,0	727	872	892	974	1.057	--	--
600	635	15,8	219,8	89,3	968	1,162	1.188	1.298	1.408	--	--
700	738	17,5	283,2	116,8	1.250	--	1.553	1.675	1.816	--	--
800	842	19,2	354,9	147,8	1.567	--	1.922	2.100	2.277	--	2.63
900	945	20,8	431,8	182,6	1.910	--	2.342	2.558	2.773	--	3.20
1.000	1.048	22,5	518,3	222,3	2.295	--	2.814	3.073	3.332	--	3.85
											0

$$e = \frac{10}{12} (7 + 0.02 \text{ DN})$$



**CUADRO NUMERO 4.14.4. b**  
**Tubos con enchufe clase A (de grafito laminar).**

Diámetro nominal (DN)	Tubo			Enchufe Peso aproximado kilogramos	Peso total aproximado en kilogramos para longitud L en metros de						
	D <sub>e</sub> milímetros	e milímetros	Peso aproximado Kg/m.		4	4,88	5	5,5	6	6,5	7
125	144	8,7	26,4	9,2	115	--	141	155	168	--	--
150	170	9,2	33,2	11,5	144	--	178	194	211	--	--
200	222	10,1	48,1	16,8	209	251	257	281	305	--	--
250	274	11,0	65,0	22,9	283	340	348	380	413	445	--
300	326	11,9	84,0	29,8	366	440	450	492	534	576	--
350	378	12,8	105,0	37,5	458	550	563	615	668	--	--
400	429	13,8	128,7	46,3	561	674	690	754	819	--	--
500	532	15,6	181,0	66,0	790	949	971	1.061	1.152	--	--
600	635	17,4	241,4	89,3	1.055	1.267	1.267	1.417	1.538	--	--
700	738	19,3	311,6	116,8	1.363	--	1.675	1.830	1.986	--	--
800	842	21,1	389,1	147,8	1.704	--	2.093	2.288	2.482	--	2.871
900	945	22,9	474,3	182,6	2.080	--	2.554	2.791	3.029	--	3.503
1.000	1.048	24,8	570,0	222,3	2.502	--	3.072	3.357	3.642	--	4.212

$$e = \frac{11}{12} (7 + 0.02 \text{ DN})$$

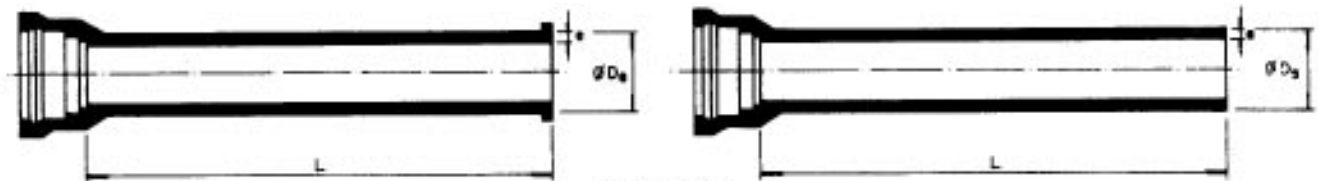


FIG. 4.14.4 b

**CUADRO NUMERO 4.14.4. c**  
**Tubos con enchufe clase B (de grafito laminar).**

Diámetro nominal (DN)	Tubo			Enchufe Peso aproximado kilogramos	Peso total aproximado en kilogramos para longitud L en metros de						
	D <sub>e</sub> milímetros	e milímetros	Peso aproximado Kg/m.		4	4,88	5	5,5	6	6,5	7
125	144	9,5	28,7	9,2	124	--	153	167	181	--	--
150	170	10,0	35,9	11,5	155	--	191	209	227	--	--
200	222	11,0	52,1	16,8	225	271	278	304	330	--	--
250	274	12,0	70,6	22,9	305	368	376	411	447	--	--
300	326	13,0	91,4	29,8	395	476	487	533	578	482	--
350	378	14,0	114,5	37,5	495	596	610	667	724	624	--
400	429	15,0	139,5	46,3	604	727	744	814	883	--	--
500	532	17,0	196,7	66,0	853	1.026	1.049	1.148	1.246	--	--
600	635	19,0	262,9	89,3	1 141	1 372	1.404	1.535	1.667	--	--
700	738	21,0	338,2	116,8	1.470	--	1.808	1.977	2.146	--	--
800	842	23,0	423,1	147,8	1.840	--	2.263	2.475	2.687	--	3.110
900	945	25,0	516,6	182,6	2.249	--	2.766	3.024	3.282	--	3.799
1.000	1.048	27,0	619,2	222,3	2.699	--	3.318	3.628	3.938	--	4.557

$$e = (7 + 0.02 \text{ DN})$$

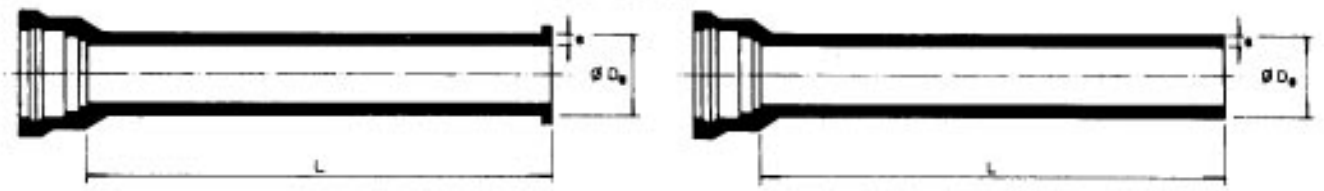


FIG. 4.14. 4 c

## **5. TUBOS DE ACERO**

### **5.1. Generalidades.**

5.1.1. El acero cumplirá todas las condiciones establecidas en 2.11.

### **5.2. Proyecto.**

5.2.1. En caso de emplearse tubos de características distintas a las establecidas en 5.5.1, el contratista someterá a la aprobación de la Administración los planos y los cálculos mecánicos de los elementos de la tubería que no hayan sido detallados por aquélla, teniendo en cuenta, además de lo prescrito en 1.7, el tipo de apoyo, la naturaleza del terreno, etc.

5.2.2. Salvo justificación especial en contrario, se tomará como tensión de trabajo del acero un valor no mayor de la mitad del límite elástico aparente o convencional, siempre que se consideren los efectos de la combinación más desfavorable de solicitaciones a que está sometida la tubería.

5.2.3. El proyectista justificará el sobreespesor adoptado para tener en cuenta los efectos debidos a la corrosión.

### **5.3. Fabricación.**

5.3.1. Hasta un diámetro interior de doscientos (200) milímetros se considerarán en este pliego los tubos de acero fabricados por laminación o extrusión y los soldados, y por encima de este diámetro solamente los soldados en chapa de acero dulce. La soldadura puede ser a solapo o a tope.

5.3.2. Los tubos, uniones y piezas deberán estar perfectamente terminados, limpios, sin grietas, pajas, etc., ni cualquier otro defecto de superficie. Los tubos serán rectos y cilíndricos dentro de las tolerancias admitidas (5.5). Sus bordes extremos estarán perfectamente limpios y a escuadra con el eje del tubo y la superficie interior perfectamente lisa. Los tubos o piezas cuyos defectos sean corregibles sólo podrán repararse con la previa aprobación de la Administración.

### **5.4. Protección.**

5.4.1. Todos los tubos y piezas de acero serán protegidos interior y exteriormente, contra la corrosión por alguno de los procedimientos indicados en el capítulo 9.

### **5.5. Clasificación.**

5.5.1. La clasificación, teniendo en cuenta las presiones normalizadas (1.4.1.), será la siguiente:

a) Tubos de acero sin soldadura (cuadro 5.5.1.a).

**CUADRO NUMERO 5.5.1.a**

Diámetro nominal (DN)	Espesor -- Milímetros	Peso aproximado por metro de longitud -- Kilogramo	Presión normalizada -- Kg/cm <sup>2</sup>
25	4	3,520	100
40	4	5,890	70
60	4,5	9,650	70
80	4,5	10,850	70
100	4,5	11,770	70
125	4,5	14,590	70
150	4,5	17,470	67,5
175	5,5	24,260	65,5
200	5,5	27,790	65

b) Tubos de acero soldados (cuadro 5.5.1.b).

**5.6. Tolerancias relativas a los tubos.**

5.6.1. Las tolerancias admitidas en los tubos son las siguientes: Ver cuadro número 5.6.1.

**CUADRO NUMERO 5.5.1.b**

**Tubos de acero soldado**

Diámetro nominal (DN)	Clase A			Clase B			Clase C		
	Espesor -- Milímetros	Peso aproximado por m.l. útil -- Kilogramos	Presión normalizada -- Kg/cm <sup>2</sup>	Espesor -- Milímetros	Peso aproximado por m.l. útil -- Kilogramos	Presión normalizada -- Kg/cm <sup>2</sup>	Espesor -- Milímetros	Peso aproximado por m.l. útil -- Kilogramos	Presión normalizada -- Kg/cm <sup>2</sup>
25	2,50	2,160	60	2,75	2,400	67,5	3,0	2,640	75
40	2,50	3,640	40	2,75	4,030	45	3,0	4,420	50
60	2,50	5,320	40	2,75	5,870	45	3,0	6,430	50
80	3,00	7,190	40	3,25	7,820	45	3,5	8,440	50
100	3,25	8,440	40	3,75	9,780	45	4,0	10,460	50
125	3,25	10,480	40	3,75	12,130	45	4,0	12,970	50
150	3,75	14,490	40	4,00	15,480	45	4,5	17,470	50
175	4,00	17,540	40	4,50	19,790	45	5,0	22,050	50
200	4,50	22,600	40	5,00	25,150	45	5,5	27,650	50
225	5,50	31,170	40	6,00	34,010	45	6,5	36,850	50
250	6,00	37,900	40	6,50	41,000	45	7,0	44,200	50
275	6,00	41,960	40	6,50	45,450	45	7,25	49,850	50
300	6,00	45,280	30	7,00	52,830	35	7,75	58,500	40
350	6,00	52,920	30	7,00	61,740	35	8,0	70,560	40
400	6,00	60,480	30	7,00	70,560	35	8,0	80,640	40
450	6,00	68,040	30	7,00	79,380	35	8,0	90,720	40
500	6,00	75,600	25	7,00	88,200	30	8,0	100,800	35

**NOTA.**— Los tubos de más de 500 mm. de diámetro se calcularán y se fabricarán según pedido, justificando el Proyectista los espesores, cargas de trabajo y coeficientes adoptados, que no serán nunca menos conservadores que los de este cuadro.



## CUADRO NUMERO 5.6.1.

### Tolerancias relativas a los tubos sin revestir

Concepto o parte a que se refiere	Diámetro nominal	Tolerancia		
		Soldados a solapo	Laminados	Electrosoldados
Peso	Hasta 350, sin incluir el 350. Clase A.	± 5 %	± 10 %	- 2,5 % + 10 %
	Todos los demás	- 2,5 % + 10 %		
Espesor	Hasta 350, sin incluir el 350 mm. Clase A.	+ 10 %	+ 15 %	
	Todos los demás	- 5 % en el tubo aparte soldadura - 1,20 mm. en la soldadura para espesores < 10 milímetros. - 1,60 mm. para la soldadura en los otros. +10 % en el tubo, incluso soldadura		- 5 % + 10 % aparte del refuerzo exterior del tubo
Diámetro exterior	Hasta 200 inclusive	± 1% con un máximo de 0,8 mm.		

### 5.7. Piezas especiales.

5.7.1. Las piezas especiales se construirán en taller por soldadura, pudiendo también hacerse de fundición.

## **6. TUBOS DE AMIANTO-CEMENTO**

### **6.1. Definición del amianto-cemento.**

6.1.1. El amianto-cemento es un material artificial obtenido por la mezcla íntima y homogénea de agua, cemento y fibras de amianto, sin adición alguna que pueda perjudicar su calidad.

### **6.2. Aspecto de los tubos.**

6.2.1. Los tubos deberán presentar interiormente una superficie regular y lisa, sin protuberancias ni desconchados. También cumplirá estas condiciones la superficie exterior del tubo en la zona de unión.

### **6.3. Clasificación.**

6.3.1. Los tubos se clasificarán en función de la presión normalizada (1.4.1) definida en kilogramos por centímetro cuadrado, en la forma siguiente: Clase 5, 10, 15, 20, 25 y 30 kilogramos por centímetro cuadrado, equivalente a 50, 100, 150, 200, 250 y 300 metros de altura de agua.

### **6.4. Diámetros nominales.**

6.4.1. La serie comercial de diámetros nominales interiores, con las tolerancias que después se fijarán, será la siguiente: 50, 60, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 y 1.000 milímetros.

### **6.5. Espesores.**

6.5.1. Los espesores serán tales que la relación entre la presión de rotura por presión interna y la presión normalizada, marcada en el tubo, sea por lo menos igual a dos (2), según se establece en 1.5.1. y no deberán ser inferiores a ocho (8) milímetros.

### **6.6. Longitudes.**

6.6.1. Se entenderá como longitud de los tubos la nominal entre extremos en los tubos lisos o la útil en los tubos de enchufe.

6.6.2. Normalmente la longitud no deberá ser inferior a tres (3) metros para diámetros iguales o menores de cien (100) milímetros y a cuatro (4) metros para diámetros superiores. Los incrementos de longitud serán preferentemente múltiplos de medio metro.

6.6.3. Se admitirá la colocación de tubos más cortos que la longitud nominal siempre que en cualquier tramo de conducción de mil (1.000) metros de longitud por lo menos el noventa por ciento (90%) de la misma esté constituida por tubos de la longitud nominal. La longitud de los tubos más cortos podrá diferir en medio o un metro en los tubos de longitud

nominal de tres (3) metros y estas cantidades o uno y medio a dos (1,50 a 2) metros en los tubos de cuatro (4) metros de longitud.

En trazados de montaña se admitirá la colocación de tubos más cortos que la longitud nominal siempre que así figure expresamente en el proyecto y se hayan tomado precauciones mediante la colocación de anclajes.

6.6.4. No obstante lo anterior, para acoplamientos, empalmes, etc., podrán emplearse tubos cortos de longitud menor de dos (2) metros en tubos de doscientos (200) o más milímetros de diámetro, menor de un (1) metro para tubos de diámetro inferior. Estos tubos cortos deberán tener en toda su longitud la superficie exterior perfectamente terminada, cumpliendo las tolerancias correspondientes a los extremos del tubo.

6.6.5. Sólo se permitirán tubos cortados cuando lo sean en sección normal a su eje.

## 6.7. Tolerancias de dimensiones en el diámetro exterior de los tubos en sus extremos.

6.7.1. Las tolerancias admitidas serán las siguientes:

<b>Diámetros nominales</b>	<b>Tolerancias en milímetros</b>
Hasta 300.....	± 0,6
De 350 a 500 .....	± 0,8
De 600 a 700 .....	± 1,0
Más de 700 .....	± 1,2

## 6.8. Tolerancias del espesor de las paredes del tubo.

6.8.1. Las tolerancias admitidas serán las siguientes:

<b>Espesores nominales</b>	<b>Tolerancias en milímetros</b>
Hasta 10 (inclusive).....	+ 1,5
Desde 10 hasta 20 (éste incluido).....	+ 2,0
Desde 20 hasta 30 (éste incluido).....	+ 2,5
Más de 30 .....	+ 30

6.8.2. Las tolerancias anteriores sólo se admitirán cuando de su aplicación resulte que la diferencia entre dos diámetros interiores cualesquiera no sea mayor del diez por ciento (10%) del diámetro interior nominal. Y para espesores de diez (10) milímetros o menores no baje el espesor medido de los ocho (8) milímetros señalados como mínimo absoluto admisible.

## 6.9. Tolerancia en la longitud.

6.9.1. La longitud nominal de cada tubo podrá estar afectada de un error de cinco (5) milímetros en más o veinte (20) milímetros en menos.

## 6.10. Tolerancia de ovalización interior.

6.10.1. Las tolerancias de ovalización serán tales que una esfera indeformable por la acción del agua cuyo diámetro sea igual a  $(0,99 \text{ DN} - 2,5)$  milímetros (siendo DN el diámetro nominal del tubo) pase libremente por el interior del tubo.

## 6.11. Tolerancia sobre la rectitud.

6.11.1. La máxima curvatura admisible en los tubos rectos será tal que medido el doble de la flecha máxima, que se determina haciendo girar el tubo sobre dos caminos de rodadura paralelos, colocados a una distancia entre sus ejes igual a los dos tercios ( $2/3$ ) de su longitud, no sobrepase los valores siguientes:

Diámetros nominales	Desviación máxima en milímetros (doble de la flecha)
50 ..... 70	5,5 L
80 ..... 200	4,5 L
250 ..... 500	3,5 L
600 ..... 1.000	2,5 L

L = longitud del tubo expresada en metros.

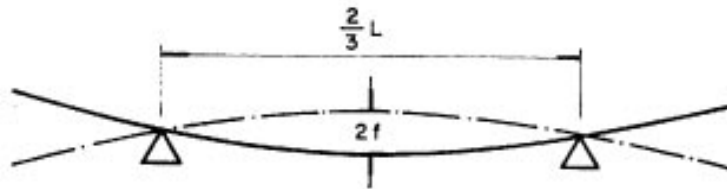


FIG. 6.11.1

## **7. TUBOS DE HORMIGÓN.**

### **7.1. Generalidades.**

7.1.1. El hormigón y sus componentes para la fabricación de tubos cumplirán las prescripciones indicadas en los apartados comprendidos entre 2.15 y 2.21. pudiendo clasificarse los tubos según se indica en 2.15.1.

### **7.2. Proyecto.**

7.2.1. Además de lo prescrito en 1.7. y en la Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigón en masa o armado, se tendrá en cuenta lo que se establece en los párrafos siguientes.

7.2.2. De aquellos elementos de la tubería que no hayan sido proyectados por la Administración, el contratista someterá obligatoriamente a la aprobación de la misma los planos de secciones longitudinal y transversal del tubo, planos y descripción del tipo de junta empleada, acompañado todo ello de los cálculos hidráulicos y mecánicos justificativos de la solución propuesta.

7.2.3. Además de las presiones interiores será preceptivo el estudio del tipo de apoyo previsto, la naturaleza del terreno, el material de sustentación, el relleno sobre la tubería y las sobrecargas móviles, determinándose las cargas de fisuración por flexión transversal y longitudinal, que se comprobarán con las pruebas indicadas en 3.6 y 3.7.

En función del tipo de apoyo previsto se elegirá el factor de carga que corresponda (1.6 y 10.2.9).

7.2.4. En los cálculos se determinarán las tensiones en el hormigón y en las armaduras, tanto las correspondientes a las pruebas a las que se tenga que someter a la tubería como las que correspondan al uso normal, transporte y colocación, y en las tuberías de hormigón pretensado, además las solicitaciones máximas antes de la precompresión y durante la ejecución de la misma.

7.2.5. En ningún caso, cualquiera que sea el tipo de tuberías, las tensiones en hormigón y armaduras rebasarán las cargas de trabajo fijadas en el presente pliego y en el pliego de prescripciones propio de la obra, o en su caso, en la Instrucción vigente para la ejecución de las obras de hormigón armado.

7.2.6. El recubrimiento mínimo, tanto de la armadura principal como de las de reparto, será de dos (2) centímetros en hormigón armado y dos con cinco (2,5) para pretensado.

7.2.7. En tuberías no pretensadas la tensión de tracción en el hormigón debida a la presión interior, teniendo en cuenta las armaduras y la camisa, en su caso, no sobrepasará los veinticinco (25) kilogramos por centímetro cuadrado para una presión interior igual a vez y media (1,5) la presión máxima de trabajo.

Salvo justificación especial, el coeficiente de equivalencia entre armaduras y hormigón no será superior a doce (12).

7.2.8. En las tuberías no pretensadas, con o sin camisa de chapa, la suma de la sección de las armaduras helicoidales con la de la camisa, en su caso, debe ser tal que el

acero ordinario no trabaje a más de ochocientos setenta y cinco (875) kilogramos por centímetro cuadrado cuando la tubería esté sometida a una presión interior igual a la presión máxima de trabajo. No se tendrá en cuenta en ningún caso la resistencia del hormigón a tracción ni la de la armadura del recubrimiento interior.

### **7.3. Proyecto de tuberías de hormigón pretensado.**

7.3.1. Además de las condiciones anteriores que sean de aplicación en los tubos de hormigón pretensado, la carga de compresión previa del núcleo no será mayor del cuarenta por ciento (40 por 100) de la carga de rotura del hormigón de la misma edad y conservación. En estos mismos tubos no se anulará la compresión en el hormigón producida por la armadura transversal con la carga de prueba en obra. La compresión transversal permanente en los tubos en servicio no será menor de cinco (5) kilogramos por centímetro cuadrado ni superior al tercio de la carga de rotura del hormigón de los tubos.

7.3.2. En los tubos pretensados el espesor del núcleo, como norma general, no será inferior a cuarenta (40) milímetros ni el revestimiento de protección de la espiral será inferior a quince (15) milímetros si es de mortero de cemento, o a veinticinco (25) milímetros si es de hormigón, debiendo ser sometidas, previa justificación, al Director de obra las variaciones sobre estas dimensiones aconsejadas.

7.3.3. La tracción transitoria por la flexión longitudinal que se produce en el proceso del pretensado transversal deberá ser siempre inferior a los dos tercios (2/3) del límite de fisuración.

7.3.4. En los tubos pretensados el diámetro del acero de alta resistencia, así como la separación entre las espiras, será tal que el núcleo esté suficientemente comprimido para evitar las tensiones de tracción en el hormigón con las tuberías sometidas a las solicitaciones máximas previstas en el proyecto. Se tendrá en cuenta la pérdida de tensión debida a las deformaciones elásticas y plásticas, tanto en el hormigón como en el acero.

7.3.5. Normalmente el paso de la hélice será tal que el espacio libre entre los redondos no sea inferior al diámetro del alambre, ni en ningún caso menor de cinco (5) milímetros ni mayor de cuarenta (40) milímetros.

7.3.6. Se empleará alambre de diámetro comprendido entre tres (3) y ocho (8) milímetros. La tensión en el acero cuando se someta a la tubería a presión no excederá de la tensión inicial del pretensado.

7.3.7. La tensión inicial del acero para producir el pretensado no debe exceder del ochenta y cinco por ciento (85 por 100) de la tensión de rotura del mismo, o del noventa por ciento (90 por 100) de su límite elástico. La tensión residual permanente en trabajo será menor del sesenta y seis por ciento (66 por 100) de la tensión de rotura.

7.3.8. En ningún caso ni en las pruebas (salvo a rotura) deberá trabajar la armadura a tensión superior a la inicial de pretensado.

### **7.4. Marcado.**

7.4.1. Además de las marcas prescritas en 1.10 para cualquier clase de tipo de tubos, en el caso en que los tubos de hormigón tengan la armadura asimétrica debe marcarse también la generatriz que debe quedar en la parte superior después del montaje.

## **7.5. Fabricación.**

7.5.1. Los tubos deben fabricarse en instalaciones especialmente preparadas, con los procedimientos que se estimen más convenientes por el contratista. Sin embargo, deberá informarse a la Administración sobre utillaje y procedimientos que se van a emplear, así como sobre las eventuales modificaciones que se pretendan introducir en el curso de los trabajos.

7.5.2. La Administración podrá rechazar el procedimiento de fabricación que a su juicio no sea adecuado para cumplir las condiciones que se exigen a los tubos dentro de las tolerancias que se fijen. La aceptación del procedimiento no exime de responsabilidad al contratista en los resultados de los tubos fabricados.

7.5.3. La mezcla se hará en hormigoneras de tipo apropiado, debiendo darse cuenta al Director de obra del diámetro, velocidad de giro y tiempo de amasado.

7.5.4. Los tubos se fabricarán por centrifugación, por vertido en moldes verticales y vibración, por combinación de ambos métodos o por cualquier otro adecuado que sea aceptable a juicio de la Administración.

7.5.5. Cuando el hormigón de los tubos se vierta en moldes verticales y se vibren debe efectuarse el vertido en forma relativamente continua y no se admitirán juntas de hormigonado. La vibración del hormigón debe ser uniforme en cada tubo, usándose vibradores de frecuencia no menor de seis mil (6.000) ciclos por minuto, sujetos a los encofrados. Se recomiendan frecuencias superiores a ocho mil (8.000) ciclos por minuto.

7.5.6. Cuando se use el método de centrifugación debe colocarse el hormigón en los moldes, de forma que asegure en el tubo el espesor de pared previsto y con un mínimo de variaciones en el espesor y en los diámetros en toda su longitud. De todas formas las variaciones no excederán de las tolerancias permitidas. La duración y velocidad de la centrifugación debe ser la suficiente para permitir una completa distribución del hormigón y producir una superficie interior lisa y compacta. Se dispondrán elementos de control suficientes para poder comprobar ambos importantes factores.

## **7.6. Hormigones y morteros.**

7.6.1. Los hormigones y morteros empleados en la fabricación de los tubos cumplirán las prescripciones fijadas en la Instrucción para la ejecución de las obras de hormigón armado vigente, además de las que se indican en el presente pliego.

7.6.2. Deben ser fabricados en instalaciones de suficiente garantía para tener seguridad de mantener las características del proyecto. Los áridos y el cemento se medirán siempre en peso, y el agua, en peso o en volumen.

7.6.3. Atendida la dosificación y granulometría adecuadas, la relación agua-cemento deberá garantizarse constantemente, teniendo en cuenta la humedad de los áridos.

7.6.4. Salvo autorización expresa no se emplearán dosificaciones de cemento inferiores a trescientos cincuenta (350) kilogramos por metro cúbico. Se deberá tener en cuenta el efecto de la retracción para que no se produzca fisuras por este motivo.

7.6.5. La resistencia característica del hormigón de los tubos, medida en probetas cilíndricas, no será menor de doscientos setenta y cinco (275) kilogramos por centímetro cuadrado a los veintiocho (28) días.

A título meramente orientativo la resistencia a los siete (7) días conviene que sea al menos de ciento setenta (170) kilogramos por centímetro cuadrado, cuya cifra supone una cierta probabilidad de alcanzar a los veintiocho (28) días la resistencia característica exigida.

## **7.7. Armaduras.**

7.7.1. Las armaduras consisten en una o más capas de redondo de acero arrolladas generalmente en forma helicoidal, separadas convenientemente y soportadas por otras barras longitudinales.

7.7.2. En los casos en que además de la armadura anterior las tuberías lleven camisa metálica, esta camisa consistirá en un cilindro de chapa de acero, soldada, situado en el interior del hormigón.

7.7.3. Las barras de acero para las armaduras podrán ser lisas o corrugadas. Todo el redondo estará perfectamente enderezado antes de su colocación en obra. Se colocará limpio, exento de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial.

7.7.4. La hélice del redondo deberá ser lo más continua posible. En los tubos no pretensados los empalmes deben ser soldados eléctricamente por el método de arco o resistencia a tope, y en cualquier caso la soldadura debe resistir tanto como las barras. Si se autoriza taxativamente el empalme por solapo, la longitud del mismo debe ser igual o mayor a cuarenta (40) veces el diámetro del redondo, zunchado en toda la longitud del solapo.

Los empalmes de las distintas barras se distanciarán unos de otros de tal modo que sus centros queden separados, en la dirección de las armaduras, a más de veinte (20) veces el diámetro del redondo.

En los alambres de pretensado los empalmes deberán ser tales que su resistencia sea superior a la del alambre, que no modifique sus características y sea de un tipo admisible a juicio de la Administración.

7.7.5. Se cuidará especialmente que la posición de las armaduras sea la correcta, para lo cual se empleará el sistema apropiado (separadores, etc..) que deberá ser conocido y aprobado por la Administración.

7.7.6. En tuberías no pretensadas se recomienda que las generatrices sean soldadas a las espiras en todos los puntos de cruce. En cualquier caso no existirán dos puntos contiguos sin soldar, tanto en sentido de la espiral como de la generatriz.

7.7.7. Las chapas de acero para las camisas se soldarán a tope salvo justificación y aceptación en su caso por la Administración, permitiéndose la soldadura transversal y longitudinal o la helicoidal. Todas las soldaduras deberán tener una resistencia a la tracción igual al menos a la de la chapa. Se recomienda que el número de soldaduras de la camisa sea el menor posible. La Administración podrá exigir sacar testigos hasta de un diez por ciento (10%) de los cilindros construidos, autorizándose al contratista a reparar los cilindros cortados con parches soldados convenientemente. El sistema de soldadura deberá ser conocido y aprobado por la Administración.

7.7.8. Todas las camisas, después de terminadas y antes de ser revestidas, se someterán a una presión interior que produzca una tensión en la chapa igual a dos veces la que se supone en el cálculo, que deberá producirse con la tubería sometida a la presión máxima de trabajo y como mínimo mil doscientos (1.200) kilogramos por centímetro cuadrado. Se mantendrá la presión el tiempo suficiente para permitir la inspección de todas las juntas soldadas y todas las fugas que se presenten se repararán por soldadura ensayándose el



cilindro nuevamente. No se permitirán el calafateo y ninguna camisa se embutirá en el hormigón hasta que quede libre de fugas según las pruebas anteriores. Antes de colocar cada camisa en el molde, se limpiará de toda escama de óxido, aceites, grasas o materias extrañas, frotándola con cepillo de alambre o por otros métodos aprobados por la Administración.

7.7.9. En las tuberías pretensadas la armadura transversal consiste en alambre de alta resistencia helicoidalmente arrollado a una tensión uniforme y calculada, alrededor de un núcleo de hormigón, después de que éste haya adquirido su resistencia característica. Este núcleo de hormigón puede llevar o no un cilindro de chapa de acero soldada. Cuando el núcleo no lleve camisa de chapa, deberá colocarse un pretensado longitudinal o adoptarse las disposiciones pertinentes en el proyecto y durante la ejecución que eviten la fisuración que tiende a producirse durante la operación de pretensado circunferencial.

La separación entre espiras será uniforme. En general la separación entre generatrices será también uniforme. En caso contrario se señalará en los tubos la especial colocación de la armadura. Las camisas serán también perfectamente cilíndricas, no admitiéndose en su forma tolerancias en diámetro superiores al uno por ciento (1%) si el diámetro del tubo es igual o inferior a cuatrocientos (400) milímetros, y a setenta y cinco centésimas por ciento (0,75%) si es el diámetro superior a cuatrocientos (400) milímetros.

## **7.8. Pretensado.**

7.8.1. La compresión del hormigón, debida al tesado de la armadura longitudinal o transversal, no debe iniciarse hasta que el hormigón haya alcanzado el módulo de elasticidad, la resistencia y la rigidez previstas en los cálculos para estas fases.

7.8.2. El sistema de pretensado deberá garantizar constancia de la tensión y permitir el control de la misma al menos con la aproximación permitida en el cálculo para la valoración de tensiones. Se instalará un equipo que permita darse cuenta de una eventual disminución de la tensión.

7.8.3. El sistema de anclaje de los hilos debe ser tal que no disminuyan las cargas de rotura ni se alteren las características del hilo.

## **7.9. Moldes y encofrados.**

7.9.1. Antes de comenzar la fabricación el contratista debe presentar a la Administración para su aprobación todos los planos y detalles para la construcción de moldes.

7.9.2. Para las tuberías de hormigón que se fabriquen por el método de centrifugación, los moldes deben ser contruidos de acero con juntas estancas y de tal forma que la superficie del molde en contacto con la pared exterior de la tubería sea limpia y lisa. Todos los moldes deben ser suficientemente impermeabilizados con gomas colocadas en las juntas de tal forma que no se produzcan pérdidas de la lechada. Los moldes deben ser lo suficientemente rígidos para permitir todas las operaciones conducentes a la colaboración y compactación del hormigón en los mismos.

7.9.3. Cuando el tubo de hormigón se ejecute en moldes verticales y con vibración, los moldes serán de chapa metálica arrollada en cilindros coaxiales formando los encofrados interior y exterior. Estos encofrados serán estancos y tendrán suficiente rigidez para resistir la vibración sin deformaciones perjudiciales. Durante el hormigonado los moldes apoyarán en su parte inferior en anillos de hierro fundido o acero con junta de goma o neopreno al objeto de conseguir estanquidad a la lechada, y perfección en el acabado de la cara inferior.

7.9.4. Las juntas de los moldes deben trazarse cuidadosamente para evitar la formación de resaltos en los tubos. Si se usan roblones, sus cabezas deben ser avellanadas en las zonas de contacto con el hormigón, y en caso de soldadura se suprimirán las rebabas.

7.9.5. Los moldes deben limpiarse y prepararse antes de cada uso y el producto utilizado para facilitar el desmoldeo será tal que no produzca perjuicio a los tubos.

7.9.6. El desmoldeo no debe iniciarse hasta que el hormigón haya endurecido lo suficiente para evitar daños a los tubos.

## **7.10. Curado del hormigón.**

7.10.1. El hormigón de los tubos debe someterse a cualquier método de curado que se apruebe explícitamente por la Administración (agua, vapor, compuestos de curado, etc.). En cualquier caso deben preverse espacio y facilidades suficientes para las operaciones precisas. Los hormigones de los tubos deben ser curados hasta que probetas cilíndricas de quince (15) centímetros de diámetro y treinta (30) centímetros de altura confeccionadas con el mismo hormigón con que se fabrican los tubos y sometidas a procesos de curado idénticos, hayan adquirido la resistencia que se estime oportuna para que los tubos puedan manejarse dentro de la fábrica sin el menor quebranto.

7.10.2. El hormigón de los tubos puede ser curado por agua, bien por inmersión o bien por cualquier procedimiento de riego que se apruebe por la Administración y que permita mantener las superficies interior y exterior del tubo mojadas continuamente. Cualquiera que sea el sistema que se emplee se mantendrá el tubo sin desencofrar hasta las veinte (20) horas de haber terminado el hormigonado y no se moverá del sitio de ejecución hasta que hayan pasado como mínimo setenta y dos (72) horas más, durante las cuales superficies interior y exterior se mantendrán constantemente mojadas como queda dicho. A partir de dicho plazo el tubo podrá ser trasladado de sitio en el almacén para seguir manteniendo mojadas sus superficies durante el periodo total de curado.

7.10.3. Si se hace el curado de hormigón por vapor saturado a presión atmosférica, dicho curado se realizará colocando los tubos en cámaras, cajas o bajo otros cierres estancos que protejan a los hormigones de corrientes de aire. El departamento estanco debe tener suficiente tamaño para permitir una perfecta circulación del vapor por las caras exterior e interior del tubo.

A título orientativo se indican a continuación las posibles fases de este tipo de curado.

Primera fase:

Período de espera de dos (2) a tres (3) horas entre el término de la colocación del hormigón y el comienzo de la aplicación del vapor.

Segunda fase:

Elevación de la temperatura del hormigón a un ritmo no superior a los veinte grados centígrados por hora (20°C/hora).

Tercera fase:

Desencofrado de los tubos no antes de las ocho (8) horas de haber terminado el hormigonado.

Cuarta fase:

Elevación de la temperatura del hormigón a un ritmo más lento que en la segunda fase.

Quinta fase:

Mantenimiento de la temperatura máxima de curado (no mayor de setenta grados centígrados) (70° C).

Sexta fase:

Descenso de la temperatura del hormigón a un ritmo no superior a los doce grados centígrados por hora (12°C/hora).

Durante el tiempo de curado por vapor, los hormigones deben protegerse contra las alteraciones bruscas de la temperatura. En este período debe evitarse con todo cuidado la desecación del hormigón y una condensación excesiva sobre él.

7.10.4. Cuando se utilice el curado por membrana será aprobado previamente por la Administración a la vista de los resultados obtenidos en ensayos en laboratorio, tanto desde el punto de vista de su calidad como de su utilización.

## **7.11. Tolerancias.**

7.11.1. El diámetro interior del tubo no se diferenciará en ninguna sección en más de uno por ciento (1 por 100) del diámetro que figure en los planos si el diámetro es inferior o igual a cuatrocientos (400) milímetros, ni más de setenta y cinco centímetros por ciento (0,75 por 100) si el diámetro es mayor de cuatrocientos (400) milímetros. En ambos casos, el promedio de los diámetros mínimos tomados en las (5) secciones transversales resultantes de dividir un tubo en cuatro (4) partes iguales, no debe ser inferior al diámetro del tubo.

7.11.2. En ningún punto de la pared de los tubos se admitirán variaciones de espesor superiores al cinco por ciento (5 por 100) del que figure en los planos; el promedio de los espesores mínimos en las cinco secciones, resultantes de dividir la longitud de un tubo en cuatro partes iguales, no debe ser inferior al espesor definido como teórico.

7.11.3. Si existiera ovalización del enchufe o cordón, la diferencia entre sus diámetros máximo y mínimo no será mayor que el medio por ciento (0,5 por 100) del diámetro que figure en los planos.

7.11.4. Los ejes geométricos del tubo y de la armadura coincidirán, no admitiéndose una separación entre ellos superior al medio por ciento (0,5 por 100) de dicho diámetro.

7.11.5. Las juntas deben ser construidas de tal forma que el máximo resalto interior en cualquier punto no sea mayor de tres y medio (3,5) milímetros.

7.11.6. La longitud de los tubos será la máxima que permita un fácil transporte y montaje de las tuberías. Para conseguir la alineación y perfil dado en los planos, la longitud de los tubos será constante y no se admitirán variaciones superiores al más menos cinco por ciento ( $\pm 5$  por 100) de la misma.

## **7.12. Piezas especiales.**

7.12.1. Se entiende por piezas especiales todos aquellos elementos de la conducción distintos de los tubos: codos, reducciones, tes, terminales, etc..

7.12.2. Las características que deben satisfacer tales piezas serán análogas a las exigencias a los tubos sobre los cuales dichas piezas deben ser montadas.

7.12.3. El dibujo de las piezas especiales y el cálculo de sus dimensiones, de no ser efectuado directamente por el Ingeniero proyectista, será obligatoriamente sometido a la aprobación de la Administración.

7.12.4. Las piezas especiales deberán ser, a criterio del Proyectista, construidas en hormigón armado con camisa de chapa metálica construida en obra prefabricada, de fundición o de acero. Generalmente serán de chapa de acero protegida con un revestimiento interior y exterior de hormigón armado, aplicado con procedimientos adecuados.

7.12.5. Las curvas de gran radio, verticales y horizontales, podrán hacerse con tubos rectos, siempre y cuando lo permita el tipo de junta adoptado: la máxima abertura de las juntas así como la mínima separación para relleno de estas en la parte exterior o interior del tubo será justificada por el fabricante debiendo ser sometida inexcusablemente a la aprobación de la Administración.

## **8. TUBOS DE PLÁSTICO.**

### **8.1. Generalidades.**

8.1.1. Los tubos de plástico cumplirán las prescripciones indicadas en los apartados 2.22 y 2.23 sobre condiciones que deben poseer los materiales constituyentes.

### **8.2. Fabricación.**

8.2.1. Los tubos de plástico se fabricarán en instalaciones especialmente preparadas con todos los dispositivos necesarios para obtener una producción sistematizada y con un laboratorio mínimo necesario para comprobar por muestreo al menos las condiciones de resistencia y absorción exigidas al material.

8.2.2. No se admitirán piezas especiales fabricadas por la unión mediante soldadura o pegamento de diversos elementos.

### **8.3. Marcado.**

8.3.1. Los tubos se marcarán exteriormente y de manera visible con los datos mínimos exigidos en este pliego de prescripciones y con los complementarios que juzgue oportuno el fabricante.

### **8.4. Proyecto.**

8.4.1. En los cálculos se establecerán las condiciones de estabilidad mecánica de la tubería, tanto para los esfuerzos de las pruebas como para el uso normal. Cuando el diámetro sea igual o superior a los sesenta (60) milímetros deberá prestarse atención al efecto de las acciones exteriores sobre la tubería.

8.4.2. En ningún caso se sobrepasarán las tensiones o presiones fijadas por este pliego de tuberías, o el propio del proyecto.

8.4.3. Si no existe otra indicación, la tensión de rotura del material a tracción por presión interior será la correspondiente a cincuenta (50) años de vida útil de la obra para la temperatura de circulación del agua. Normalmente se tomará como temperatura de circulación del agua en tubería enterrada la de veinte grados centígrados (20 °C).

8.4.4. Para plazos menores de cincuenta (50) años, se justificarán detalladamente las causas que fuerzan la consideración de un período de utilización más corto.

8.4.5. La presión máxima de trabajo ( $P_t$ ) del tubo (ver 1.4.4) dará lugar al correspondiente espesor, según se indica en los cuadros 8.4.7 a, b, y c.

8.4.6. En tuberías de pequeño diámetro (ramales, acometidas, etc..) se cuidará especialmente el tipo de junta adoptada.

8.4.7. De no haber sido proyectados por la Administración los elementos de la tubería, el contratista someterá obligatoriamente a su aprobación los datos siguientes: sección de los tubos, espesor de sus paredes y tipo de junta empleada, acompañado todo ello de los cálculos hidráulicos y mecánicos justificativos de la solución que se propone.

## 8.5. Clasificación.

8.5.1. Los tubos se clasificarán por su diámetro exterior (diámetro nominal) y la presión máxima de trabajo ( $P_t$ ) definida en kilogramos por centímetro cuadrado. Dicha presión de trabajo se entiende para cincuenta (50) años de vida útil de la obra y veinte grados centígrados (20 °C) de temperatura de uso del agua. Cuando dichos factores se modifiquen se definirán explícitamente el período útil previsto y la temperatura de uso.

## 8.6. Diámetros nominales y tolerancias.

8.6.1. Los diámetros nominales se refieren a los exteriores de los tubos, y las tolerancias admitidas proporcionan los valores máximos en milímetros de los diámetros exteriores, indicados en los cuadros 8.4.7 a, b y c. No se admiten tolerancias en menos.

## 8.7. Espesores y tolerancias.

8.7.1. Los espesores y tolerancias vienen indicados en los cuadros 8.4.7. a, b y c. No se admiten tolerancias en menos.

### CUADRO NUMERO 8.4.7. a

#### Polivinilo (PVC)

(Espesores reales que corresponden a los diferentes diámetros y presiones máximas de trabajo)

Diámetro nominal (exterior)	Máximo diámetro (tolerancia) en milímetros	Presión máxima de trabajo en Kg./cm <sup>2</sup>									
		2,5		4		6		10		16	
		Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más
40	40,20	--	--	1,8	0,40	2,0	0,40	3,0	0,50	4,5	0,65
50	50,20	--	--	1,8	0,40	2,4	0,45	3,7	0,55	5,6	0,75
63	63,20	--	--	1,9	0,40	3,0	0,50	4,7	0,65	7,0	0,90
75	75,25	1,8	0,40	2,2	0,40	3,6	0,55	5,6	0,75	--	--
90	90,25	1,8	0,40	2,7	0,45	4,3	0,65	6,7	0,85	--	--
110	110,30	2,2	0,40	3,2	0,50	5,3	0,75	8,2	1,00	--	--
125	125,30	2,5	0,45	3,7	0,55	6,0	0,80	9,3	1,15	--	--
140	140,35	2,8	0,50	4,1	0,60	6,7	0,85	10,4	1,25	--	--
160	160,35	3,2	0,50	4,7	0,65	7,7	0,95	11,9	1,40	--	--
180	180,40	3,6	0,55	5,3	0,75	8,6	1,05	--	--	--	--
200	200,40	4,0	0,60	5,9	0,80	9,6	1,15	--	--	--	--
225	225,45	4,5	0,65	6,6	0,85	10,8	1,30	--	--	--	--
250	250,50	4,9	0,70	7,3	0,95	11,9	1,40	--	--	--	--
280	280,55	5,5	0,75	8,2	1,00	13,4	1,55	--	--	--	--
315	315,60	6,2	0,80	9,2	1,10	15,0	1,70	--	--	--	--
355	355,65	7,0	0,90	10,4	1,25	16,9	1,90	--	--	--	--
400	400,70	7,9	1,00	11,7	1,35	19,1	2,10	--	--	--	--

Espesores y tolerancias en milímetros.

No se admiten tolerancias en menos, ni en el diámetro exterior ni en los espesores.

**CUADRO NUMERO 8.4.7. b**

**Polietileno de baja densidad**

**(Espesores reales que corresponden a los diferentes diámetros y presiones máximas de trabajo)**

Diámetro nominal (exterior)	Máximo diámetro (tolerancias) en milímetros	Presión máxima de trabajo en Kg/cm <sup>2</sup>					
		2,5		4		6	
		Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más
40	40,4	2,5	0,5	3,7	0,6	5,8	0,8
50	50,5	3,2	0,6	4,6	0,7	7,2	1,0
63	63,6	4,0	0,6	5,8	0,8	9,0	1,1
75	75,7	4,7	0,7	6,9	0,9	10,8	1,3
90	90,9	5,7	0,8	8,2	1,1	12,9	1,5
110	111,0	6,9	0,9	10,0	1,2	15,8	1,8
125	126,1	7,9	1,0	11,4	1,4	17,9	2,0
140	141,3	8,8	1,1	12,8	1,5	20,0	2,2
160	161,5	10,0	1,2	14,6	1,7	--	--
180	181,7	11,3	1,4	16,4	1,9	--	--
200	201,8	12,5	1,5	--	--	--	--

Espesores y tolerancias en milímetros.

No se admiten tolerancias en menos, ni en el diámetro exterior ni en los espesores.

**CUADRO NUMERO 8.4.7. c**

**Polietileno de alta densidad**

**(Espesores reales que corresponden a los diferentes diámetros y presiones máximas de trabajo)**

Diámetro nominal (exterior)	Máximo diámetro (tolerancias) en milímetros	Presión máxima de trabajo en Kg/cm <sup>2</sup>					
		2,5		4		6	
		Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más	Espesor	Tolerancia en más
40	40,4	2,0	0,40	2,3	0,45	3,6	0,55
50	50,45	2,0	0,40	2,8	0,50	4,5	0,65
63	63,6	2,4	0,45	3,6	0,55	5,7	0,75
75	75,7	2,8	0,50	4,3	0,65	6,8	0,90
90	90,8	3,5	0,55	5,1	0,70	8,2	1,00
110	111,0	4,2	0,60	6,2	0,80	10,0	1,20
125	126,2	4,8	0,70	7,1	0,90	11,4	1,35
140	141,3	5,4	0,75	7,9	1,00	12,7	1,45
160	161,5	6,2	0,80	9,1	1,15	14,6	1,65
180	181,7	6,9	0,90	10,2	1,20	16,4	1,35
200	201,8	7,7	0,95	11,4	1,35	18,2	2,00
225	227,1	8,7	1,05	12,8	1,50	20,5	2,25
250	252,3	9,6	1,15	14,2	1,60	22,8	2,50
280	282,6	10,8	1,30	15,9	1,80	25,5	2,75
315	317,9	12,1	1,40	17,9	2,00	--	--
355	358,2	13,7	1,55	20,1	2,20	--	--
400	403,6	15,4	1,70	22,7	2,45	--	--

Espesores y tolerancias en milímetros.

No se admiten tolerancias en menos, ni en el diámetro exterior ni en los espesores.

### **8.8. Aspecto de los tubos.**

8.8.1. El material de los tubos estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o faltas de homogeneidad de cualquier tipo. Las paredes serán suficientemente opacas para impedir el crecimiento de algas o bacterias, cuando las tuberías queden expuestas a la luz solar.

### **8.9. Juntas y uniones.**

8.9.1. Las condiciones de funcionamiento de las juntas y uniones deberán ser justificadas con los ensayos realizados en un laboratorio oficial, y no serán inferiores a las correspondientes al propio tubo.



## **9. PROTECCIÓN DE TUBERÍAS.**

### **9.1. Generalidades.**

9.1.1. La corrosión de las tuberías depende principalmente del medio ambiente en que están colocadas, del material de su fabricación y del régimen de funcionamiento a que se ven sometidas

El Ingeniero proyectista deberá tener en cuenta estos factores para elegir la protección adecuada.

9.1.2. Las tuberías destinadas a abastecimiento de agua se proyectan ordinariamente enterradas, por lo que se trata este caso de manera particular.

En los casos de tuberías no enterradas y de las sumergidas el Proyectista estudiará la protección que proceda teniendo en cuenta las especiales condiciones corrosivas del medio ambiente.

9.1.3. Cualquier sistema de protección deberá reunir las siguientes condiciones:

- a) Buena adherencia a la superficie de la tubería a proteger.
- b) Resistencia física y química frente al medio corrosivo en que está situada.
- c) Impermeabilidad a dicho medio corrosivo.

9.1.4. La protección exterior de la tubería es la que debe estudiarse con mayor cuidado, debido a que, de ordinario, el medio circundante es más agresivo que el agua que circula por el interior.

### **9.2. Factores que influyen en la corrosión.**

9.2.1. Los factores que influyen en la corrosión de tuberías metálicas o de las armaduras de las tuberías de hormigón pueden encuadrarse en los grupos siguientes:

1.- La porosidad del suelo, que determina la aireación y por tanto, la afluencia de oxígeno a la superficie de la pieza metálica.

2.- Los electrolitos existentes en el suelo, que determinan su conductividad.

3.- Factores eléctricos, como pueden ser la diferencia de potencial existente entre dos puntos de la superficie del metal, el contacto entre dos metales distintos y las corrientes parásitas.

4.- El pH de equilibrio del agua y del terreno.

5.- La acción bacteriana, que influye en la corrosión de tuberías enterradas junto con la aireación y la presencia de sales solubles.

6.- El aumento de la agresividad, producido por la superposición de dos o más de los factores anteriores.

### 9.3. Clasificación general de los sistemas de protección.

9.3.1. Entre los posibles sistemas de protección de tuberías se destacan los siguientes:

	<b>A base de betunes asfálticos</b>
Recubrimientos orgánicos ..	Mástiques asfálticos de aplicación en caliente. Pinturas asfálticas. Recubrimientos reforzados.
Recubrimientos inorgánicos	A base de cemento portland. Metálicos.
Protección catódica .....	Por fuente de corriente auxiliar. Por ánodos de sacrificio.

9.3.2. A título de mera orientación se indican esquemáticamente a continuación los tipos usuales de revestimiento de tuberías, siguiendo el orden indicado en el cuadro siguiente:

	Tuberías metálicas enterradas (cuadro 9.4.1.a)
	Tuberías metálicas en la atmósfera (cuadro 9.4.1.b)
Exterior	Tuberías metálicas sumergidas (cuadro 9.4.1.c)
Protección	Tuberías a base metálicas (cuadro 9.5.1 )
Interior	Tuberías metálicas (cuadro 9.5.1)

### 9.4. Protección exterior.

9.4.1. En los cuadros 9.4.1. a, b y c, se describen algunos tipos de protección exterior de tuberías metálicas, atendiendo a que estén enterradas, en la atmósfera o sumergidas y a la mayor o menor agresividad del medio.

9.4.2. En el cuadro 9.4.2. se describen algunos tipos de protección exterior de tuberías a base de cemento atendiendo al tipo de medio ambiente que las rodea y a la mayor o menor agresividad del mismo.

**CUADRO NUMERO 9.4.1.a**  
**Protección exterior**  
**Tuberías metálicas enterradas.**

Medio ambiente	Producto base de protección	Sistemas			
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado	
Poco o medianamente agresivo	Alquitrán	1º	Capa de pintura de alquitrán o clorocaucho.	Capa de esmalte de alquitrán de aplicación en caliente, con un filtro de amianto embebido.	Capa de lechada de cal o un papel kraft.
		2º	Capa de emulsión de alquitrán con las características del apartado 2.32.6.		
	Asfalto	Capa de betún asfáltico soplado (espesor máximo 0,5 mm).		Capa de mástique asfáltico (espesor mínimo 2 mm).	
	Cinc metálico (galvanizado).	Capa de cinc aplicada por inmersión de la tubería en cinc fundido			
		Capa de alquitrán o cloro-caucho.	1. Capa de esmalte de alquitrán (espesor de 1,5 a 3 mm.). 2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán. 3. Capa de esmalte de alquitrán (espesor mínimo 1 mm.).	Capa de lechada de cal o un papel kraft.	
Muy agresivo			4. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán		
	Asfalto (zonas encharcadas)	Capa de betún asfáltico.		Capa de mástique asfáltico de aplicación en caliente (espesor mínimo, 3 mm.).	
	Asfalto (protección media).	Capa de betún asfáltico soplado (espesor máximo 5 mm).	1. Capa de esmalte asfáltico (espesor mínimo 2 milímetros) 2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de betún asfáltico.		
	Asfalto (fuerte protección).	Capa de betún asfáltico soplado (espesor máximo 5 mm).	1. Capa de mástique asfáltico (espesor mínimo 2 mm.) 2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán. 3. Capa de mástique de dos milímetros de espesor. 4. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán. 5. Capa de mástique asfáltico (espesor mínimo 2 mm.).	Revestimiento de cordel de espesor.	
	Cemento	Capa de mortero de cemento, reforzado con malla de alambre. Las posibles grietas producidas se sellarán con betún asfáltico o brea de hulla.			
	Protección catódica (en combinación con algún revestimiento)	Por fuerte de corriente auxiliar o por ánodos de sacrificio.			
Muy agresivo (caso de erosión mecánica).	Alquitrán y cemento	Capa de alquitrán o clorocaucho.	Capa de esmalte de alquitrán (espesor de 1,5 a 3 mm.).	Revestimiento de mortero de cemento.	

Estos detalles son meramente indicativos.

## CUADRO NUMERO 9.4.1. b

### Protección exterior

#### Tuberías metálicas en la atmósfera

Medio ambiente	Producto base de la protección	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Poco o moderadamente agresivo.	Alquitran y pintura.	Una o dos capas de pintura de minio de plomo con barniz de resina sintética.		Una capa de esmalte sintético o una capa de pintura de alquitrán.
	Cinc metálico.	Galvanizado electrolítico por inmersión o metalizado a pistola.		
Muy agresivo.	Alquitrán.	Capa de pintura de alquitrán.	1. Capa gruesa de esmalte de alquitrán de aplicación en frío. 2. Capa gruesa de emulsión de alquitrán.	Capa de pintura de aluminio.

Estos detalles son meramente indicativos.

## CUADRO NUMERO 9.4.1.c

### Protección exterior

#### Tuberías metálicas sumergidas

Medio ambiente	Producto base de la protección	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Agua dulce	Pintura fenólica	Capa de barniz fenólico pigmentado con minio de plomo.		Varias capas sucesivas de pintura fenólica pigmentada con aluminio.
	Alquitrán	Capa de alquitrán o cloro-caucho.	Capa de esmalte de alquitrán plastificado.	Pintura antiincrustable (opcional).
	Alquitrán epoxi.	Una o dos capas de alquitrán epoxi.		
	Alquitrán	Capa de alquitrán o cloro-caucho.	1. Capa de esmalte de alquitrán (espesor de 1,5 a 3 mm). 2. Filtro de amianto de fibra de vidrio o arpillera de yute saturado de alquitrán	Capa de esmalte de alquitrán (espesor mínimo, 1 milímetro).
	Pintura de cinc	Capas de cinc metálico aplicado a pistola con espesor de 2 mm.	Pintura rica en cinc de aglomerante orgánico.	Pintura impermeable
	Uretanos	Capa de pintura formada a base de un vehículo de aceite de ricino al cual se le incorpora en el momento de su aplicación un poliisocianato.		
	Resina vinílica	Wash-primers de butiral poli-vinilo.		Una o varias capas de pintura vinílica.
	Resina vinílica	Una o varias capas de pintura vinílica en cuya resina contiene grupos carbóxilos.		
	Protección catódica	Los sistemas anteriores pueden ir suplementados con una protección catódica.		
Agua dulce en caso de posible erosión.	Resina epoxi.	Capa anticorrosiva rica en cinc.		Capa de recubrimiento epoxi, curado, con poliamidas y mezclado con arena.

Estos detalles son meramente indicativos.

## CUADRO NUMERO 9.4.2.

### Protección exterior

#### Tuberías a base de cemento

Medio ambiente	Producto base de la protección	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Agresivo	Emulsiones bituminosas.	Emulsiones de asfalto o alquitrán		
	Asfaltos y alquitranes	Se utilizan unos u otros, pero nunca en contacto.		
	Caucho	Capa de clorocaucho		Recubrimientos bituminosos o de neopreno.
	Esteres epoxi	Capa resistente a los álcalis del cemento		Una o varias capas de pintura éster epoxi.
	Alquitrán epoxi.	Una o varias capas de pintura de alquitrán epoxi.		
	Silicatos	Una o varias capas de soluciones acuosas de silicato sódico o fluosilicatos de magnesio de cinc.		
Muy agresivo	Neopreno	Una capa de clorocaucho		Una o varias capas de pintura de neopreno
Muy agresivo y larga duración	Epoxi.	Una o varias capas de pintura epoxi.		
Agresivo (con inmersión continua o intermitente en agua)	Resinas vinílicas	Una o varias capas de pintura vinílica.		

Estos detalles son meramente indicativos.

## CUADRO NUMERO 9.5.1.

### Protección interior

#### Tuberías metálicas

Medio ambiente	Producto base de la Imprimación	Sistema		
		Imprimación	Capas intermedias	Acabado
Cualquier medio	Alquitrán	Compuesto de breas de alquitrán y aceites de alquitrán refinados.	Esmalte de alquitrán de aplicación en caliente	
	Cinc metálico Cemento	Galvanizado eletrolítico o galvanizado por inmersión Revestimiento centrifugado de mortero de cemento.		

Estos detalles son meramente indicativos.

NOTA.—Las tuberías a base de cemento no necesitan protección interior.

### 9.5. Protección interior.

9.5.1. En la protección interior de tuberías metálicas debe tenerse en cuenta que el agua que circula por su interior es agua potable, dando lugar a una agresividad relativamente escasa, por lo que los tipos de protección que se utilizan son de una gran sencillez. En el cuadro 9.5.1. se indican los más usuales.

9.5.2. En las tuberías fabricadas a base de cemento debe considerarse la posibilidad de que aguas muy puras pueden ser agresivas.

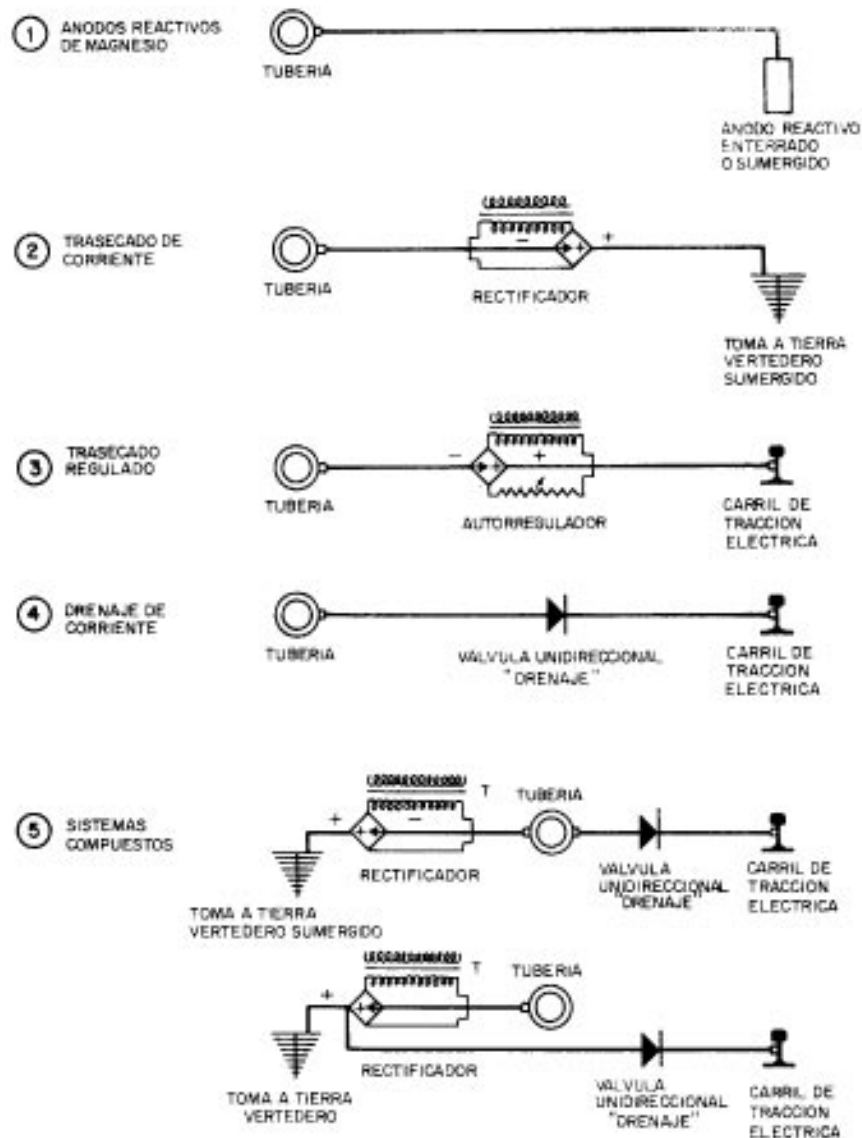
## 9.6. Protección catódica.

9.6.1. Las corrientes eléctricas en el terreno, cualquiera que sea su origen, pueden producir fenómenos de electrólisis que llegan a originar destrucciones importantes. Se favorece la protección catódica de las tuberías consiguiendo la continuidad eléctrica en el sentido longitudinal y también una buena conductividad, bien sea por soldadura de los elementos metálicos de los tubos o por cualquier otro medio apropiado.

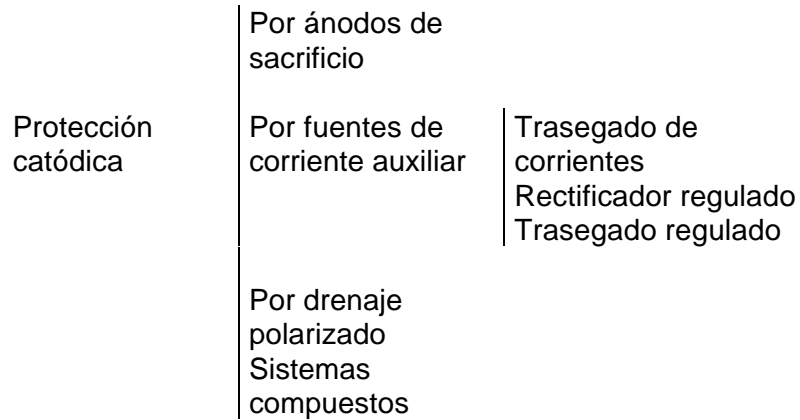
9.6.2. Los elementos metálicos que no interese o no sea económico defender catódicamente (pozos, estaciones de bombeo, uniones con redes no protegidas, etc..) se deben independizar de las corrientes eléctricas con juntas aislantes.

9.6.3. La protección catódica adecuada para defender una tubería de los fenómenos de electrólisis constituye un estudio que en muchas ocasiones necesitará el asesoramiento de bibliografía y de técnicos especializados en la materia. A título orientativo se señalan sistemas de protección cuyos esquemas pueden verse en la figura 9.6.3.

### SISTEMAS DE PROTECCION CATÓDICA DE TUBERÍAS METÁLICAS ENTERRADAS



**FIG. 9.6.3**



9.6.4. En el sistema de protección denominado de “ánodos de sacrificio” el metal que se quiere proteger se conecta a otro más electronegativo, formando una pila, consiguiendo, con el sacrificio del metal añadido, salvar el metal de la tubería. Como electrodos de sacrificio se emplean el magnesio o algunas de sus aleaciones, el cinc y el aluminio, que se colocan en bloques. Estos bloques van enterrados en un medio regulador que asegure la despolarización del sistema, disminuyendo así la resistencia interior del mismo.

9.6.5. En el "trasegado de corriente" se utiliza un rectificador que trabaja sobre un vertedero como ánodo (electrodo auxiliar o contraelectrodo) y la tubería como cátodo.

9.6.6. El “rectificador regulado” consiste en la misma solución anterior con dispositivo de regulación del suministro corriente de protección.

9.6.7. El “trasegado regulado” lleva intercalado un rectificador regulado entre un carril de vía férrea electrificada (polo positivo del rectificador) y el metal de la tubería (polo negativo).

9.6.8. En el “drenaje polarizado” se establece una conexión unidireccional entre la tubería y el carril de una vía férrea electrificada. Esta conexión sólo permite el flujo de corriente en el sentido de tubería a vía férrea presentando una resistencia infinita a la corriente en sentido contrario. El carril constituye un ánodo prácticamente insoluble.

9.6.9. Los sistemas compuestos resultan de la combinación del trasegado y el drenaje. Ambos se diferencian en que los ánodos están constituidos, respectivamente, por un vertedero o por un carril.

## **10. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS.**

### **10.1. Transporte y manipulación.**

10.1.1. En las operaciones de carga, transporte y descarga de los tubos se evitarán los choques, siempre perjudiciales; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer; se evitará rodarlos sobre piedras, y en general, se tomarán las precauciones necesarias para su manejo de tal manera que no sufran golpes de importancia. Cuando se trata de tubos de cierta fragilidad en transportes largos, sus cabezas deberán protegerse adecuadamente.

10.1.2. Al proceder a la descarga conviene hacerlo de tal manera que los tubos no se golpeen entre sí o contra el suelo. Los tubos se descargarán, a ser posible, cerca del lugar donde deben ser colocados en la zanja, y de forma que puedan trasladarse con facilidad al lugar de empleo. Se evitarán que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados.

10.1.3. Tanto en el transporte como en el apilado se tendrá presente el número de capas de ellos que puedan apilarse de forma que las cargas de aplastamiento no superen el cincuenta por ciento (50%) de las de prueba.

10.1.4. En el caso de que la zanja no estuviera abierta todavía se colocará la tubería, siempre que sea posible, en el lado opuesto a aquel en que se piensen depositar los productos de la excavación, y de tal forma que quede protegida del tránsito de los explosivos, etc..

10.1.5. Los tubos de hormigón recién fabricados no deben almacenarse en el tajo por un periodo largo de tiempo en condiciones que puedan sufrir secados excesivos o fríos intensos. Si fuera necesario hacerlo se tomarán las precauciones oportunas para evitar efectos perjudiciales en los tubos.

10.1.6. Los tubos acopiados en el borde de las zanjas y dispuestos ya para el montaje deben ser examinados por un representante de la Administración, debiendo rechazarse aquellos que presenten algún defecto perjudicial.

### **10.2. Zanjas para alojamiento de tuberías.**

10.2.1. La profundidad mínima de las zanjas se determinará de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como preservadas de las variaciones de temperatura del medio ambiente. Para ello, el Proyectista deberá tener en cuenta la situación de la tubería (según sea bajo calzada o lugar de tráfico más o menos intenso, o bajo aceras o lugar sin tráfico), el tipo de relleno, la pavimentación si existe, la forma y calidad del lecho de apoyo, la naturaleza de las tierras, etc.. Como norma general bajo calzadas o en terreno de tráfico rodado posible, la profundidad mínima será tal que la generatriz superior de la tubería quede por lo menos a un metro de la superficie; en aceras o lugares sin tráfico rodado puede disminuirse este recubrimiento a sesenta (60) centímetros. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc.. se tomarán las medidas de protección necesarias.

Las conducciones de agua potable se situarán en plano superior a las de saneamiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no menor a un metro medido entre planos tangentes, horizontales y verticales a cada tubería más próximos entre sí. En obras de poca importancia y siempre que se justifique debidamente podrá reducirse dicho valor de un (1)



metro hasta cincuenta (50) centímetros. Si estas distancias no pudieran mantenerse o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

10.2.2. La anchura de las zanjas debe ser la suficiente para que los operarios trabajen en buenas condiciones, dejando, según el tipo de tubería, un espacio suficiente para que el operario instalador pueda efectuar su trabajo con toda garantía. El ancho de la zanja depende del tamaño de la tubería. profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc.; como norma general, la anchura mínima no debe ser inferior a sesenta (60) centímetros y se debe dejar un espacio de quince a treinta (15 a 30) centímetros a cada lado del tubo, según el tipo de juntas. Al proyectar la anchura de la zanja se tendrá en cuenta si su profundidad o la pendiente de su solera exigen el montaje de los tubos con medios auxiliares especiales (pórticos, carretones, etc.). Se recomienda que no transcurran más de ocho días entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

10.2.3. En el caso de terrenos arcillosos o margosos de fácil meteorización, si fuese absolutamente imprescindible efectuar con más plazo la apertura de las zanjas, se deberá dejar sin excavar unos veinte (20) centímetros sobre la rasante de la solera para realizar su acabado en plazo inferior al citado.

10.2.4. Las zanjas pueden abrirse a mano o mecánicamente, pero en cualquier caso su trazado deberá ser correcto, perfectamente alineadas en planta y con la rasante uniforme, salvo que el tipo de junta a emplear precise que se abran nichos. Estos nichos del fondo y de las paredes no deben efectuarse hasta el momento de montar los tubos y a medida que se verifique esta operación, para asegurar su posición y conservación.

10.2.5. Se excavará hasta la línea de la rasante siempre que el terreno sea uniforme; si quedan al descubierto piedras, cimentaciones, rocas, etc.. será necesario excavar por debajo de la rasante para efectuar un relleno posterior. Normalmente esta excavación complementaria tendrá de quince a treinta (15 a 30) centímetros de espesor. De ser preciso efectuar voladuras para las excavaciones, en especial en poblaciones, se adoptarán precauciones para la protección de personas o propiedades, siempre de acuerdo con la legislación vigente y las ordenanzas municipales, en su caso.

10.2.6. El material procedente de la excavación se apilará lo suficiente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de estas o que el desprendimiento del mismo pueda poner en peligro a los trabajadores. En el caso de que las excavaciones afecten a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deberán ser separados del material general de la excavación.

10.2.7. El relleno de las excavaciones complementarias realizadas por debajo de la rasante se regularizará dejando una rasante uniforme. El relleno se efectuará preferentemente con arena suelta, grava o piedra machacada, siempre que el tamaño superior de esta no exceda de dos (2) centímetros. Se evitará el empleo de tierras inadecuadas. Estos rellenos se apisonarán cuidadosamente por tongadas y se regularizará la superficie. En el caso de que el fondo de la zanja se rellene con arena o grava los nichos para las juntas se efectuarán en el relleno. Estos rellenos son distintos de las camas de soporte de los tubos y su único fin es dejar una rasante uniforme.

10.2.8. Cuando por su naturaleza el terreno no asegure la suficiente estabilidad de los tubos o piezas especiales, se compactará o consolidará por los procedimientos que se ordenen y con tiempo suficiente. En el caso de que se descubra terreno excepcionalmente malo se decidirá la posibilidad de construir una cimentación especial (apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc.).

### 10.3. Montaje de tubos y relleno de zanjas.

10.3.1. El montaje de la tubería deberá realizarlo personal experimentado, que, a su vez, vigilará el posterior relleno de zanja, en especial la compactación directamente a los tubos.

10.3.2. Generalmente los tubos no se apoyarán directamente sobre la rasante de la zanja, sino sobre camas. Para el cálculo de las reacciones de apoyo se tendrá en cuenta el tipo de cama. Salvo cláusulas distintas en el pliego de prescripciones técnicas particulares, se tendrá en cuenta lo siguiente, según el diámetro del tubo, la calidad y naturaleza del terreno.

1.- En tuberías de diámetro inferior a treinta (30) centímetros serán suficientes camas de grava, arena o gravilla o suelo mejorado con un espesor mínimo de quince (15) centímetros.

2.- En tuberías con diámetro comprendido entre treinta (30) y sesenta (60) centímetros, el proyectista tendrá en cuenta las características del terreno, tipo de material, etc.. y tomará las precauciones necesarias, llegando, en su caso, a las descritas en el párrafo siguiente.

3.- En tuberías con diámetro superior a sesenta centímetros se tendrá en cuenta:

a) Terrenos normales y de roca. En este tipo de terrenos se extenderá un lecho de gravilla o de piedra machacada, con un tamaño máximo de veinticinco (25) milímetros y mínimo de cinco (5) milímetros a todo lo ancho de la zanja con espesor de un sexto (1/6) del diámetro exterior del tubo y mínimo de veinte (20) centímetros; en este caso la gravilla actuará de dren, al que se le dará salida en los puntos convenientes.

b) Terreno malo. Si el terreno es malo (fangos, rellenos, etc..) se extenderá sobre toda la solera de la zanja una capa de hormigón pobre, de zahorra, de ciento cincuenta (150) kilogramos de cemento por metro cúbico y con un espesor de quince (15) centímetros.

Sobre esta capa se situarán los tubos, y hormigonando posteriormente con hormigón de doscientos (200) kilogramos de cemento por metro cúbico, de forma que el espesor entre la generatriz inferior del tubo y la solera de hormigón pobre tenga quince (15) centímetros de espesor. El hormigón se extenderá hasta que la capa de apoyo corresponda a un ángulo de ciento veinte grados sexagesimales ( $120^\circ$ ) en el centro del tubo.

c) Terrenos excepcionalmente malos. Los terrenos excepcionalmente malos como los deslizantes, los que estén constituidos por arcillas expansivas con humedad variable, los que por estar en márgenes de ríos de previsible desaparición y otros análogos, se tratarán con disposiciones adecuadas en cada caso, siendo criterio general procurar evitarlos, aún con aumento del presupuesto.

10.3.3. Antes de bajar los tubos a la zanja se examinarán estos y se apartarán los que presenten deterioros perjudiciales. Se bajarán al fondo de la zanja con precaución, empleando los elementos adecuados según su peso y longitud.

10.3.4. Una vez los tubos en el fondo de la zanja, se examinarán para cerciorarse de que su interior está libre de tierra, piedras, útiles de trabajo, etc.. y se realizará su centrado y perfecta alineación, conseguido lo cual se procederá a calzarlos y acodalarlos con un poco de material de relleno para impedir su movimiento. Cada tubo deberá centrarse perfectamente con los adyacentes; en el caso de zanjas con pendientes superiores al diez por ciento (10 por 100) la tubería se colocará en sentido ascendente. En el caso de que, a juicio de la Administración, no sea posible colocarla en sentido ascendente se tomarán las precauciones debidas para evitar el deslizamiento de los tubos. Si se precisase reajustar algún tubo, deberá levantarse el relleno y prepararlo como para su primera colocación.

10.3.5. Cuando se interrumpa la colocación de tubería se taponarán los extremos libres para impedir la entrada de agua o cuerpos extraños, procediendo no obstante esta precaución a examinar con todo cuidado el interior de la tubería al reanudar el trabajo por si pudiera haberse introducido algún cuerpo extraño en la misma.

10.3.6. Las tuberías y zanjas se mantendrán libres de agua, agotando con bomba o dejando desagües en la excavación. Para proceder al relleno de las zanjas se precisará autorización expresa de la Administración.

10.3.7. Generalmente no se colocarán más de cien (100) metros de tubería sin proceder al relleno, al menos parcial, para evitar la posible flotación de los tubos en caso de inundación de la zanja y también para protegerlos, en lo posible de los golpes.

10.3.8. Una vez colocada la tubería, el relleno de las zanjas se compactará por tongadas sucesivas. Las primeras tongadas hasta unos treinta (30) centímetros por encima de la generatriz superior del tubo se harán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a dos (2) centímetros y con un grado de compactación no menor del 95 por 100 del Proctor Normal. Las restantes podrán contener material más grueso, recomendándose, sin embargo, no emplear elementos de dimensiones superiores a los veinte (20) centímetros en el primer metro, y con un grado de compactación del 100 por 100 del Proctor Normal. Cuando los asientos previsible de las tierras de relleno no tengan consecuencias de consideración, se podrá admitir el relleno total con una compactación al 95 por 100 del Proctor Normal. Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas y consolidar rellenos, de forma que no produzcan movimientos en las tuberías. No se rellenarán las zanjas, normalmente, en tiempo de grandes heladas o con material helado.

#### **10.4. Juntas.**

10.4.1. En la elección del tipo de junta, el Proyectista deberá tener en cuenta las solicitudes externas e internas a que ha de estar sometida la tubería, rigidez de la cama de apoyo, presión hidráulica, etc.. así como la agresividad del terreno y otros agentes que puedan alterar los materiales que constituyan la junta. En cualquier caso las juntas serán estancas a la presión de prueba, resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería. Cuando las juntas sean rígidas no se terminarán hasta que no haya un número suficiente de tubos colocados por delante para permitir su correcta situación en alineación y rasante.

Las juntas para las piezas especiales serán análogas a las del resto de la tubería, salvo el caso de piezas cuyos elementos contiguos deben ser visitables o desmontables, en cuyo caso se colocarán juntas de fácil desmontaje.

10.4.2. El Proyectista fijará las condiciones que deben cumplir los elementos que se hayan de suministrar a la obra para ejecutar las juntas. El contratista está obligado a presentar planos y detalles de la junta que se va a emplear de acuerdo con las condiciones del proyecto, así como las características de los materiales, elementos que la forman y descripción del montaje, al objeto de que la Administración, caso de aceptarla, previas las pruebas y ensayos que juzgue oportunos, pueda comprobar en todo momento la correspondencia entre el suministro y montaje de las juntas y la proposición aceptada.

10.4.3. Entre las juntas a que se refieren los párrafos anteriores se encuentran las denominadas de bridas, mecánicas y de manguito. En caso de no establecerse condiciones expresas sobre estas juntas, se tendrá en cuenta las siguientes:

a) Las juntas a base de bridas se ejecutarán interponiendo entre las dos coronas una arandela de plomo de tres (3) milímetros de espesor como mínimo, perfectamente centrada, que será fuertemente comprimida con los tornillos pasantes; las tuercas deberán apretarse alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes de la brida; esta operación se hará también así en el caso en que por fugas de agua fuese necesario ajustar más las bridas. Se prohíben las arandelas de cartón, y la Administración podrá autorizar las juntas a base de goma especial con entramado de alambre o cualquier otro tipo.

b) Las juntas mecánicas están constituidas a base de elementos metálicos, independientes del tubo, goma o material semejante y tornillos con collarín de ajuste o sin él. En todos los casos es preciso que los extremos de los tubos sean perfectamente cilíndricos para conseguir un buen ajuste de los anillos de goma. Se tendrá especial cuidado en colocar la junta por igual alrededor de la unión, evitando la torsión de los anillos de goma. Los extremos de los tubos no quedarán a tope, sino con un pequeño huelgo, para permitir ligeros movimientos relativos. En los elementos mecánicos se comprobará que no hay rotura ni defectos de fundición; se examinará el buen estado de los filetes de las rocas de los tornillos y de las tuercas y se comprobará también que los diámetros y longitudes de los tornillos son los que corresponden a la junta propuesta y al tamaño del tubo. Los tornillos y tuercas se apretarán alternativamente, con el fin de producir una presión uniforme sobre todas las partes del collarín y se apretarán inicialmente a mano y al final con llave adecuada, preferentemente con limitación del par de torsión. Como orientación, el par de torsión para tornillos de quince (15) milímetros de diámetro no sobrepasará los siete (7) metros kilogramo; para tornillos de veinticinco (25) milímetros de diámetro será de diez a catorce (10 a 14) metros kilogramo, y para tornillos con un diámetro de treinta y dos (32) milímetros el par de torsión estará comprendido entre los doce y diecisiete (12 y 17) metros kilogramo.

c) Cuando la unión de los tubos se efectúe por manguito del mismo material y anillo de goma, además de la precaución general en cuanto a la torsión de los anillos, habrá de cuidarse el centrado perfecto de la junta. Los extremos de los tubos no quedarán en contacto, dejando una separación de uno y medio (1,5) centímetros, para lo cual se podrá señalar la posición final de las juntas para facilitar la comprobación del montaje y del desplazamiento. La posición final de la junta se obtendrá desplazando el manguito o copa y los anillos a mano o con aparatos adecuados. Los anillos podrán ser de sección circular, sección en V o formados por piezas con varios rebordes, equivalentes a otros tantos anillos. El número de anillos de goma será variable y los manguitos o la copa llevarán en su interior rebajes o resaltes para alojar y sujetar estos. Los extremos de los tubos serán torneados. Se mantendrán todas las precauciones de limpieza indicadas para las juntas, limpiándose de cualquier materia extraña que no sea el revestimiento normal.

10.4.4. En las juntas que precisan en obra trabajos especiales para su ejecución (soldadura, hormigonado, retacado, etc..) el Proyectista deberá además detallar el proceso de ejecución de estas operaciones. Caso de no hacerlo la propia Administración, el contratista está obligado a someter a aquella los planos, con el detalle completo de la ejecución y características de los materiales. La Administración, previos los análisis y ensayos que estime oportunos, aceptará la propuesta o exigirá las modificaciones que considere convenientes. Entre estas juntas se encuentran las denominadas de enchufe y cordón y las juntas soldadas. En caso de no establecerse condiciones expresadas, sobre tales juntas, se tendrán en cuenta las siguientes:

a) Las juntas de enchufe y cordón podrán efectuarse en caliente y en frío. Siempre que sea posible, la copa deberá mirar hacia aguas arriba. Cuando no exista cordón en el tubo, la empaquetadura deberá tener más de una vuelta. En las juntas en caliente, el material de empaquetadura podrá ser cordón de amianto, papel tratado, cordón de cáñamo, etc. todo ello libre de sustancias grasientas, aceites o alquitranes y manejados con cuidado para evitar su contaminación; se arrollará alrededor del extremo macho, procurando que el material esté

bien seco, y se retacará enérgicamente contra el fondo de la copa con equipo adecuado. En las juntas en caliente, la empaquetadura ocupará aproximadamente el cincuenta por ciento (50%) de la longitud del enchufe, lo que puede ser en peso la décima parte del plomo empleado. El otro cincuenta por ciento (50%) estará ocupado por el plomo, cuyo peso en kilogramos será aproximadamente veinte (20) veces el diámetro del tubo expresado en metros. No debe haber humedad dentro de la junta. La junta terminada se mostrará por todas las partes compacta, dura y uniforme, y se tendrá especial cuidado de no someter a esfuerzos excesivos los enchufes durante el retacado. Las juntas de enchufe y cordón en frío se efectuarán retacando en frío capas sucesivas de cordones de plomo con alma de cáñamo generalmente; las capas sucesivas no deben tener más de dos (2) centímetros de espesor. Las precauciones de retacado, solicitudes en los enchufes, acabados de superficie, etc.. son las mismas que en las juntas en caliente. Para muy altas presiones se emplearán juntas en frío, cordón de hilo de cinc o de hierro entre dos cordones de plomo. En las juntas de enchufe y cordón para tubería de hormigón la profundidad del enchufe, como norma general, no debe ser inferior a diez (10) centímetros, y deberá tener la suficiente armadura para garantizar su integridad y la continuidad de resistencia con el tubo. Cuando hayan de ser retacadas se eliminará todo peligro de tensión en el hormigón, derivado de la diferencia de rigidez simplemente de las tensiones localizadas en las proximidades de la zona retacada. A tal fin, se recomienda que la chapa de enchufe y cordón se suelde a la armadura longitudinal, o si esta no fuese suficiente, se fije mediante soldadura a un alma de chapa embebida en la pared del tubo en una longitud no inferior a cincuenta (50) centímetros. La chapa de acero destinada a formar el enchufe o cordón de la junta debe tener la suficiente rigidez para evitar las posibles deformaciones que puedan producirse durante las operaciones de transporte, colocación y de retacado. Se prohíbe el empleo de chapa de espesor inferior a cinco (5) milímetros.

b) Las uniones soldadas serán a tope y deberán cumplir las condiciones siguientes:

1.- Perfecta coincidencia, regularidad de forma y limpieza de los extremos de los tubos. En caso de no coincidencia se podrá autorizar la colocación de manguito con doble cordón de soldadura de ángulo en solapo.

2.- Deberá definirse el tipo de soldadura teniendo en cuenta el grosor de la chapa a soldar.

3.- Deberá limitarse la máxima anchura de soldadura.

4.- Se elegirá el tipo de electrodo conveniente teniendo en cuenta el tipo de chapa a soldar.

Estas uniones se llevarán a cabo por personal calificado.

5) Las soldaduras se someterán a ensayos mecánicos que aseguren una resistencia a tracción igual al menos a la resistencia nominal a la rotura de la chapa.

c) En los tubos de plástico, cuando se monte la tubería utilizando adhesivos líquidos, estos cumplirán al menos las mismas condiciones que el material que forman los tubos en cuanto a estabilidad, falta de toxicidad, sabor y olor. Se solaparán al menos una longitud igual al diámetro hasta un valor de este de cien (100) milímetros y para diámetros superiores el ochenta por ciento (80%). La adherencia se asegurará con pruebas mecánicas físicas y químicas para alcanzar siempre las cifras características que se pidieron a los tubos.

## **10.5. Sujeción y apoyo en codos, derivaciones y otras piezas.**

10.5.1. Una vez montados los tubos y las piezas, se procederá a la sujeción y apoyo de los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación y en general todos aquellos elementos que estén sometidos a acciones que puedan originar desviaciones perjudiciales.

10.5.2. Según la importancia de los empujes, estos apoyos o sujeciones serán de hormigón o metálicos, establecidos sobre terrenos de resistencia suficiente y con el desarrollo preciso para evitar que puedan ser movidos por los esfuerzos soportados.

10.5.3. Los apoyos, salvo prescripción expresa contraria, deberán ser colocados en forma tal que las juntas de las tuberías y de los accesorios sean accesibles para su reparación.

10.5.4. Las barras de acero o abrazaderas metálicas que se utilicen para anclaje de la tubería deberán ser galvanizadas o sometidas a otro tratamiento contra la oxidación, incluso pintándolas adecuadamente o embebiéndolas en hormigón.

10.5.5. Para estas sujeciones y apoyos se prohíbe en absoluto el empleo de cuñas de piedra o de madera que puedan desplazarse.

10.5.6. Cuando las pendientes sean excesivamente fuertes o puedan producirse deslizamientos, se efectuarán los anclajes precisos de las tuberías mediante hormigón armado o abrazaderas metálicas o bloques de hormigón suficientemente cimentados en terreno firme.

## **10.6. Obras de fábrica.**

10.6.1. Las obras de fábrica necesarias para alojamiento de válvulas, ventosas y otros elementos se constituirán con las dimensiones adecuadas para fácil manipulación de aquellas. Se protegerán con las tapas adecuadas de fácil manejo y de resistencia apropiada al lugar de su ubicación.

10.6.2. Se dispondrán de tal forma que no sea necesaria su demolición para la sustitución de tubos, piezas y demás elementos. En caso de necesidad deberán tener el adecuado desagüe.

10.6.3. Es conveniente normalizar todo lo posible los tipos y clase de estas obras de fábrica dentro de cada servicio.

## **10.7. Lavado de las tuberías.**

10.7.1. Antes de ser puestas en servicio las canalizaciones deberán ser sometidas a un lavado y a un tratamiento de depuración bacteriológica adecuado. A estos efectos, la red tendrá las llaves y desagües necesarios no solo para la explotación, sino para facilitar estas operaciones.

## **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.