

Nº de Documento: NRF-012-PEMEX-2001	 <p>COMITE DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>
Rev.: 0	
15 - abril-2001	
PÁGINA 1 DE 67	SUBCOMITE TECNICO DE NORMALIZACION DE PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION

**TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION
Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS**

 PEMEX	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001		PÁGINA 2 DE 67

HOJA DE AUTORIZACION

ELABORA:

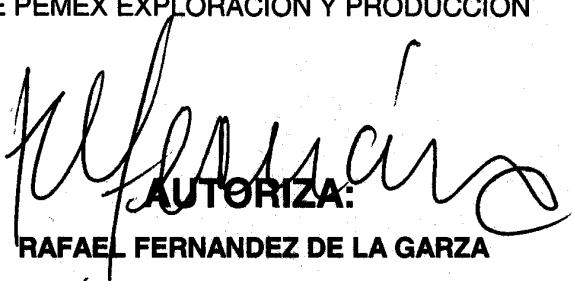

ING. MANUEL PACHECO PACHECO

COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:


ING. JOSE ANTONIO CEBALLOS

PRESIDENTE DEL SUBCOMITE TECNICO DE NORMALIZACION
DE PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION


AUTORIZA:

RAFAEL FERNANDEZ DE LA GARZA

PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

México D.F. a 15 de abril de 2001

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 3 DE 67

CONTENIDO

CAPITULO	PAGINA
0. INTRODUCCION	4
1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. ACTUALIZACION	5
4. CAMPO DE APLICACIÓN	5
5. REFERENCIAS	5
6. DEFINICIONES	5
7. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS	9
8. DESARROLLO	10
8.1. DISEÑO	10
8.2. FABRICACION	19
8.3. CONSTRUCCION	30
9. RESPONSABILIDADES	36
10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	37
11. BIBLIOGRAFIA	37
12. ANEXOS	39

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 4 DE 67

0. INTRODUCCIÓN.

Dentro de las principales actividades que se llevan a cabo en Petróleos Mexicanos se encuentra el diseño, construcción, operación y el mantenimiento de las instalaciones para la extracción, recolección, almacenamiento, medición, transporte, procesamientos primario y secundario de hidrocarburos, así como la adquisición de materiales y equipos requeridos, para cumplir con eficiencia y eficacia los objetivos de la Empresa.

Para definir los requerimientos mínimos de diseño, fabricación, construcción y puesta en operación de las tuberías a base de polímeros y reforzadas con fibra de vidrio, bajo los cuales deben utilizarse, es necesaria la participación de las diversas disciplinas de la ingeniería para unificar criterios y aprovechar las experiencias diversas; conjuntando los resultados con las investigaciones nacionales e internacionales. Para ello, Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios emiten la presente norma.

Las Empresas de servicio, Compañías fabricantes de tubería de resina reforzada con fibra de vidrio, Instituciones de educación superior, Centros de investigación, Cámaras Industriales y Organismos Subsidiarios de Petróleos Mexicanos que participaron en la elaboración de esta Norma son:

Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas.
 Ameron/Centron.
 Confederación Nacional de Cámaras Industriales.
 Colegio de Ingenieros Petroleros.
 Instituto Mexicano del Petróleo.
 Pemex Corporativo.
 Pemex Exploración y Producción.
 Pemex Petroquímica.
 Pemex Refinación.
 Smith Fiber Glass.
 Star Fiber Glass.

1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos mínimos para el diseño, fabricación, construcción y pruebas de tuberías a base de polímeros reforzados con fibra de vidrio, destinadas a la recolección, transporte y distribución de hidrocarburos y fluidos corrosivos líquidos.

2. ALCANCE.

La presente norma cubre el uso de tubería fabricada a base de polímeros y reforzada con fibra de vidrio, en las siguientes condiciones:

- Transporte y distribución de hidrocarburos con alto contenido de agua salada (mayores al 15% en volumen), de bióxido de carbono (mayor al 3.5% mol) y en general fluidos corrosivos líquidos.
- Temperatura máxima de diseño de 110°C (230°F).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 5 DE 67
--	--	---

- c) Las presiones de operación para alta presión son de 35.2 hasta 211 kg/cm² (de 500 hasta 3000 lb/pulg²) y para baja presión de 0 hasta 35.2 kg/cm² (de 0 hasta 500 lb/pulg²)
- d) Diámetro máximo de 610 mm (24 pulg. diam. nominal) para baja presión y de 305 mm (12 pulg. diam. nominal) para alta presión.
- e) Clasificación de localización: Clase 1, 2 y 3, con obras especiales.
- f) Esta norma aplica para ductos terrestres enterrados, no se permite la utilización de tubería de fibra de vidrio en tramos o secciones superficiales. La transición de tubería de fibra de vidrio a tubería de acero, se debe realizar en sección enterrada con bridas y registro de inspección.
- g) No aplica para ductos submarinos.

3. ACTUALIZACION.

Las sugerencias para la revisión de esta norma deben ser enviadas al Secretario Técnico del CNPMOS, quien debe realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas. Sin embargo, esta norma se debe revisar y actualizar, al menos, cada 5 años o antes, si las sugerencias o recomendaciones de cambio lo ameritan.

4. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma aplica a los prestadores de servicios y proveedores de tubería fabricada a base de polímeros y reforzada con fibra de vidrio. Además debe ser utilizada en la adquisición de los bienes o contrataciones de servicios objeto de la misma, que se lleven a cabo por parte de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, involucrados en la recolección, transporte y distribución de hidrocarburos y fluidos corrosivos líquidos.

5. REFERENCIAS.

Esta norma se complementa con las Normas Oficiales Mexicanas indicadas a continuación, todas ellas en su última edición.

- | | |
|--------------|---|
| NOM-026-STPS | Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. |
| NOM-001-ECOL | Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. |

6. DEFINICIONES.

Para los fines de esta norma aplican las siguientes definiciones:

- a) **Base de diseño hidrostático (HDB):** esfuerzo circunferencial desarrollado en una tubería de fibra de vidrio, de acuerdo a los métodos de prueba del ASTM D 2992 o su equivalente.
- b) **Bases de diseño:** información técnica mínima, que cubre el alcance de un proyecto para el desarrollo de la ingeniería de detalle.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 6 DE 67

c) **Clase de localización:**

Se define como localización **clase 1**, aquella donde se tienen 10 o menos construcciones para ocupación humana en un área unitaria (200 m a ambos lados del ducto en una longitud de 1,600 m); o en los casos en donde la tubería se localice en terrenos despoblados, desiertos, de pastoreo y granjas.

Se define como localización **clase 2** aquella donde se tienen más de 10 pero menos de 46 construcciones para ocupación humana en un área unitaria. Comprende áreas en la periferia de las ciudades, áreas industriales y rurales.

Se define como localización **clase 3**, aquella área donde se cumpla una de las siguientes condiciones:

- Cuando en un área unitaria existan 46 o más construcciones destinadas a ocupación humana o habitacional.
- Cuando exista una o más construcciones a menos de 100.0 m del eje del ducto y se encuentra ocupada normalmente por 20 o más personas.
- Cuando exista un área al aire libre bien definida a menos de 100.0 m del eje del ducto y ésta sea ocupada por 20 o más personas durante su uso normal, como sería un campo deportivo, un parque de juegos, un teatro al aire libre u otro lugar público de reunión.
- Cuando un ducto pase a 100.0 m o menos de áreas destinadas a fraccionamientos o casas comerciales, aún cuando en el momento de construirse el ducto solamente existan edificaciones en la décima parte de los lotes adyacentes al trazo.
- Cuando el ducto se localice en sitios donde a 100.0 m o menos haya un tránsito intenso u otras instalaciones subterráneas. Considerándose como tránsito intenso un camino o carretera pavimentada con un flujo de 200 o más vehículos en una hora pico de aforo.

d) **Componente:** tubería y accesorios que conforman el sistema.

e) **Criterio de aceptación:** límites definidos en las características de los materiales, productos y servicios.

f) **Diámetro externo promedio:** medida obtenida de acuerdo al ASTM D 3567 o su equivalente, menos cualquier recubrimiento externo.

g) **Ducto enterrado:** ducto terrestre que está alojado por lo menos un 90 cm bajo la superficie del terreno, a partir del lomo del tubo.

h) **Ducto sumergido:** ducto terrestre que puede estar sumergido o sobre el lecho de un cuerpo de agua (pantano, río, laguna, lago, etc.). No se refiere a los ductos submarinos de transporte.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 7 DE 67
--	--	---

- i) **Esfuerzo circunferencial:** tensión en la pared de la tubería en dirección circunferencial debida a la presión interna.
- j) **Esfuerzo hidrostático de largo plazo (LTHS):** esfuerzo a la tensión calculado en la pared de la tubería en la dirección circunferencial debido a la presión hidrostática interna, que cuando se aplica cíclicamente causará falla en la tubería después de un número especificado de ciclos (Procedimiento A) o un número especificado de horas (Procedimiento B) del ASTM D 2992 o su equivalente.
- k) **Esfuerzo hidrostático de diseño (HDS):** esfuerzo máximo de tensión circunferencial calculado en la pared del tubo, debido a la presión interna, que puede ser aplicada cíclicamente bajo el procedimiento A, o continuamente bajo el procedimiento B del ASTM D 2992 o su equivalente. Multiplicando el factor de servicio por el HDB se obtiene este valor.
- l) **Espesor de pared mínimo:** es el espesor de pared mínimo reforzado de un tubo, sometido exclusivamente a presión interna. Para su cálculo no se debe considerar el espesor de los recubrimientos interno y externo.
- m) **Espesor de pared mínimo requerido:** es el espesor de pared mínimo reforzado requerido por presión interna además del espesor necesario por: cargas vivas como son el peso del producto; cargas externas como son el peso de recubrimientos, rellenos, válvulas y otros accesorios no soportados; sismos; efectos causados por vibración; efectos causados por asentamientos o derrumbes; efectos de contracción y expansión térmica; efectos de los movimientos relativos de los equipos conectados; esfuerzos por golpe de ariete; esfuerzos en cruces con vías de comunicación y/o ductos, esfuerzos durante la instalación, además de considerar la clase de localización del ducto.
- n) **Extremos cerrados libres:** procedimiento de prueba realizado mediante un dispositivo de cierre (tapón) o un mecanismo de cierre rápido en el extremo del espécimen, de tal manera que la presión interna produce un esfuerzo longitudinal además de esfuerzos circunferenciales y radiales en el tubo o accesorio.
- o) **Factor de servicio:** número igual a 1.0 para tubería diseñada bajo el API 15LR y de 1.5 para tubería diseñada bajo el API 15HR o sus equivalentes, que considera todas las variables de diseño de la tubería.
- p) **Filamento embobinado:** Proceso usado para elaborar artículos tubulares por devanado continuo de fibra de vidrio trenzado a torsión o cinta enrollada sobre el exterior de un mandril en un modelo predeterminado bajo tensión controlada.
- q) **Fundición centrífuga:** proceso usado para la fabricación de artículos tubulares por la aplicación de resina y refuerzo en el interior de un molde que es girado y calentado.
- r) **Inspección periódica:** revisión programada del derecho de vía, a fin de garantizar la operación de los ductos y proteger los asentamientos humanos aledaños, con el propósito de detectar anomalías que representen riesgo en la operación del sistema.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 8 DE 67
--	--	---

- s) **Instalación superficial:** porción de ducto no enterrado utilizada en troncales, válvulas de seccionamiento, trampas de envío y recibo. Se emplea para seccionar, desviar, reducir y/o regular la presión del ducto.
- t) **Límite inferior de confianza (LCL):** es el valor correspondiente al 95% del esfuerzo hidrostático a largo plazo (LTHS) @ 20 años, conforme al procedimiento A ó B del ASTM D 2992 o su equivalente, medido a una temperatura de 65.6 °C (150 °F); (lb/pulg²).
- u) **Obras especiales:** Cuando haya una interrupción en la secuencia de unión de la tubería a lo largo de la línea regular, que pueda originarse por obstáculos que impidan la construcción, debe considerarse el tramo como una obra especial, siempre que para lograr la continuidad de la tubería se requieran cuadrillas, equipos y sistemas de trabajo diferentes de los que se usan en la línea regular. Las obras especiales más importantes son: válvulas de seccionamiento, cruzamientos de corrientes fluviales, lagunas, esteros, pantanos, canales, presas, acueductos, oleoductos; cruce de vías de comunicación como ferrocarriles y caminos y cualquier otro tipo de obstáculo que interrumpa la construcción de la línea regular.
- v) **Presión base de diseño (PDB):** Presión interna soportada por una tubería de fibra de vidrio, utilizando los métodos de prueba del ASTM D 2992 o su equivalente. Multiplicado por el factor de servicio de diseño se obtiene la presión hidrostática de diseño (HDP).
- w) **Presión cíclica:** Se considerará como tal, cuando se presenten variaciones de al menos un 50% de la presión de operación, con una periodicidad de ocho veces por minuto. Si no se cumplen estas condiciones, se considerará como presión estática.
- x) **Presión hidrostática de diseño (HDP):** presión interna máxima que puede ser aplicada cíclicamente bajo el procedimiento A o continuamente bajo el procedimiento B del ASTM D 2992 o su equivalente, a un componente de la tubería, con un alto grado de certidumbre de que la falla no ocurra.
- y) **Presión hidrostática de largo plazo (LTHP):** presión interna estimada en una tubería, que aplicada cíclicamente causará falla del tubo después de un número especificado de ciclos bajo el procedimiento A, o un número especificado de horas bajo el procedimiento B, del estándar ASTM D 2992 o su equivalente.
- z) **Protección de sobrepresión:** dispositivo instalado con el propósito de impedir que una sobrepresión cause daños en una línea de transporte.
- aa) **Rango de presión (Rating):** categoría (clase) de presión asignada a una tubería o accesorio, acorde con la máxima presión de diseño.
- bb) **Resina:** compuesto orgánico termoestable, inicialmente líquido a temperatura ambiente; el cual por la acción de un catalizador adquiere consistencia rígida, posee un peso molecular alto.
- cc) **Sistemas de ductos:** son aquellos que se emplean para la conducción de hidrocarburos, y que se clasifican en las siguientes categorías:

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 9 DE 67

- Ductos de descarga: son aquellos que transportan los fluidos desde el cabezal del pozo hasta el cabezal de recolección de la batería de separadores, la planta de tratamiento o los tanques de almacenamiento.
- Ductos colectores de aceite: son aquellos ductos que sirven para transportar aceite crudo desde la estación de recolección de las baterías de separación hasta la estación de almacenamiento, o hasta su conexión con otra tubería colectora o con un oleoducto.

dd) **Tubería de fibra de vidrio:** producto tubular no metálico, que contiene un reforzamiento de fibra de vidrio, adherido o rodeado por resina termoestable curada; la composición estructural puede contener agregados granulares o planos, agentes tixotrópicos, pigmentos o tintes. Se elabora por un proceso de fundición centrífuga o por filamento embobinado.

7.- SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.

- API: Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute.)
- ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers.)
- ASTM: Asociación Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).
- CNPMOS: Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- CO₂: Dióxido de carbono.
- H₂S: Ácido sulfídrico.
- HDB: Bases de diseño hidrostático (Hydrostatic design basis).
- HDP: Presión de diseño hidrostático (Hydrostatic Design Pressure).
- lbs/pulg² (psig).
- LCL: Límite inferior de confianza (Lower confidence limit)
- LTHP: Presión de diseño hidrostático a largo plazo (Long- term hydrostatic pressure)
- LTHS: Esfuerzo hidrostático de largo plazo (Long- term hydrostatic strength).
- PDB: Base de diseño de presión (Pressure design basis).
- Pemex: Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
- STHP: Presión hidrostática de corto tiempo (Short - term hydrostatic pressure).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 10 DE 67
--	--	--

8.- DESARROLLO

8.1 Diseño.

8.1.1 Generalidades.

Es necesario realizar un diseño eficaz y seguro de los ductos de transporte para la seguridad pública, la protección al ambiente y la economía de la empresa. La ingeniería de diseño debe considerar todas las situaciones a que se verá expuesta la tubería durante las etapas de instalación, operación y mantenimiento; entre ellas se encuentra, la protección para evitar daños a la tubería debidos a condiciones externas poco usuales, como son los cruzamientos de carreteras. Algunas de las medidas protectoras que se pueden proporcionar son: el revestimiento del tubo con otro tubo de acero de mayor diámetro, el agregar recubrimiento protector de concreto, incrementar el espesor del tubo y/o bajar la línea a una mayor profundidad.

La información mínima requerida para el diseño es: las condiciones de operación, las propiedades físicas y composición química del producto a transportar, el gasto, el perfil hidráulico, la ruta y las condiciones ambientales del derecho de vía.

Con base a la información anterior, el diseñador debe calcular y seleccionar el diámetro, materiales y espesor del ducto.

Como resultado de la ingeniería, el diseñador presentará invariablemente los planos del proyecto como se indica en el inciso 8.1.4, la memoria de cálculo con sus respectivos anexos, volumen de obra, requisiciones y especificaciones de materiales, además de la información requerida para la elaboración del Manifiesto de Impacto Ambiental y el Estudio de Análisis de Riesgo.

8.1.2 Información y requisitos del usuario (Bases de usuario).

Es obligatorio que la entidad que solicite la construcción de un ducto, presente las bases de usuario que muestren los requerimientos de operación, así como las características del producto a transportar. Este documento sirve como soporte para la elaboración de las bases de diseño y de la ingeniería básica y de detalle.

La información mínima que debe incluir el documento de bases de usuario es la siguiente:

- a) **Descripción y objetivo de la obra.**
- b) **Localización:** Ubicación geográfica del ducto.
- c) **Planos del perfil topográfico del derecho de vía.**
- d) **Servicio del ducto:** Definición del tipo de ducto (acueducto, oleoducto, etc.).
- e) **Datos de diseño:** Condiciones máximas, normales y mínimas de flujo, presión de operación y temperatura de operación; especificar a detalle la composición del fluido a

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 11 DE 67
--	--	--

transportar. También se debe indicar de manera preliminar, los diámetros interno mínimo y nominal, y la longitud del ducto.

- f) **Interconexiones:** Ubicación aproximada y diámetro nominal de las interconexiones con otros ductos o instalaciones en caso de requerirse.
- g) **Obras especiales:** Ubicación aproximada y tipo de cruzamientos que tendrá el ducto.
- h) **Sistema de limpieza y mantenimiento del tubo:** Definición de la necesidad de utilizar un sistema de limpieza del tubo.

8.1.3 Bases de Diseño.

Las Bases de Diseño deben de indicar a detalle las consideraciones operativas, normativas, climatológicas y ambientales que regirán la elaboración de la ingeniería básica y de detalle de la obra. Este documento se debe elaborar tomando como referencia las Bases de Usuario, profundizando en la información ahí contenida e incluyendo los conceptos que a continuación se describen:

- a) **Condiciones de diseño.** Especificación de la presión y temperatura de diseño; así como la vida útil.
- b) **Condiciones climatológicas y sísmicas.** Información sobre el clima como: temperaturas ambientales máximas y mínimas, precipitación pluvial anual y horaria máxima, humedad ambiental, dirección y velocidad de vientos reinantes y dominantes, altitud sobre el nivel del mar y clasificación sísmica del lugar donde se llevará a cabo la obra.
- c) **Diseño del ducto.** Descripción detallada sobre la información contenida en las bases de usuario, principalmente en lo referente a las características y normatividad aplicable del derecho de vía, las trampas de diablos (en caso de requerirse), válvulas de seccionamiento e instrumentación en general.
- d) **Construcción del ducto.** Normatividad aplicable sobre conceptos de construcción como son: pruebas de hermeticidad en uniones o acoplamientos, cruces con vías de comunicación, pruebas hidrostáticas, limpieza, señalamientos, etc.
- e) **Normas, códigos y especificaciones de diseño y construcción.** Lista de todas las normas, códigos y especificaciones nacionales, extranjeras e internacionales, que se tomarán en cuenta para el diseño y construcción de la obra, de acuerdo a lo requerido en esta norma.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 12 DE 67
--	--	--

8.1.4 Planos del proyecto.

Los planos de localización y diagramas del proyecto deben cumplir lo estipulado en el anexo “A” de esta norma.

8.1.5 Diseño hidráulico.

Se debe efectuar el chequeo hidráulico del ducto para asegurar que será capaz de transportar el fluido en régimen permanente a las condiciones de presión, temperatura y flujo especificadas, a través de su vida útil. **PEMEX** proporcionará como información de diseño el diámetro interno de la tubería, el diseñador debe verificar a través de métodos de cálculo confiables que no se presenten velocidades y caídas de presión excesivas.

El diseñador además debe realizar la revisión a régimen transiente del ducto (golpe de ariete) aplicando los métodos de cálculo más exactos y considerando el espesor mínimo requerido.

En el anexo “B” se indican los métodos de cálculo recomendables para el diseño hidráulico a régimen permanente y transiente.

Nota: Los diámetros nominales e internos mínimos pueden ser consultados en la Sección 8.2 “Fabricación”, de esta norma.

8.1.6 Propiedades de las resinas.

Para la correcta especificación de la resina, el diseñador debe considerar los criterios que determinan la selección de una tubería de fibra de vidrio sobre otra: la resistencia química, la resistencia mecánica y la facilidad de fabricación. Estos criterios dependen de los materiales usados para la fabricación, el curado y el proceso de fabricación.

Para propósitos de esta norma se consideran únicamente los siguientes grupos de resinas termoestables: las epóxicas y las viniléster.

Algunos criterios que el diseñador debe considerar para seleccionar el tipo de resina se establecen en el anexo “C”; también se muestra una tabla de temperaturas máximas recomendadas para diferentes fluidos.

8.1.7 Diseño estructural.

El diseño estructural del ducto, debe asegurar un comportamiento satisfactorio y permanente bajo las condiciones de esfuerzos y deformaciones que se presenten, durante las etapas de construcción, instalación y operación.

El diseñador debe considerar los siguientes factores para el diseño del ducto:

- Presión de operación, máxima y de diseño.
- Temperatura de operación, máxima y de diseño.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
		Rev.: 0
		PÁGINA 13 DE 67

- Peso por unidad de longitud de tubo (lleno).
- Coeficiente de expansión del tubo.
- Módulos de elasticidad axial y tangencial del tubo.
- Relación de Poisson (longitudinal y circunferencial).
- Diámetros y espesores de todas los componentes del sistema.
- Dimensiones y pesos de todos los accesorios.
- Tipos de válvulas y tiempos de cierre.
- Esfuerzos permisibles del material.
- Deflexiones permisibles.
- Cargas externas.
- Conexiones; tipo, localización, tipo de soporte, etc.

En el caso de obras especiales, el diseñador debe solicitar los criterios establecidos por el contratante.

Las cargas que debe considerar el diseñador para el análisis, se indican en la tabla No. 1 siguiente:

Tabla 1.- Cargas de diseño.

Estática	Dinámica
Presiones interna, externa, de vacío e hidrostática.	Golpe de ariete, vibración de equipos.
Peso del tubo, aislamiento, medio de transporte, flotabilidad y otras cargas.	Impacto.
Cargas térmicas inducidas.	Cargas por enfriado adiabático.
Cargas ambientales (nieve o hielo).	Terremotos (caracterización sísmica) y vientos.
Muertos de anclaje de concreto	Movimientos diferenciales de terreno.
Cargas de tierra.	Fatiga
Pandeo	

En el anexo "D" se indica el método de cálculo recomendable para el diseño estructural.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 14 DE 67
--	--	--

8.1.8 Tubería para baja presión.

Esta sección especifica los requerimientos para el diseño de tubería de resina termoestable reforzada con fibra de vidrio, para el transporte de hidrocarburos y fluidos corrosivos líquidos que operan hasta una presión de 35.16 kg/cm² (500 lb/pulg²), de acuerdo al API 15LR o su equivalente.

8.1.8.1 Consideraciones de diseño.

Esta norma contempla los requisitos para tubería reforzada de fibra de vidrio, fabricada por fundición centrífuga (CC) o por filamento embobinado (FW), compuestas por resinas epóxicas o de viniléster. El rango de diámetros considerado es hasta 24 pulgadas (610 mm). La temperatura estándar para la especificación de la tensión circunferencial es de 65.6 °C (150 °F) o mayores y los cálculos consideran un tiempo de vida útil de 20 años para condiciones cíclicas y estáticas.

8.1.8.2 Determinación del espesor de pared mínimo.

El espesor mínimo de pared de la tubería de fibra de vidrio, necesario por presión interna cíclica (según definición), se calcula mediante la siguiente ecuación, usando el valor de esfuerzo circunferencial determinado por el proveedor de acuerdo al procedimiento A del estándar ASTM D 2992 o su equivalente:

$$P_c = \frac{2S_c t}{D} \dots \text{(sección 4, API 15LR)} \quad (1)$$

donde:

P_c = Presión interna cíclica (lb/pulg²)

S_c = Esfuerzo circunferencial (lb/pulg²) = $LCL_c \times S_f$

t = Espesor mínimo de la pared (pulg).

D = ID + t = Diámetro promedio (pulg)

ID = Diámetro interno del tubo (pulg).

LCL_c = Límite inferior de confianza, correspondiente al 95% del esfuerzo hidrostático cíclico a largo plazo (LTHS) @ 20 años de vida útil y a la temperatura de diseño del ducto, (lb/pulg²).

S_f = Factor de servicio = 1.0

Ajustando la ecuación para obtener explícitamente el espesor, tenemos:

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 15 DE 67
--	--	--

$$t = \frac{P_c * ID}{2(LCL_c * S_f) - P_c} \quad (2)$$

Si el diseñador dispone de datos del límite inferior de confianza obtenidos por el procedimiento B del ASTM D 2992 o su equivalente. Podrá utilizarlos aplicando la siguiente ecuación:

$$P_s = 0.67 \frac{2S_s t}{D} \quad (3)$$

donde: S_s = Límite inferior de confianza al 95% del LTHS estático a 20 años y a la temperatura de diseño del ducto.

Ajustando la ecuación para obtener explícitamente el espesor, tenemos:

$$t = \frac{P_s * ID}{1.34S_s - P_s} \quad (4)$$

Para propósitos de adquisición de tubería con estampado API, los tubos se deben especificar de acuerdo a los rangos de presión estándar indicados en el párrafo siguiente, los cuales deben considerar el espesor mínimo requerido. El espesor del tubo cotizado por el contratista, debe ser igual o mayor al espesor mínimo requerido.

Los rangos de presión estándar son: 150, 200, 250, 300, 400 y 500 lb/pulg².

Para la correcta especificación de la tubería, es necesario proporcionar la suficiente información al fabricante. Se sugiere utilizar la hoja de especificación incluida en el anexo "E".

8.1.9 Tubería para alta presión.

Esta sección especifica los requerimientos para el diseño de tubería de resina termoestable reforzada con fibra de vidrio, para el transporte de hidrocarburos y fluidos corrosivos líquidos, que operarán a presiones de 35.16 a 211.0 kg/cm² (500 a 3,000 lb/pulg²), de acuerdo al API 15HR o su equivalente.

8.1.9.1 Consideraciones de diseño.

Esta norma contempla los requisitos para tubería reforzada de fibra de vidrio, fabricada por los procesos de fundición centrífuga (CC) o por filamento embobinado (FW), compuestas por resinas epóxicas, o de viniléster. El rango de diámetros considerado es hasta 12 pulg (305 mm). La temperatura estándar para la especificación del esfuerzo hidrostático a largo plazo es de 65.6°C (150°F) o mayores y los cálculos consideran un tiempo de vida útil de 20 años.

 PEMEX	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001		PÁGINA 16 DE 67

8.1.9.2 Determinación del espesor de pared mínimo.

El espesor mínimo de pared de la tubería de fibra de vidrio necesario por presión interna se calcula mediante la siguiente ecuación, usando el valor del límite inferior de confianza al 95% del LTHS determinado por el proveedor, mediante el procedimiento B del estándar ASTM D 2992 o su equivalente.

$$P_r = S_s S_f \frac{R_o^2 - R_i^2}{R_o^2 + R_i^2} \quad (5)$$

donde: P_r = rango de presión estática (psig).

S_s = es el esfuerzo hidrostático a largo plazo, correspondiente al límite inferior de confianza (LCL_s) @ 20 años y a la temperatura de diseño del ducto; (lb/pulg²).

S_f = 0.67 = factor de servicio recomendado. En caso de considerar un valor diferente, el fabricante debe especificar los valores usados de acuerdo al punto 8.1.9.3.

R_o = radio exterior mínimo del tubo (pulg).

R_i = radio interior mínimo del tubo (pulg).

Ajustando la ecuación para obtener explícitamente el espesor, tenemos:

$$t = R_o - R_i$$

$$R_o = \sqrt{\frac{R_i^2 (P_r + S_s S_f)}{S_s S_f - P_r}} \quad (6)$$

Para propósitos de adquisición de tubería con estampado API, los tubos se deben especificar de acuerdo a los rangos de presión estándar indicados en el párrafo siguiente, los cuales deben considerar el espesor mínimo requerido. El espesor del tubo cotizado por el contratista, debe ser igual o mayor al espesor mínimo requerido.

Los rangos de presión estándar comienzan en 500 lb/pulg² y continúan con incrementos de 250 lb/pulg² hasta 3000 lb/pulg².

Para la correcta especificación de la tubería es necesario proporcionar la suficiente información al fabricante, se sugiere utilizar la hoja de especificación incluida en el anexo "E".

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 17 DE 67
--	--	--

8.1.9.3 Factor de servicio (diseño).

El factor de servicio global S_f es el producto de factores de servicio individual que permiten ajustarlo a condiciones diferentes a las estándar, tal y como se indica a continuación:

$$S_f = SF^C SF^E SF^L SF^T SF^A \quad (7)$$

donde: S_f = factor de servicio global.

SF^C = factor de servicio por variaciones de presión cíclica.

SF^E = factor de servicio por el ambiente.

SF^L = factor de servicio por vida útil.

SF^T = factor de servicio por temperatura.

SF^A = factor de servicio por cargas axiales adicionales.

8.1.10 Espesor de pared aplicable.

Con el propósito de asegurar la resistencia mecánica de la tubería durante el transporte, manejo e instalación, es necesario que el espesor de pared mínimo requerido (tpmr) cumpla con las siguientes condiciones:

Para $D < 100$ mm (4 pulg). Si $tpmr < 3$ mm (0.118 pulg), entonces $tpmr$ debe ser igual a 3 mm (0.118 pulg).

Para $D \geq 100$ mm (4 pulg). Si $tpmr < 5$ mm (0.196 pulg), entonces $tpmr$ debe ser igual a 5 mm (0.196 pulg).

8.1.11 Consideraciones para el diseño.

- Ramales del ducto.** - Se debe considerar desde la fase de diseño, la instalación de preparaciones con brida para la derivación de ramales del ducto a futuro, debido a que no se permite efectuar derivaciones en línea viva (hot tapping).
- Ubicación de instrumentos.** - Sólo se permite la ubicación de instrumentos en la sección metálica del ducto (sección superficial).
- Cambio de servicio en el ducto.** - Para realizar el cambio de servicio en el ducto se debe verificar principalmente la compatibilidad del producto a transportar con la resina.

Adicionalmente se debe efectuar un análisis hidráulico con las nuevas condiciones de operación (presión, temperatura y flujo), verificando previamente el espesor remanente del ducto.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 18 DE 67
--	--	--

- d) **Obras especiales.**- Para propósitos de esta norma los cruces de carreteras y vías de ferrocarril se realizarán con tubería de fibra de vidrio encamisada con tubería de acero, a una profundidad mínima al lomo de la camisa de 1.5 m. Los detalles de diseño del encamisado debe ser propuesto por el fabricante y/o constructor. En el caso de cruces de ríos, el diseñador debe considerar tubería metálica.
- e) **Esfuerzo en interfaces**- El diseñador debe calcular el esfuerzo axial provocado por los cambios de temperatura en las transiciones de tubería de fibra de vidrio con tubería metálica.
- f) **Espárragos**- En el caso de uniones de brida metálica y brida de fibra de vidrio, todos los espárragos deben ser metálicos y ser compatibles con el material de la brida metálica. Las dimensiones y material deben estar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- g) **Empaques de bridas**- El empaque de uniones bridadas debe ser el recomendado por el fabricante de la tubería y conexiones.
- h) **Anclas**- Se debe considerar la instalación de anclas en tuberías de alta presión por cambios de dirección, reducciones, extremos del ducto o donde se anticipen variaciones excesivas por expansión. En estos casos se tomarán en cuenta las recomendaciones del fabricante y referirse a los estándares AWWA G950 y ASTM D3839 o sus equivalentes.
- i) **Cambios de dirección**- En los cambios de dirección se deben evitar el uso de codos, siempre que la geometría del derecho de vía lo permita, y aprovechar al máximo la flexibilidad de la tubería, considerando el radio de curvatura.
- j) **Soporte en interfaces**: En las transiciones de tubería de fibra de vidrio con tubería metálica, se debe soportar la transición y permitir que la parte metálica absorba las expansiones.
- k) **Doblado de tubería**: La tubería unida a algún accesorio, debe mantenerse recta al menos una distancia de tres tramos.
- l) **Zanja**: La zanja donde se alojará la tubería, debe tener una profundidad tal, que la distancia entre el lomo de la tubería y el nivel de suelo sea como mínimo de 0.9 m y el ancho de la zanja no debe ser menor de 0.50 m.

8.1.11 Registros.

El diseñador debe entregar como resultado del diseño la siguiente documentación:

- a) Memoria de cálculo de:
 - Chequeo hidráulico.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 19 DE 67

- Espesor de pared mínimo (requerido por presión interna).

- Espesor de pared mínimo requerido.

- Golpe de ariete.

b) Gráficas de:

- Esfuerzo contra tiempo
- Esfuerzo contra temperatura

c) Hoja de especificación de la tubería y accesorios.

d) Certificados de:

- Pruebas de esfuerzos a largo plazo donde se clasifique el producto propuesto, conforme a los resultados del diseño.
- Calificación del sistema tubería –unión.

8.2 Fabricación.

La tubería a base de polímeros reforzada con fibra de vidrio, se caracteriza por el método de elaboración, los materiales utilizados, la resistencia a las presiones cíclicas a corto y largo plazo o presiones estáticas a corto y largo plazo, lo cual define las propiedades mecánicas básicas de la tubería como son: resistencia a la ruptura a corto y largo plazo, resistencia a la tensión longitudinal, el módulo de tensión y el factor de rigidez.

La requisición u orden de compra de tubería de fibra de vidrio, debe hacer referencia a esta norma y además incluir como mínimo la información que se indica a continuación:

- Servicio, fluido a transportar y composición.
- Presión y temperatura de operación y diseño.
- Flujos mínimo, normal y máximo.
- Longitud nominal del tubo (conforme al inciso 8.2.5.1) y longitud total del ducto.
- Tipo de resina (conforme al anexo "C")
- Tipo de uniones (conforme al inciso 8.2.5.4.3).
- Diámetro interior y nominal de la tubería (conforme a la tabla 2).
- Kits de reparación de tuberías (ver anexo "F").

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 20 DE 67

Nota: En la requisición se debe indicar que el espesor de pared mínimo requerido debe calcularse por el contratista o por el proveedor de la tubería, de acuerdo a los puntos 8.1.8.2 y 8.1.9.2 de esta norma.

8.2.1 Materiales.

El material que debe utilizarse en la fabricación de la tubería, conexiones y accesorios, consistirá de polímeros termoestables reforzados con fibra de vidrio y agregados, en caso requerido; y deben cumplir con los requerimientos de diseño indicados en la sección 8.1

Los polímeros aceptables son las resinas epóxicas y resinas de viniléster.

La resina para el tubo y conexiones, debe ser termoestable, químicamente resistente y apropiada para las condiciones y características del fluido a transportar, por lo que es necesario que el fabricante presente casos históricos o reportes de pruebas de resistencia química; éstas últimas se deben realizar conforme al ASTM C-581 o su equivalente, con el fluido a manejar o semejante y entregue los resultados al representante de **Pemex** para su revisión y análisis.

8.2.2 Procesos de manufactura.

8.2.2.1 Tubería.

La tubería fabricada bajo esta norma debe producirse por los siguientes procesos:

- Fundición centrífuga.
- Filamento embobinado.

La tubería debe cumplir con los requisitos de las pruebas indicadas en el inciso 8.2.7.

8.2.2.2 Accesorios y conexiones.

Los accesorios y conexiones deben fabricarse bajo los procesos siguientes:

- Moldeado por compresión.
- Fundición centrífuga.
- Filamento embobinado.
- Moldeado por transferencia de resina.

Las conexiones y accesorios deben fabricarse por un proceso y materiales similares y compatibles con la tubería y deben ser como mínimo igualmente resistentes a la acción del fluido y medio ambiente.

8.2.3 Relación polímero – fibra de vidrio.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 21 DE 67

El fabricante debe establecer, en base al método descrito en el apéndice A de la especificación API-15LR o su equivalente, la relación de los componentes polímero- fibra de vidrio con que se fabricó la tubería, accesorios y conexiones, para alta y baja presión, a fin de garantizar que se cumpla con esta norma y con las características y requisitos establecidos por el proyecto en sus bases de usuario y/o diseño (ver capítulo de diseño).

8.2.4 Grado de curado.

El grado de curado aplicado a la tubería, accesorios y conexiones, debe ser determinado por el fabricante, utilizando un calorímetro de búsqueda diferencial (CBD), para el sistema de polímero- fibra de vidrio utilizado (punto 3.2, sección 3, API 15LR o su equivalente).

8.2.5 Dimensiones y tolerancias.

8.2.5.1 Longitud de tubería.

La tubería debe fabricarse en longitudes mínimas de 8.534 m (28 pies). No se aceptan uniones (juntas) para completar tramos de tubería.

8.2.5.2 Diámetro de la tubería.

El diámetro exterior de la tubería debe estar gobernado por el diámetro interior y por el espesor de pared (ver tabla No. 2).

El espesor de pared reforzado mínimo de la tubería, no debe ser menor al espesor de pared mínimo requerido calculado en base a los requerimientos de diseño del proyecto (ver incisos 8.1.8.2 y 8.1.9.2) o al espesor de pared aplicable indicado en el inciso 8.1.10.

8.2.5.3 Tolerancias.

El diámetro exterior de la tubería fabricada bajo esta norma, debe estar dentro de las tolerancias indicadas en la tabla No. 2 (de acuerdo a las secciones 5 y 6 de las especificaciones API 15LR y 15HR o sus equivalentes, respectivamente).

Las mediciones deben hacerse conforme al ASTM D-3567 o su equivalente.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 22 DE 67
--	--	--

Tabla No. 2. - Diámetros y tolerancias.

DIAMETRO NOMINAL mm (pulg)	Tubería de baja presión		Tubería de alta presión	
	Diámetro interior mínimo mm (pulg)	Tolerancia del diámetro exterior mm (pulg)	Diámetro interior mínimo mm (pulg)	Tolerancia del espesor mínimo requerido (%)
25.4 (1.0)			22.9 (0.900)	
38.1 (1.5)			34.3 (1.350)	
50.8 (2.0)	50.8 (2.0)	+ 1.524 (0.060)	47.5 (1.870)	
63.5 (2.5)	61.0 (2.4)	+ 1.524 (0.060)	59.6 (2.345)	
76.2 (3.0)	76.2 (3.0)	+ 1.524 (0.060)	69.0 (2.720)	
88.9 (3.5)			83.8 (3.300)	
101.6 (4.0)	101.6 (4.0)	+ 1.676 (0.066)	93.7 (3.690)	-0.0,+ 22.5
127.0 (5.0)			109.2 (4.300)	
152.4 (6.0)	147.3 (5.8)	+ 2.184 (0.086)	134.6 (5.300)	
177.8 (7.0)			147.3 (5.8)	
203.2 (8.0)	208.3 (8.2)	+ 2.743 (0.108)	193.7 (7.625)	
254.0 (10)	261.6 (10.3)	+ 3.251 (0.128)	246.4 (9.7)	
304.8 (12)	302.3 (11.9)	+ 3.683 (0.145)	297.2 (11.7)	
355.6 (14)	342.9 (13.5)	+ 3.683 (0.145)		
406.4 (16)	391.2 (15.4)	+ 4.191 (0.165)		
457.2 (18)	433.6 (17.07)	+ 4.445 (0.175)		
508.0 (20)	481.8 (18.97)	+4.699 (0.185)		
609.6 (24)	578.4 (22.77)	+ 4.953 (0.195)		

8.2.5.4 Conexiones y accesorios.

8.2.5.4.1 Bridas y conexiones bridadas.

Las dimensiones de las bridas, barrenos y caras, deben estar de acuerdo al código ASME B16.5 o su equivalente.

Nota: Para los espárragos y empaques ver sección 8.1.11 “Consideraciones para el diseño”.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 23 DE 67

8.2.5.4.2 Conexiones y accesorios.

Las dimensiones de las conexiones y accesorios, deben estar de acuerdo a las especificaciones y prácticas de los fabricantes, las cuales deben hacerse del conocimiento de **Pemex** durante el proceso de licitación, para su información, análisis y autorización.

8.2.5.4.3 Extremos de tubería y conexiones.

Los extremos de la tubería deben ser roscados, y sólo será aceptable la unión con la cual se haya calificado la tubería, para diámetros nominales hasta 300 mm (12 pulg). Lo anterior aplica para sistemas de baja y alta presión. Para tubería con diámetros nominales mayores a 300 mm (12 pulg), es aceptable tubería roscada con al menos 2 hilos por pulgada, con una longitud de rosca de 150 mm (6 pulg). Se debe presentar el certificado de calificación del sistema tubería –unión, y conforme a lo siguiente:

- Extremos roscados sin cople (ver figura 1)

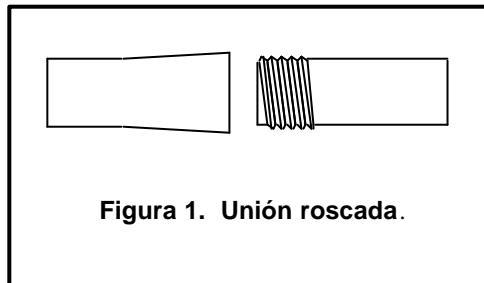


Figura 1. Unión roscada.

Las dimensiones de los extremos de tubería, deben estar de acuerdo a las secciones 7 y 5 de las especificaciones API-15LR y API-15HR o sus equivalentes, respectivamente.

Los extremos de las conexiones y accesorios deben estar conforme a los requerimientos del proyecto, además de que deben cumplir con el tipo y dimensiones de los extremos de la tubería a la cual se unirán.

El fabricante o proveedor debe elaborar los dibujos de los extremos de la tubería, accesorios, conexiones y de acoplamientos especiales, incluyendo dimensiones y tolerancias, para validación de **Pemex**.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 24 DE 67

8.2.6 Recalificación.

En el caso de tubería de baja presión, para cualquier cambio en el refuerzo, resina y geometría del embobinado, conforme a lo establecido en el apéndice "E" del API 15LR o su equivalente, debe efectuarse una recalificación de acuerdo con la sección 12 del estándar ASTM D-2992 o su equivalente.

En el caso de tubería de alta presión, para cualquier cambio en el refuerzo, resina, agente curante, adhesivos y fabricación, conforme a lo establecido en el apéndice "A" del API 15HR o su equivalente, debe efectuarse una recalificación de acuerdo la sección 12 del estándar ASTM D-2992 o sus equivalentes.

Para un pedido en particular, si como resultado de las pruebas de recalificación se establece un nuevo LTHS, **Pemex**, rechazará el lote de tubería y accesorios fabricados con este nuevo valor.

8.2.7 Pruebas.

El fabricante debe realizar las siguientes pruebas a la tubería, conexiones y accesorios:

8.2.7.1 Falla de presión hidráulica a corto tiempo.

Esta prueba se debe realizar de acuerdo a lo establecido en el ASTM D 1599 o su equivalente.

Los criterios de aceptación son los siguientes:

- Para tubería de baja presión, la presión de falla no debe ocurrir antes de alcanzar cuatro veces la presión de operación cíclica.
- Para tubería de alta presión, la presión de falla debe ser mayor a la presión de falla a corto tiempo publicada por el fabricante y además debe ser mayor al 85% de la presión mínima de falla determinada en el inciso 5.1.2 del API 15HR o su equivalente.

Frecuencia.- Se debe realizar una prueba por lote de tubería de 1,524 m (5000 pies) o menor, para cada diámetro y espesor de pared del pedido.

Los resultados de esta prueba, se deben entregar a **Pemex** para información y análisis.

8.2.7.2 Grado de curado.

La prueba de temperatura para determinar el grado de curado de la tubería, accesorios y conexiones de polímeros reforzados con fibra de vidrio, debe efectuarse por el fabricante utilizando un calorímetro de búsqueda diferencial.

 PEMEX		No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001		PÁGINA 25 DE 67

La temperatura de transición vítreo de la fibra de vidrio, para tubería de baja presión, no debe ser menor a la temperatura promedio de fabricación menos tres desviaciones estándar. Para tubería de alta presión, la temperatura no debe ser menor a 5 °C del valor mínimo medido de acuerdo a los incisos 5.1.1 y 5.1.4 del API 15HR o su equivalente. Estos valores se deben obtener de acuerdo a los métodos de prueba establecidos en el apéndice C, del API-15HR y el apéndice B, del API15LR o sus equivalentes.

Frecuencia.- Se debe realizar una prueba por lote de tubería de 1,524 m (5,000 pies) o menor, para cada diámetro y espesor de pared del pedido.

Para los accesorios y conexiones, se debe realizar una prueba por cada lote de 100 piezas o menor, para cada diámetro y espesor de pared del pedido.

Los resultados de esta prueba, se deben entregar a **Pemex** para información y análisis.

8.2.7.3 Prueba hidrostática.

Toda la tubería, accesorios y conexiones, deben probarse hidrostáticamente a una presión de 1.5 veces la presión de diseño. La presión de prueba debe mantenerse por un mínimo de dos minutos. y no se permiten fugas. Esta prueba debe realizarse a temperatura ambiente.

8.2.7.4 Prueba de colapso.

La tubería de baja presión fabricada bajo esta norma, debe ser sometida a esfuerzos de presión externa o prueba de colapso, conforme al método del estándar ASTM D 2924 o su equivalente.

Frecuencia.- Se deben realizar dos pruebas por cada lote de 1,524 m (5,000 pies), para cada diámetro y espesor de pared especificado en la orden de compra.

Los resultados de esta prueba, deben entregarse a **Pemex** para su información y análisis.

8.2.7.5 Prueba de resistencia al impacto.

La tubería fabricada bajo esta norma, debe ser probada para determinar su resistencia al impacto, conforme al método de prueba indicado en el Apéndice C de la especificación API-15LR o su equivalente y con las variantes que se indican a continuación:

- Peso de la bola de acero 0.54 Kgs. (1.2 lbs).
- Longitud de caída libre de la bola de acero 1.0 m. (3.3 pies).

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 26 DE 67

Se deben obtener las muestras para esta prueba, una al principio, otra intermedia y una al final del proceso de producción del lote.

En el caso de solicitar tubería de baja presión con monograma, la prueba se debe apegar estrictamente a lo establecido en el apéndice "C" del API 15LR o su equivalente.

Frecuencia.- Se deben realizar tres pruebas de impacto, por cada lote de 1,524 m (5,000 pies), para cada diámetro y espesor de pared del pedido.

Los resultados de esta prueba deben entregarse a **Pemex** para su información y análisis, de acuerdo al reporte indicado en el apéndice C, referido.

8.2.7.6 Relación polímero- fibra de vidrio.

La tubería fabricada bajo esta norma, debe ser probada, para determinar la relación de los componentes polímero- fibra de vidrio con que se fabricó la tubería, accesorios y conexiones, para alta y baja presión, en base al método descrito en el apéndice A de la especificación API-15LR o su equivalente.

Frecuencia.- Se debe realizar una prueba por lote de tubería de 1,524 m (5,000 pies) o menor, para cada diámetro y espesor de pared del pedido.

Para los accesorios y conexiones, se debe realizar una prueba por cada lote de 100 piezas o menor, para cada diámetro y espesor de pared del pedido.

El contenido en peso de la fibra de vidrio de refuerzo debe estar dentro de los rangos indicados en la tabla No. 3:

Tabla No. 3 .- Contenido en peso de fibra de vidrio

TIPO	CONTENIDO EN PESO (%)
Tubería. Filamento embobinado	70- 82
Accesorios. Filamento embobinado	60- 80
Tubería. Fundición centrífuga	30- 50
Accesorios. Fundición centrífuga	30- 50
Accesorios. Hecho a mano	65- 75
Accesorios. Moldeado	50- 60

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 27 DE 67

8.2.8 Inspección.

8.2.8.1 Recursos humanos.

El fabricante debe demostrar que cuenta con personal especializado, con experiencia comprobable en las áreas de: tecnología de materiales, procesos de fabricación, códigos, normas, pruebas destructivas y no destructivas y sistemas de calidad.

8.2.8.2 Recursos materiales.

Los equipos y accesorios que se empleen en la inspección y pruebas, deben ser los suficientes y apropiados, de tal forma que se garantice la calidad de la tubería, conexiones y accesorios, mediante el cumplimiento de los requisitos que establece esta norma.

Todos los equipos de pruebas de inspección destructivas y no destructivas, deben estar avalados por el Sistema Nacional de Calibración de la Dirección General de Normas de la SECOFI o por alguna organización extranjera reconocida y especializada.

Los certificados y registros de calibración de máquinas y equipo, deben estar disponibles para mostrarse al inspector de **Pemex** en cada orden de compra (Ver inciso 8.2.11 "Sistema de aseguramiento de calidad").

8.2.8.3 Inspección en fábrica.

La tubería fabricada conforme a esta norma, debe inspeccionarse en forma visual y mantenerse dentro de los límites del anexo "G". En caso de incumplimiento de cualquiera de estos requerimientos, la tubería será rechazada.

En el registro correspondiente, se deben indicar las condiciones, características del equipo empleado, personal que realizó la inspección y los resultados obtenidos.

8.2.8.4 Facilidades de inspección.

Pemex o su representante, debe tener acceso en cualquier momento a las plantas de los fabricantes de tubería en el territorio nacional y en el extranjero, tanto en las compras directas como en las indirectas a través de algún contratista.

La intervención del representante de **Pemex** debe ser abierta durante el periodo de fabricación.

El fabricante debe brindar las facilidades necesarias para demostrar en forma objetiva el cumplimiento de esta norma.

 PEMEX		No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001		PÁGINA 28 DE 67

El representante de **Pemex** se reserva el derecho de realizar muestreros y verificaciones de pruebas, que se realicen en la propia planta o en laboratorios externos.

8.2.9 Marcado.

La tubería, accesorios y conexiones, fabricados conforme a esta norma deben ser marcados por el fabricante utilizando etiquetas embebidas en la resina o tinta indeleble, indicando lo siguiente:

- Nombre o razón social del fabricante.
- Diámetro nominal.
- Espesor de pared.
- Rango de presión.
- No. de proyecto.
- No. de pedido u orden de compra.
- No. de lote/tubo.

8.2.10 Manejo y almacenaje.

La tubería, accesorios y conexiones fabricados conforme a esta norma deben manejarse con equipos y accesorios adecuados durante el embarque, traslado y almacenaje, para evitar daños mecánicos.

Estas actividades deben llevarse a cabo de acuerdo con lo que establece la práctica recomendada API-15T4 o su equivalente.

En el caso de extremos roscados, deben protegerse interna y externamente con un material plástico, capaz de evitar daños en el manejo y transporte del material, sin que ocasione adherencia permanente a la rosca.

8.2.11 Sistema de aseguramiento de calidad.

Los fabricantes de tubería, accesorios y conexiones, deben tener implantado un sistema de aseguramiento de calidad y procedimientos administrativos y operativos avalados por una organización nacional o internacional, de prestigio reconocido por **Pemex**. Los manuales deben estar a disposición de **Pemex** cuando éste los solicite.

Asimismo, los fabricantes deben contar con un informe de auditorías de calidad, al menos una en el último año, realizada por un organismo externo reconocido por la DGN y/o ISO.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 29 DE 67

También deben presentar el Plan de Calidad que emplearán en cada pedido que se les asigne.

8.2.11.1 Rastreabilidad.

El sistema de aseguramiento de calidad particular de cada fabricante debe incluir un procedimiento específico de rastreabilidad del producto, desde la identificación de la materia prima hasta el producto final, incluyendo todas y cada una de las etapas de fabricación, según sea el caso que se trate.

Los registros de este procedimiento de rastreabilidad, deben estar disponibles para su consulta por parte del inspector de **Pemex** en todas las órdenes de compra.

8.2.11.2 Certificación.

Los fabricantes deben entregar a **Pemex** los certificados de cumplimiento de calidad correspondientes, estableciendo que han sido fabricados, muestrados, probados e inspeccionados de acuerdo a esta norma y demás especificaciones de referencia.

Queda a criterio del área operativa de **Pemex** la solicitud del monograma API para la tubería, dependiendo de las condiciones operativas, características del fluido y la localización del ducto.

8.2.11.3 Registros.

El fabricante debe entregar a **Pemex**, los registros y procedimientos de fabricación, inspección y pruebas realizadas antes y después de las diferentes etapas de manufactura, así como el plan de calidad correspondiente al pedido; esta documentación debe incluir como mínimo lo siguiente:

ANTES

- a) Procedimientos de fabricación de la tubería, accesorios y conexiones (donde se incluyan los parámetros principales como son: .tipo de resina, agente curante, contenido de fibra de vidrio, geometría de embobinado, entre otros).
- b) Procedimientos de los métodos de inspección.
- c) Procedimiento de prueba hidrostática.
- d) Procedimiento y registros de la inspección dimensional.
- e) Procedimiento de rastreabilidad.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 30 DE 67

- f) Certificados de pruebas de esfuerzos a largo plazo.
- g) Certificado de calificación del sistema tubería –unión.
- h) Certificados de calidad de los materiales.
- i) Certificado de autorización de uso del monograma API.
- j) Registro(s) de calificación de habilidad de operador (es) de máquinas de fabricación (disponibles).
- k) Certificados de calibración de los instrumentos empleados en la inspección y pruebas (disponibles).
- l) Certificados de calibración de manómetros y equipo para el banco de pruebas hidrostáticas (disponibles).
- m) Certificados de calibración de los equipos de métodos no destructivos y de otros instrumentos empleados en las pruebas (disponibles).
- n) Certificados de calificación del personal que realiza las pruebas (disponibles).

DESPUES

- a) Certificado de cumplimiento con esta norma (de acuerdo al inciso 8.2.11.2).
- b) Reportes de inspección y registros de pruebas hidrostáticas.
- c) Certificados de pruebas mecánicas en la tubería conformada.
- d) Registros de recalificación del producto.
- e) Estampado del monograma API (en caso de ser solicitado por **Pemex** o el comprador).

8.3 Construcción

8.3.1 Generalidades.

Cada organismo subsidiario de **Pemex** a través de la entidad responsable de la construcción, ya sea porque ejecute la obra o seleccione al constructor, debe realizar la supervisión durante la instalación de la tubería de transporte; esta supervisión se llevará a cabo en todas las etapas de la construcción, por lo que el representante de **Pemex** y el contratista deben contar con los procedimientos de trabajo aplicables, los cuales deben ser avalados por **Pemex** a cada etapa de la obra, así como tener la capacidad técnica y

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 31 DE 67

experiencia necesaria para juzgar y decidir en todas las etapas que se listan a continuación:

- Trazo y nivelación del derecho de vía.
- Apertura del derecho de vía.
- Conformación del derecho de vía.
- Cambios de dirección.
- Excavación de zanja.
- Tendido, alineado y unión.
- Limpieza interior.
- Bajado.
- Prueba hidrostática.
- Tapado.
- Reacondicionamiento del derecho de vía.
- Señalización.
- Obras especiales.

8.3.2 Requisitos de construcción.

8.3.2.1 Planos de construcción.

Los Planos de localización y de proyecto deben cumplir con lo especificado en el punto 8.1.4.

8.3.2.2 Derechos de vía.

Los derechos de vía deben estar debidamente legalizados y en situación de dominio para poder llevar a cabo la construcción de la línea regular, además de las áreas de almacenamiento, estaciones de bombeo, así como de los almacenes de distribución de materiales, las áreas para maniobras y los caminos de acceso.

Es responsabilidad del constructor cumplir con las disposiciones aplicables en la materia de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA).

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 32 DE 67

8.3.2.3 Transporte, manejo y almacenamiento de tubos de fibra de vidrio.

Transporte. Toda la tubería debe transportarse en estiba flejada y con soportes de madera entre las camas de tubos, para evitar el contacto y daño entre ellas.

Todo embarque de tubos debe inspeccionarse a su llegada, con objeto de verificar sus condiciones, apegándose a lo indicado en el anexo "G".

Se debe comprobar que en cada uno de los tubos aparezca la información solicitada en el punto 8.2.9.

Manejo. Durante el manejo de la estiba para su almacenamiento, se debe tener cuidado para evitar el pandeo que pueda dañar a los tubos.

Almacenamiento. El área de almacenamiento debe ser plana, libre de escombros y superficies filosas que puedan dañar la tubería.

En caso de almacenar tubería sin flejar, se debe colocar en el piso y entre las camas de tubos, soportes de madera para evitar el contacto con el piso y entre los tubos.

Debido al peso de la tubería, es recomendable que las estibas no sobrepasen una altura de 1.5 m.

Si la tubería permanecerá almacenada durante periodos mayores a tres meses, se debe colocar un enlonado o cobertizo para evitar la exposición de los tubos a los rayos solares.

No es permitido colocar objetos pesados sobre los tubos, ya sea durante su acarreo o almacenamiento.

Los tubos, conexiones y accesorios deben almacenarse en lugares seguros, no debiéndose dejar cercanos al fuego.

Se recomienda que al acomodar los tubos, queden apoyados en soportes de madera o material similar, distribuidos en toda su longitud.

El transporte, manejo, y almacenaje de la tubería se debe realizar además de lo indicado, de acuerdo a las prácticas recomendadas en el API 15TL4 o su equivalente y a las de las especificaciones y recomendaciones del fabricante, con objeto de evitar dañarla.

8.3.2.4 Zanja.

En el caso de terrenos con alto nivel freático, es conveniente que el avance de la instalación sea el mismo que el de la excavación, con el propósito de evitar problemas de inundaciones y derrumbes.

 PEMEX	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001		PÁGINA 33 DE 67

El ancho de la zanja debe estar de acuerdo al diseño y diámetro de la tubería, de tal manera que permita bajar a una persona al fondo de la zanja para alguna inspección o reparación, pero nunca debe ser menor de 0.50 m.

Se debe tener cuidado de no dañar cables, drenajes, tuberías, etc., que pudieran encontrarse al excavar.

8.3.2.5 Tendido, alineado y unión.

El tendido de los tubos debe hacerse a lo largo de la zanja, del lado contrario donde se encuentra el material producto de la excavación, con el extremo macho en sentido a la dirección del flujo.

Se deben quitar los protectores de los extremos del tubo verificando que las roscas y sellos, así como el cuerpo de la tubería no presentan daños; en caso de daño apegarse a lo establecido en el anexo "G".

Retirar cualquier tipo de material extraño que se encuentre adherido a los extremos hembra y macho de la tubería que pudieran ocasionar daños a la conexión.

Alinear y centrar cuidadosamente a mano la entrada macho en el centro de la entrada hembra de manera que no se dañe la unión.

Se debe efectuar una adecuada alineación visual, para posteriormente realizar un apriete de manera manual tanto como sea posible; la rotación debe ser uniforme para mantener la alineación. Despues del apriete manual se deben utilizar las herramientas y el torque o método de "indicación de posición" recomendados por el fabricante para llegar a un apriete total, sin dañar la tubería.

Se deben considerar las deflexiones máximas permisibles en el tubo de acuerdo a lo indicado por el fabricante.

8.3.2.6 Bajado.

Antes de bajar la tubería, se limpiará la zanja quitando los escombros, basura, piedras sueltas, terrones y raíces, que se hayan introducido, y se debe formar una cama de material suave (tierra, arena o material granuloso de tamaño no mayor a 9.5 mm) de 10 cm. de espesor mínimo y sobre ella colocar la tubería.

Se debe tener cuidado al efectuar las maniobras de bajado para no dañar la tubería. Se recomienda utilizar bandas de lona para las maniobras.

8.3.2.7 Prueba hidrostática.

Para el inicio de la prueba hidrostática, es necesario tener tapada parcialmente la tubería con el objeto de evitar movimiento durante la prueba (dejando libres las uniones y conexiones), enseguida se procede a probar la tubería a presión interna

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 34 DE 67

utilizando como fluido agua dulce, libre de partículas en suspensión que no pasen por una malla de 100 hilos por pulgada. La presión de prueba debe ser 1.25 veces la presión de diseño y el tiempo de prueba de 4 horas a presión estable. La prueba se debe realizar de la siguiente forma: la presión se debe incrementar gradualmente hasta alcanzar la presión de prueba; transcurrida una hora, se disminuye la presión hasta un valor del 50% de dicha presión y una hora después se vuelve incrementar la presión hasta el valor de prueba, y se mantendrá a la misma durante cuatro horas. Durante el desarrollo de la prueba hidrostática se debe supervisar la línea para verificar que no haya fugas. En la última parte del proceso se debe registrar con gráfica los valores de presión y temperatura.

En todo momento se debe contar con manómetro, manógrafo y termógrafo calibrados (mostrar evidencias), y además un instrumento de precisión (balanza de pesos muertos) para verificar las lecturas durante la prueba.

Antes del llenado, se debe correr un diablo suave delante del fluido con el objeto de eliminar las impurezas que se puedan encontrar dentro de la tubería. La ubicación del diablo de limpieza durante su recorrido, debe establecerse conforme al procedimiento propuesto por el contratista, y avalado por **Pemex**.

Si se presentan pérdidas de presión por fallas o fugas de la tubería, se deben corregir conforme al procedimiento propuesto por el contratista y el fabricante de la tubería, previa aceptación de **Pemex**, y repetir la prueba hasta su aceptación. En el procedimiento general para la realización de la prueba hidrostática se deben incluir:

- a) Diagrama que indique la longitud, elevación y localización del ducto a probar.
- b) Métodos de limpieza, llenado, presurización, seccionamiento, etc.
- c) Gráficas, registros y reportes.
- d) Procedimientos y precauciones de seguridad.

El procedimiento detallado se debe hacer conforme lo marque el contratista, de común acuerdo con el fabricante de la tubería y avalado por **Pemex**.

Al concluir satisfactoriamente las pruebas de las tuberías, se deben hacer todas las conexiones necesarias para eliminar el agua por medio de diablos o esferas corridas con aire.

La fuente de abastecimiento de agua y las áreas para desalojarla después de la prueba, estarán sujetas a la aprobación del supervisor de la construcción; asimismo, ordenará los análisis de laboratorio necesarios para verificar la calidad especificada, según la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 35 DE 67

El contratista debe entregar a **Pemex** los registros de las pruebas realizadas, debiendo ser como mínimo los siguientes:

- a) Gráfica de prueba hidrostática avalada por el personal que intervino.
- b) Procedimiento de realización de la prueba.
- c) Tipo y medio de prueba.
- d) Presiones de diseño, operación y prueba.
- e) Fugas y otras fallas con sus características y localización.
- f) Variaciones en cada prueba y sus causas.
- g) Reparaciones efectuadas como resultado de la prueba realizada.

8.3.2.9 Tapado.

Una vez probada hidrostáticamente la tubería, se debe efectuar el tapado conforme a lo siguiente: se cubrirá la tubería hasta 15 cm arriba del borde superior con arena o tierra libre de piedras grandes o cortantes. Esta cubierta debe proveer un soporte a la tubería y protegerla de daños que puedan causar el resto del relleno de la zanja.

Debido a la ligereza de la tubería es factible que ésta se mueva en caso de presentarse un golpe de ariete; es necesario realizar el análisis hidráulico para definir si se presenta este fenómeno, y realizar las acciones pertinentes.

Se debe colocar a lo largo del ducto, una cinta metálica detectable a la mitad de la profundidad entre el lomo de la tubería y la superficie del terreno o nivel de piso, con el objeto de identificar el ducto.

8.3.2.10 Señalamiento.

Los señalamientos de seguridad que se deben instalar en el derecho de vía, deben cumplir con lo especificado en el anexo "H" y a la norma NOM-026-STPS-1998.

8.3.2.11 Registros de construcción.

El contratista debe entregar a **Pemex**, los registros y procedimientos de construcción, inspección y pruebas realizadas durante la construcción, así como el plan de calidad correspondiente a la construcción de la obra; esta documentación debe incluir como mínimo lo siguiente:

- a) Registros de control de materiales.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 36 DE 67

- b) Procedimiento de manejo, transporte y almacenamiento de tubería, conexiones y accesorios.
- c) Procedimientos de construcción del proyecto en particular.
- d) Procedimiento de control de documentos.
- e) Procedimientos de inspección de la tubería, conexiones y accesorios.
- f) Registro de identificación de juntas a lo largo del ducto.
- g) Registros de inspección de tubería, conexiones y accesorios.
- h) Registros y gráficas de la(s) prueba(s) hidrostática(s).
- i) Registro de cambios con respecto a los planos del proyecto.
- j) Planos del proyecto en edición “como se construyó”.
- k) Certificado de cumplimiento con esta norma.

9. RESPONSABILIDADES.

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Vigilar la aplicación de los requisitos y recomendaciones de esta norma, en las actividades de diseño, fabricación, construcción y pruebas de tuberías a base de polímeros reforzados con fibra de vidrio, destinadas a la recolección, transporte y distribución de hidrocarburos y fluidos corrosivos líquidos.

9.2 Subcomité Técnico de Normalización.

Promover el conocimiento de esta norma entre las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, firmas de ingeniería, prestadores de servicios y contratistas, involucradas en el o los procesos técnicos y administrativos generados por la necesidad de instalar nuevos ductos para el transporte de fluidos corrosivos líquidos.

9.3 Área usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

La verificación del cumplimiento de esta norma, será realizada por el supervisor de Petróleos Mexicanos, a través del certificado de cumplimiento de los Prestadores de Servicio y/o Contratistas.

Deberá verificar que las firmas de ingeniería licitantes cuenten con personal técnico especializado con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma, lo que se garantizará a través de un certificado de acreditación.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 37 DE 67
--	--	--

Verificar el cumplimiento del contrato de servicios establecido, acordado y firmado por el prestador de servicio y/o contratista incluyendo los anexos técnicos respectivos, los cuales deberán cumplir estrictamente los lineamientos marcados por esta norma.

9.4 Firmas de Ingeniería, Prestadores de Servicio y/o Contratistas.

Cumplir como mínimo con los requerimientos especificados en esta norma, para el diseño, fabricación, construcción y pruebas de tuberías a base de polímeros reforzados con fibra de vidrio, destinadas a la recolección, transporte y distribución de hidrocarburos y fluidos corrosivos líquidos.

Se deberá considerar dentro del organigrama del personal especialista designado para ejecutar los trabajos materia de un determinado contrato para ejecución de obra pública y dentro del cual se contemple la aplicación de esta norma, a un responsable o gerente técnico con experiencia previa en trabajos similares, el cual debe contar con un certificado de acreditación para el manejo e interpretación de esta norma. Las firmas de ingeniería, prestadores de servicios y/o contratistas se comprometan a mantener durante el desarrollo de los trabajos y hasta su entrega final a un responsable o gerente técnico con las características arriba mencionadas, con la finalidad de garantizar la correcta ejecución de los trabajos en estricto apego a los lineamientos marcados por la norma y a las necesidades de Petróleos Mexicanos.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES.

Los lineamientos de este documento no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir normatividad internacional relacionada con el tema.

11. BIBLIOGRAFIA.

Esta norma se fundamenta y complementa con las referencias técnicas que se indican a continuación, todas ellas en su última edición.

API

STD 5B	Specification for threading, gauging, and thread inspection of casing, tubing, and line pipe threads (U.S. customary units).
SPEC 15 LR	Specification for low pressure fiberglass line pipe
SPEC 15 HR	Specification for high-pressure fiberglass line pipe
RP-15TL4	Recommended practice for care and use of fiberglass tubulars.

ASTM

C-581	Practice for determining chemical resistance of thermosetting resins used in glass-fiber-reinforced structures intended for liquid service
-------	--

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 38 DE 67

glass-fiber-reinforced structures intended for liquid service.

- D-1599 Test method for short-time hydraulic failure pressure of plastic pipe, tubing, and fittings.
- D-2105 Test method for longitudinal tensile properties of fiberglass (glass-fiber-reinforced thermosetting-resin) pipe and tube.
- D-2924 Test method for external pressure resistance of fiberglass (glass-fiber-reinforced thermosetting-resin) pipe.
- D-2992 Practice for obtaining hydrostatic or pressure design basis for "fiberglass" (glass-fiber-reinforced-thermosetting-resin) pipe and fittings.
- D-3567 Practice for determining dimensions of fiberglass (glass-fiber-reinforced thermosetting resin) pipe and fittings.
- D-3839 Practice for underground installation of fiberglass (glass-fiber-reinforced thermosetting resin pipe) pipe.

ASME

- B 16.5 Pipe flanges and flanged fittings.
- B 31.4 Pipeline transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids.

AWWA

- C-950 Standard for fiberglass pressure pipe.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (13 /diciembre/ 1996.)

COMPOSITES INSTITUTE. Fiberglass pipe handbook

MALLINSON JOHN H. Corrosion-resistant plastic composites in chemical plant design..

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 39 DE 67
--	--	--

12 ANEXOS

ANEXO A

Planos de localización y de proyecto

Los planos de proyecto deben cumplir con la especificado en este anexo en el aspecto de contenido técnico.

A.1 Requerimientos de contenido técnico.

Los Planos de localización y de proyecto deben cumplir los siguientes requerimientos técnicos:

- A.1.1 Planos generales de trazo y localización a escala **1: 100,000** anotando los nombres de linderos de los Municipios y Entidades Federativas que se crucen. La clasificación de localización del trazo de las líneas, de manera que se conozcan en el desarrollo total del trazo, las longitudes que corresponden a cada una de las clases de localización, previendo siempre al seleccionarlas, el cambio probable de las zonas en el futuro.
- A.1.2 Planos del trazo general a escala de **1: 4,000** por secciones que comprendan un máximo de **3 Km**, anotando nombres, distancias, rumbos de los linderos, datos sobre la longitud y superficie que ocupa el derecho de vía en cada una de las propiedades o ejidos, incluyendo el cuadro de construcción en su caso, el cual debe contener los datos del alineamiento, datos de curvas horizontales en planta, coordenadas de los puntos de inflexión, principio de curva, principio de tangencia, longitud de curva, radio de la curva, deflexión, subtangentes, rumbos, así como también en el perfil, cotas del terreno natural, cota de la zanja, profundidad de zanja, kilometraje.
- A.1.3 Planos de localización a escala de **1: 1,000** de las instalaciones de bombeo y almacenamiento, instalaciones de medición, regulación, separación, calentadores y general, de todas las instalaciones complementarias necesarias, indicando las propiedades o ejidos efectuados y los terrenos que deben ser adquiridos, anotando nombres, distancias, rumbos de linderos, etc.
- A.1.4 Planos individuales de afectación de las propiedades o ejidos a escala convencional, señalando distancias y rumbos polígono o cuadro de construcción, así como las superficies por ocupar de cada predio.
- A.1.5 Planos de los caminos de acceso para vigilar, operar y mantener los ductos.
- A.1.6 Planos e isométricos de las instalaciones superficiales, incluyendo la caracterización de cada uno de los elementos que la componen.

A.2 Requerimientos de formato.

Los Planos de localización y de proyecto deben cumplir con los requerimientos de formato especificados por la Subsidiaria de Pemex solicitante de los trabajos.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 40 DE 67
--	--	--

ANEXO B

Métodos de cálculo para el diseño hidráulico

El diámetro interno mínimo se debe calcular tomando en cuenta los siguientes requerimientos:

- Limitaciones de velocidad.
- Las caídas de presión en la tubería debidas a la longitud del tubo, accesorios y cambios de elevación.

Es recomendable que el diseñador verifique sus cálculos con los fabricantes de tubería de fibra de vidrio, debido a que las ecuaciones siguientes proporcionan aproximaciones generales.

B.1.- Dimensionamiento preliminar del tubo.

El primer paso para el dimensionamiento de un sistema de tuberías, es el determinar el diámetro de tubo apropiado para el flujo. A continuación se indican ecuaciones aceptables para determinar la velocidad y el diámetro de la tubería.

B.1.1.- Velocidad máxima para fluidos limpios

$$v = \frac{48}{r^{0.33}} \quad (8)$$

donde: v = velocidad, (pie/seg).

ρ = densidad del fluido, (lb/pie³)

B.1.2.- Velocidad máxima para fluidos corrosivos o erosivos.

$$v = \frac{24}{r^{0.33}} \quad (9)$$

B.1.3.- Limitaciones de velocidad.

Las velocidades del fluido en el tubo, calculadas con las ecuaciones anteriores, no deben exceder los valores mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Velocidad recomendada del fluido en la tubería.

Estado físico del producto	Velocidad normal, m/s (pie/s)
Líquido	1.5 a 4.6 (4.9 a 15.1)

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 41 DE 67
--	--	--

El diseñador debe considerar además los siguientes factores que limitan la velocidad en los tubos:

- pérdidas de presión excesivas.
- prevención de cavitación en bombas y válvulas.
- erosión excesiva debida a sólidos en el fluido.
- desgaste excesivo en válvulas y accesorios.

B.1.4.- Diámetro mínimo para fluidos limpios.

$$d = \frac{0.73 \left(\frac{Q}{SG} \right)^{0.5}}{r^{0.33}} \quad (10)$$

donde: Q = flujo, (gal/min).

d = diámetro interno, (pulg).

SG = gravedad específica del fluido.

B.1.5.- Diámetro mínimo para fluidos corrosivos o erosivos.

$$d = \frac{1.03 \left(\frac{Q}{SG} \right)^{0.5}}{r^{0.33}} \quad (11)$$

B.1.6.- Diámetro promedio.

$$d = 0.321 \left[\frac{Q}{SG^2} \right]^{0.434} \quad (12)$$

B.1.7.- Velocidad promedio.

$$v = 0.409 \left(\frac{Q}{d^2} \right) \quad (13)$$

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 42 DE 67
--	--	--

B.2.- Cálculo de la caída de presión.

Existen varios métodos para calcular la caída de presión en tuberías de fibra de vidrio. Los más comunes son: el método de Hazen- Williams, el de Manning y el de Darcy- Weisbach.

B.2.1.- Ecuación de Hazen- Williams.

La ecuación de Hazen- Williams es válida para flujo turbulento y normalmente se obtienen datos conservadores.

La ecuación (14) estima la caída de presión por tramos de 100 pies de longitud. La ecuación (15) estima la caída de presión total en la tubería.

$$h_f = 0.2083 \left(\frac{100}{C} \right)^{1.85} \left(\frac{Q}{d^{4.87}} \right)^{1.85} \quad (14)$$

$$\Delta p = \frac{4.53L}{d^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85} \quad (15)$$

donde: h_f = pérdidas por fricción, (pies H_2O) por cada 100 pies de tubería.

C = coeficiente de rugosidad de Hazen- Williams = 150 (para fibra de vidrio).

Δp = caída de presión total (pies).

L = longitud total de la tubería (pies).

B.2.2.- Ecuación de Hazen- Williams simplificada.

Esta ecuación es muy utilizada en la ingeniería.

$$h_f = \left[\frac{42.7Q}{Cd^{2.63}} \right]^{1.852} \quad (16)$$

B.2.3.- Ecuación de Manning.

La ecuación de Manning se utiliza principalmente en el cálculo de líneas de drenaje, donde el flujo en la tubería es parcial y únicamente influye la carga por elevación.

$$Q_M = \frac{1.486 S^{0.5} AR^{0.667}}{n} \quad (17)$$

donde: S = gradiente hidráulico de la pendiente.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 43 DE 67

n = coeficiente de rugosidad de Manning = 0.009 (para fibra de vidrio).

R = radio hidráulico = A / Wp, (pie).

A = área de la sección transversal del tubo, (pie²).

Wp = perímetro mojado del tubo, (pie).

$$Q_M = \text{flujo, (pie}^3/\text{seg}).$$

La pendiente de las líneas de drenaje se fija para obtener velocidades entre 2 y 3 pie/seg.

B.2.4.- Ecuación de Darcy- Weisbach.

La ecuación de Darcy- Weisbach aplica para todos los fluidos a flujo total. Esta ecuación establece que la caída de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad y a la longitud del tubo; y es inversamente proporcional al diámetro del tubo. La ventaja de esta ecuación radica en su validez para todos los fluidos a flujo turbulento y laminar. La desventaja de esta ecuación es que el factor de fricción también es una variable, por lo que es necesario definir el patrón de flujo para seleccionar el factor de fricción apropiado.

El patrón de flujo se determina a partir del Número de Reynolds.

$$R_e = \frac{ID}{m} \nu \quad (18)$$

donde: R_e = Número de Reynolds.

μ = viscosidad del fluido, (pie²/seg).

ID = diámetro interno, (pie).

A partir del Número de Reynolds podemos definir el patrón de flujo:

Flujo laminar		R_e	<	2100
Flujo de transición	2100	<	R_e	<
Flujo turbulento		R_e	>	3000

La ecuación de Darcy- Weisbach es la siguiente:

$$H_f = \frac{fL\nu^2}{2IDg} \quad (19)$$

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 44 DE 67
--	--	--

donde: H_f = pérdidas por fricción (pies)

f = factor de fricción de Darcy- Weisbach (Moody).

L = longitud total del tubo, (pie).

g = aceleración de la gravedad = 32.2 pie/seg².

Se debe considerar además las pérdidas por fricción debidas a los accesorios, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$H_f = K \left(\frac{v^2}{2g} \right) \quad (20)$$

donde K es un factor particular para cada accesorio. Algunos valores típicos del factor K son los siguientes:

<u>Accesorio</u>	<u>K</u>
Codo 45° estándar	0.3
Codo 45° mitrado	0.5
Codo 90° estándar	0.5
Codo 90° mitrado sencillo	1.4
Codo 180°	1.3
Tee flujo recto	0.4
Tee flujo por la rama	1.4
Tee flujo de la rama	1.7
Reducción sencilla	0.7

En varios manuales de hidráulica se pueden encontrar valores del factor K para otros tipos de accesorios.

Si el flujo es laminar, el factor de fricción queda definido por:

$$f_l = \frac{64}{R_e} \quad (21)$$

donde: f_l = factor de fricción a flujo laminar.

Cuando el régimen de flujo es turbulento, el factor de fricción se puede determinar a través del diagrama de Moody, que se incluye en muchos textos de mecánica de fluidos, considerando que el parámetro de rugosidad superficial para el tubo de fibra de vidrio es 1.7×10^{-5} pie. El factor de fricción se puede calcular también con la ecuación de Colebrook:

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 45 DE 67
--	--	--

$$\frac{1}{f_t^{0.5}} = -2 \log \left(\frac{e}{3.7ID} \right) + \frac{2.51e f_t^{0.5}}{R_e} \quad (22)$$

donde: f_t = factor de fricción de Moody.

e = parámetro de rugosidad superficial = 1.7×10^{-5} pie.

La ecuación (22) es difícil de resolver debido a que tiene a f implícita, por lo que la solución es iterativa. A continuación se ilustra una ecuación simplificada que relaciona al factor de fricción con el número de Reynolds, los resultados obtenidos tiene una desviación del 1% con respecto a la ecuación de Colebrook.

$$f_t = \left[1.8 \log \left(\frac{R_e}{7} \right) \right]^{-2} \quad (23)$$

B.3.- Cálculo de incremento de presión por golpe de ariete.

La ecuación de Talbot calcula el incremento de presión debida al golpe de ariete.

$$P_s = \left(\frac{a}{g} \right) \left(\frac{SG}{2.3} \right) \Delta v \quad (24) \text{ y } (25)$$

$$a = \frac{12}{\left\{ \left(\frac{r}{g} \right) \left[\frac{1}{K} + \frac{d}{E} (t) \right] \right\}^{1/2}}$$

donde: P_s = incremento de presión con respecto a la normal, (psig)

a = velocidad de onda, (pie/s).

Δv = cambio en la velocidad de flujo, (pie/s).

ρ = densidad del fluido, (lb/pie³).

SG = gravedad específica del fluido.

K = módulo de compresibilidad del fluido, (psi).

E = módulo de elasticidad del tubo, (psi).

d = diámetro interno del tubo, (pulg).

t = espesor del tubo, (pulg).

g = constante gravitacional = 32.2 pie/s².

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 46 DE 67

ANEXO C

Criterios de selección de resinas

La familia de las resinas epóxicas; que derivan su nombre del anillo epóxido que representa su estructura reactiva; tiene un comportamiento adecuado bajo condiciones químicas severas. Las propiedades de este tipo de resinas son afectadas en gran medida por el tipo de catalizador o agente curante empleado. Sin embargo, una selección apropiada de la resina epólica y del entramado de la fibra de vidrio tiene un efecto significativo en la cualidades físicas y químicas del producto. Los sistemas de curado de las resinas epóxicas generalmente se dividen en dos grupos:

- Sistemas de curado a temperatura ambiente. Debido a la falta de temperatura y a una apropiada polimerización, las características físicas y químicas de estos productos no son los apropiados para tubería de filamento embobinado en la industria petrolera. Estos sistemas se aplican principalmente a recubrimientos, encapsulados y recubrimiento de pisos. Los agentes curantes de estos sistemas son las poliaminas, aminas alifáticas y cicloalifáticas.
- Sistemas de curado en caliente. Los sistemas epóxicos curados en caliente obtienen una apropiada polimerización y resistencia, lo que repercute en una sustancial mejora en sus propiedades físicas y químicas, comparadas con las aminas curadas a temperatura ambiente. En estos productos se tiene más de 40 años de experiencia en aplicaciones para la industria petrolera y química. Estos sistemas se dividen generalmente en dos grupos: resinas epóxicas curadas con anhídridos y resinas epóxicas curadas con aminas (alifáticas, cicloalifáticas y aromáticas).

Es importante tener en cuenta la siguiente información:

- 1.- Los productos epóxicos presentan generalmente mejores cualidades físicas debido a su mayor resistencia, alta elongación y mejor adherencia a la fibra de vidrio.
- 2.- No presenta emisión de estireno durante la fabricación. Sin embargo las aminas aromáticas están clasificadas como cancerígenas, por lo que su manejo requiere cuidados especiales.
- 3.- La temperatura máxima de operación para productos epóxicos curados con amina es de 100 °C, y para productos curados con anhídrido es de 75 °C.
- 4.- Las resinas epóxicas curadas en caliente presentan buena resistencia química con ácidos no oxidantes, alcalis y solventes.
- 5.- Para cualquier producto, las mejores propiedades físicas y químicas se obtienen curando completamente hasta llegar a su temperatura de transición vítreo óptima.

Las resinas viniléster utilizan el mismo sistema de catalizadores y las mismas técnicas de fabricación que las resinas de poliéster. La principal aplicación para estos productos curados a temperatura ambiente es en la industria química.

Es importante tener en cuenta la siguiente información:

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 47 DE 67

- 1.- Los productos se curan a temperatura ambiente.
- 2.- Generalmente presentan mejor resistencia química que los productos epóxicos, excepto con solventes.
- 3.- Presentan mejores propiedades físicas que los productos de poliéster, pero inferiores a las resinas epóxicas.
- 4.- La temperatura máxima de operación es de 100 °C.
- 5.- La estructura epólica Novalac se ha utilizado para trabajar a temperaturas hasta de 175 °C.

La tabla No. 5, proporciona un criterio general sobre los posibles usos de la tubería de fibra de vidrio de acuerdo a la resina, al fluido a manejar y a la temperatura. En el caso de mezclas de compuestos no enlistados, es necesario consultar a los fabricantes sobre el mejor tipo de resina a emplear, debiendo ser esta recomendación avalada por la práctica estándar ASTM C 581 “Determinación de la resistencia química de resinas termoestables usadas en estructuras de fibra de vidrio para servicios líquidos” o su equivalente.



**COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETROLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS**

DOCUMENTO NORMATIVO

15 – abril - 2001

**TUBERIA DE RESINA REFORZADA
CON FIBRA DE VIDRIO PARA
RECOLECCION Y TRANSPORTE
DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS
CORROSIVOS LIQUIDOS.**

**No. de Documento
NRF-012-PEMEX-2001**

Rev.: 0

PÁGINA 48 DE 67

Tabla No. 5.- Temperaturas máximas recomendadas de resinas

FLUIDO	RESINAS EPÓXICAS	RESINAS VINILESTER
	TEMPERATURA MÁXIMA RECOMENDADA (°C / °F)	
Acido acético 10%	65.6 (150)	98.9 (210)
Acetona 1%	65.6 (150)	65.6 (150)
Acetona 100%	NR	NR
Acido acético glacial	NR	65.6 (150)
Acido clorhídrico 1%	37.8 (100)	82.2 (180)
Acido clorhídrico sat.	NR	65.6 (150)
Acrilonitrilo 100%	NR	NR
Agua clorada (0-100 ppm)	65.6 (150)	93.3 (200)
Agua clorada (100-200 ppm)	NR	93.3 (200)
Agua clorada saturada	NR	93.3 (200)
Agua de mar	98.9 (210)	93.3 (200)
Agua dura	93.3 (200)	82.2 (180)
Agua fresca	121.1 (250)	93.3 (200)
Agua salada	98.9 (210)	93.3 (200)
Alcohol etílico 10%	65.6 (150)	65.6 (150)
Alcohol etílico 100%	NR	37.8 (100)
Amoniaco	NR	NR
Benceno 10%	48.9 (120)	NR
Benceno 100%	48.9 (120)	NR
Carbonato de calcio sat.	65.6 (150)	93.3 (200)
Cetonas	NR	NR
Ciclohexano 100%	65.6 (150)	48.9 (120)
Crudo	98.9 (210)	98.9 (210)
Crudo amargo	98.9 (210)	98.9 (210)
Diesel	98.9 (210)	98.9 (210)
Gasolina	98.9 (210)	82.2 (180)
Glicerina 100%	98.9 (210)	93.3 (200)
Hexano	65.6 (150)	71.1 (160)
Metanol 10%	65.6 (150)	48.9 (120)
Metanol 100%	NR	NR
Salmuera	93.3 (200)	93.3 (200)

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 49 DE 67
--	--	--

ANEXO D

Métodos de cálculo para el diseño estructural

El diseño estructural de tuberías de fibra de vidrio enterradas, implica establecer correctamente las condiciones de diseño, conocer las propiedades del tubo y realizar los cálculos pertinentes para asegurar la correcta instalación. La metodología propuesta en este anexo se basa en el estándar AWWA C 950 y en el ASTM D3839 o sus equivalentes.

D.1.- Cálculo de cargas por peso del relleno y cargas vivas.

El objetivo de este punto es evaluar la magnitud de las cargas por peso del relleno y las cargas vivas que contribuyen a la deflexión del tubo. Las cargas por peso del relleno y las cargas vivas se calculan de la siguiente forma:

$$W_c = g_s H (OD) \quad (26)$$

$$W_L = C_L P (1 + I_f) = C_L P (1.766 - 0.133H) \quad (27)$$

donde: W_c = carga vertical debida al peso del relleno (lb/pie lineal).

W_L = carga vertical viva (lb/pie lineal).

C_L = coeficiente de carga viva (consultar el ASTM D 3839 o su equivalente)

$$= \left(\frac{3D}{p H^2} \right) \left\{ \left[\cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{1.5}{H} \right) \right) \right]^5 + \left[\cos \left(\tan^{-1} \left(\frac{7.5}{H} \right) \right) \right]^5 \right\}.$$

H = distancia de la parte superior del tubo a la superficie (pie).

P = carga por neumáticos (lb).

I_f = factor de impacto = $0.766 - 0.133H$

g_s = peso específico del suelo (lb/pie³). Si se desconoce considere 120.0.

OD = diámetro promedio del tubo (pie).

D.2.- Cálculo de la deflexión

El objetivo de este punto es evaluar la deflexión provocada por las cargas vivas y las cargas por peso del suelo. La deflexión se calcula en forma iterativa a partir de la siguiente ecuación:

$$\Delta y = \frac{(D_1 W_c + W_L) K r^3}{E I + 0.061 E' r^3} \quad (28)$$

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 50 DE 67
--	--	--

donde: Δy = deflexión vertical (pulg).

D_1 = factor de atraso de deflexión por consolidación del suelo (ver el ASTM D3839 o su equivalente).

K = constante de encamado (ver el ASTM D3839 o su equivalente).

EI = factor de rigidez del tubo (pulg²-lb/pulg) = $0.149r^3(F/\Delta Y)$.

r = radio promedio del tubo (pulg).

E' = módulo de reacción del suelo (psi) (ver el ASTM D3839 o su equivalente).

E = módulo de elasticidad a la flexión (psi).

I = momento de inercia (pulg) = $t^3/12$.

F = carga vertical por unidad de longitud (lb/pulg).

ΔY = deflexión vertical (pulg).

t = espesor del tubo (pulg).

D.3.- Análisis de esfuerzos

El objetivo de este punto es analizar y verificar los esfuerzos combinados a los que estará expuesta la tubería.

- **Esfuerzo circunferencial hidrostático.**

$$S_H = \frac{P(ID + t)}{2t} \quad (29) \quad \text{donde: } P = \text{presión de diseño o hidrostática (psi).}$$

ID = diámetro interno (pulg).

t = espesor mínimo del tubo (pulg).

- **Esfuerzo axial hidrostático (extremos cerrados)**

$$S_A = \frac{P(ID + t)}{4t} \quad (30)$$

- **Esfuerzo axial hidrostático debido al efecto Poisson.**

$$S_o = \frac{F}{A} = \frac{P * ID^2}{(OD^2 - ID^2)} \quad (31) \quad \text{donde: } F = \text{fuerza axial (lb).}$$

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 51 DE 67
--	--	--

- **Deflexión vertical**

$$S_D = D_f E_f \left(\frac{\Delta y}{D} \right) \left(\frac{t}{D} \right) \quad (32)$$

donde: D_f = factor de forma (ver tabla 6)
 E_f = módulo de flexión (psi)
 ΔY = deflexión máxima permisible (pulg) = 0.5 D
 D = diámetro externo (pulg)

Tabla 6.- Factor de forma (D_f)

Rigidez del tubo (psi)	Grava ⁽¹⁾		Arena ⁽²⁾	
	Pesado a ligero	Moderado a alto	Pesado a ligero	moderado a alto
9	5.5	7.0	6.0	8.0
18	4.5	5.5	5.0	6.5
36	3.8	4.5	4.0	5.5
72	3.3	3.8	3.5	4.5

Notas: 1.- Para GW, GP, GW-GC, GW-GM, GP-GC y GP-GM de acuerdo al ASTM D 2487 o su equivalente.

2.- Para SW, SP, SM, SC, GM, GC o mezclas de acuerdo al ASTM D 2487 o su equivalente.

- **Carga mecánica axial**

$$S_L = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2)} \quad (33)$$

- **Doblado.**

$$S_B = \frac{E_A R_0}{R_C} \quad (34)$$

donde: E_A = módulo axial (psi).
 R_0 = radio externo del tubo (pulg).
 R_C = radio de curvatura (pulg).

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 52 DE 67

- **Esfuerzo térmico.**

$$S_T = -E_a \alpha_a \Delta T = -E_a \alpha_a (T_{op} - T_{ins}) \quad (34) \quad \text{donde: } \alpha_a = \text{coeficiente de expansión térmica axial (pulg/pulg/}^{\circ}\text{F).}$$

T_{op} = Temperatura de operación ($^{\circ}$ F).

T_{ins} = Temperatura de instalación ($^{\circ}$ F).

D.4.- Límites de esfuerzos combinados.

- **Axiales combinados.**

$$S_L + S_O + S_B + S_T \leq \frac{LCL}{2} \quad (36)$$

- **Circunferenciales combinados.**

$$S_H + S_D \leq 0.67 * LCL \quad (37)$$

 PEMEX	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001		PÁGINA 53 DE 67

ANEXO E

Hoja de especificación de tubería de fibra de vidrio.

Se requiere Monograma API Sí No

Proyecto(s) y Localización: _____

Presión de Operación Máxima: _____

Presión de diseño: _____

Rango estimado de Temperatura:

Temperatura de diseño: _____

Temperatura Máxima de Fluido: _____

Composición estimada de los fluidos:

CO₂: _____ ppm

H₂S : _____ ppm

Sólidos: _____ ppm

Agua: _____ ppm

Gravedad específica: _____

Viscosidad: _____ cp

Análisis de Hidrocarburos

Salinidad del Agua _____ %

Otros: _____

Rango de flujo estimado:

Bariles/día aceite o condensados: _____

Bariles/día agua: _____

Nos preocupa la corrosión: _____ Causa: _____

Vida útil de diseño: _____

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 54 DE 67

ANEXO F

Kit de reparación de tubería

Los kits de reparación de tuberías deben contener como mínimo lo siguiente:

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
6	Pieza	Brida de cara plana con extremo roscado
3 ó 6	Pieza	Niple con rosca (dependiendo del sistema usado por el fabricante)
La que aplique	Pieza	Espárragos ASTM A-193 Gr. B7/7M o su equivalente, cadminizados en caliente.
La que aplique	Pieza	Tuercas ASTM A-194 Gr. 2H o su equivalente, cadminizados en caliente.
3	Juegos	Empaque semimetálico cara plana y arillo de asbesto comprimido
6	Pieza	Arillo metálico de respaldo para bridas
4	Lt	Lubricante para conexión roscada

Notas:

- 1.- El personal de mantenimiento debe estimar de acuerdo a la obra, la cantidad necesaria de kits de reparación adicionales.
- 2.- Para la reparación de tubería no se permite el uso de "grapas".
- 3.- El material listado debe ser compatible con el tipo de tubería, diámetro, espesor y tipo de rosca.
- 4.- El personal de mantenimiento debe contar con herramienta para apriete manual.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 55 DE 67
--	--	--

ANEXO G

Tabla No. 7.- Defectos visibles y criterios de aceptación

En tubería y conexiones			
Defecto	Descripción	Límite máximo permitido.	
		Fabricación	Instalación
Quemadura	Descomposición térmica evidenciada por la distorsión o decoloración de la superficie.	10 % del área superficial del tubo ligeramente manchada.	10 % del área superficial del tubo ligeramente manchada.
Despostillado o astillado	Pequeña pieza despostillada del filo o de la superficie	Se permite si la pared no presenta fractura, si las fibras no están expuestas, y si el área no es mayor a 10 mm x 10 mm.	Se permite si la pared no presenta fractura, si las fibras no están expuestas, y si el área no es mayor a 10 mm x 10 mm.
Cuarteaduras	Finos agrietamientos en/o bajo la superficie vistos a simple vista.	No se permiten.	No se permiten.
Cortes exteriores	Roturas o cortes exteriores superficiales debido a retazos, desechos o arrastre en el proceso de manufactura.	Máximo 3 por tubo en un área de 25 mm x 25 mm y de una profundidad máxima que no reduzca el espesor de pared requerido.	Máximo 3 por tubo en un área de 25 mm x 25 mm y de una profundidad máxima que no reduzca el espesor de pared requerido.
Puntos secos	Área donde el refuerzo no fue completamente impregnado con la resina.	No se permiten.	No aplica.
Fractura	Ruptura en la pared del tubo sin penetración completa. Visible como una área coloreada ligeramente de separación interlaminar.	No se permite.	No se permite.
Hoyos	Pequeños cráteres o hundimientos en la superficie.	Diámetro menor a 0.8 mm y profundidad menor al 10% del espesor, sin fibras dañadas. No hay límite en cantidad.	Diámetro menor a 0.8 mm y profundidad menor al 10% del espesor, sin fibras dañadas. No hay límite en cantidad.
Gotas de resina.	Protuberancias de resina.	Altura máxima de 3.2 mm (1/8 pulg), sin límite en cantidad.	Altura máxima de 3.2 mm (1/8 pulg), sin límite en cantidad.
Rayaduras	Marca somera causada por el manejo inadecuado.	Si hay fibras expuestas sin daño sobre cualquier área, o no hay fibras expuestas en un área igual o mayor a 10 mm x 10 mm.	Si hay fibras expuestas sin daño sobre cualquier área, o no hay fibras expuestas en un área igual o mayor a 10 mm x 10 mm.

 PEMEX	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO		PÁGINA 56 DE 67

15 – abril - 2001

Tabla No. 7.- Defectos visibles y criterios de aceptación (Continuación)

En tubería y conexiones (continuación)			
Defecto	Descripción	Límite máximo permitido.	
		Fabricación	Instalación
Restricciones diámetro interior	Cualquier contenido de pastas, epóxicos, ceras, grumos o materia extraña en el interior del tubo.	No se permiten.	Si es accesible, remuévase con esmerilado. Si no es accesible, rechazar.
Inclusiones	Materia extraña en la pared del tubo.	No se permiten.	No se permiten.
Daño por impacto	Areas claras con o sin fibras rotas o separadas.	No se permiten.	No se permiten.
Deslaminación interna	Areas claras o brillantes en el laminado debidas a la falta de unión entre la resina y las fibras. Separación de las capas dentro del laminado.	No se permiten.	No aplica.
Llorado	Penetración de líquido, visto a través de la pared.	No se permite.	No se permite.
Ataque químico de las fibras (corrosión)	Ausencia de resina en la parte interna del tubo.	No se permite.	No aplica.
Rotura	Separación del laminado a través de la pared, visible desde ambas caras del tubo	No se permite.	No se permite.

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
		Rev.: 0
		PÁGINA 57 DE 67

En las roscas			
Defecto	Descripción	Límite máximo permitido.	
		Fabricación	Instalación
Burbujas de aire	Pequeñas burbujas en la crestas de las roscas.	Se permite sólo una por rosca de un máximo de 3 mm y 10 por rosca de 1.5 mm.	Se permite sólo una por rosca de un máximo de 3 mm y 10 por rosca de 1.5 mm.
Despostillado o astillado	Area donde el 10% de la cresta de la rosca se removió.	Una de 10 mm de longitud máxima por rosca en el área de conexión.	Una de 10 mm de longitud máxima por rosca en el área de conexión.
Agrietamiento	Grietas en: <ul style="list-style-type: none"> • En dirección axial del tubo. • En dirección radial del tubo. 	No se permiten.	No se permiten.
Rosca plana	Area donde el tope de la rosca está rota o sin base.	Una de 10 mm de longitud máxima por rosca en el área de conexión.	No aplica.
Descuadramiento	La rosca no está en ángulo perpendicular.	No se permiten variaciones mayores a 1.5 mm.	No aplica.
Acabado	Corte de los extremos.	No se permiten: filos, pérdida de fibra de vidrio, protuberancias ni golpes.	No aplica.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 58 DE 67
--	--	--

ANEXO H SEÑALAMIENTOS

H.1. GENERALIDADES.

- H.1.1** Sobre el derecho de vía y en las instalaciones de todo ducto de transporte deben instalarse las señales necesarias para localizar e identificar estas instalaciones, así como para delimitar la franja de terreno donde se alojan, con el fin de reducir daños a las mismas.
- H.1.2** Los señalamientos se clasificarán en tres tipos: informativo, restrictivo y preventivo, además deberán apegarse a los lineamientos marcados por la **NOM-026-STPS**.

H.2 SEÑALAMIENTO TIPO INFORMATIVO.

- H.2.1** Las señales de tipo informativo tienen por objeto informar la localización de los ductos y caminos de acceso a campos, plantas e instalaciones de **PEMEX** para fines de identificación y de inspección.
- H.2.2** Las señales informativas destinadas a señalar la posición de los ductos serán del tipo "I" (Figura **H.1**) para líneas a campo traviesa y tipo "II" (Figura **H.2**) para líneas en zona urbana.
- H.2.3** Para líneas a campo traviesa, la señal tipo "I" (Figura **H.1**) consistirá en un poste de concreto o cualquier otro material que sea de resistencia y durabilidad semejante a la del concreto, de manera que cumpla la misma función, con sección octagonal y 7.00 m (23 pies) de altura, o de una longitud adecuada a la vegetación de la zona; si es de otro material puede ser de sección cuadrada. Se pintará en los dos últimos metros de la parte superior de color blanco y rojo en forma de anillos alternados de 40 cm de ancho cada uno. En la cara más visible del poste y a una altura de 2.00 m se pintará en amarillo el kilometraje correspondiente en caracteres de 15 cm de longitud y en la parte superior se colocará una placa de forma cuadrada de 80 cm por lado, donde se indicará el kilometraje en caracteres de 20 cm de longitud y una flecha señalando cualquier cambio en la dirección del ducto, en figuras de color rojo sobre fondo blanco.
- H.2.3.1** Esta señal se instalará cada cinco kilómetros, comenzando en el kilómetro cero y su localización se realizará en la margen izquierda del derecho de vía, siguiendo el flujo de la línea o el de la mayoría de las líneas instaladas sobre el derecho de vía.
- H.2.3.2** Esta señal se utilizará para la inspección aérea y dependiendo de las condiciones topográficas del terreno podrán hacerse las modificaciones que se estimen necesarias sobre su distribución e identificación.
- H.2.4** Para líneas en zona urbana, la señal tipo "II" (Figura **H.2**) consistirá en una tachuela de fierro fundido, o cualquier otro material de durabilidad y resistencia similar, de 15 cm (6 pulg. aproximadamente) de diámetro y 18 cm (7 pulg. aproximadamente) de longitud, que tendrá grabado en alto relieve, en la cabeza, la leyenda '**PEMEX**' y una flecha que muestre el sentido del flujo.
- H.2.4.1** Esta señal se colocará ahogada en concreto, de manera que la cabeza de la tachuela quede al nivel del piso, localizada a cada 50 m (164 pies), en bocacalles y cambios de

 PEMEX	COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
DOCUMENTO NORMATIVO	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	Rev.: 0
15 – abril - 2001		PÁGINA 59 DE 67

dirección sobre el ducto cuando se trate de una sola línea, o bien sobre los dos ductos extremos cuando se trate de un corredor de líneas.

- H.2.4.2** Adicionalmente, se colocará en áreas verdes o de tierra, una mojonera en forma de prisma, cuadrangular de 15 cm de altura por 10 cm de base, pintada de color amarillo.

H.3 SEÑALAMIENTO TIPO RESTRICTIVO.

- H.3.1** Los señalamientos de tipo restrictivo indican la restricción de actividades que pongan en riesgo la seguridad de las personas y las instalaciones de **PEMEX**, así como de las instalaciones y poblaciones aledañas a las mismas.
- H.3.2** Las señales restrictivas podrán ser de los tipos "**IV**" (Figura **H.3**) y "**VI**" (Figura **H.4**) siguientes:
- H.3.3** La tipo "**IV**" consistirá de un cartel con dimensiones, elementos y mensaje de acuerdo a lo señalado en la Figura **H.3**, fabricados en lámina de acero calibre 18, galvanizada, bonderizada, pintada y horneada (tipo pintro o similar), o cualquier otro material de durabilidad y resistencia similar, igualmente pintado; fijada a un soporte de tubo galvanizado de 5 cm (2 pulg.) de diámetro cédula 40 y 3.00 m (10 pies aproximadamente) de longitud, mediante un marco soldado (Figura **H.3**) o fijada en alguna otra forma equivalente en durabilidad y resistencia, pudiendo ser el soporte de otro material similar, no necesariamente tubo y de longitud adecuada al tipo de terreno. El soporte de tubo sobresaldrá del nivel del terreno cuando menos 2.00 m (6.5 pies aproximadamente), y se empotrará en base de concreto mediante dos varillas soldadas en cruz o empotrado en cualquier otra forma que permita cumplir la misma función. Las letras y los figuras, en dimensiones tales que sean legibles a no menos de 5 m (16 pies 6 pulg.), serán de color negro sobre fondo contrastante color amarillo.
- H.3.4** Las señales tipo "**IV**" (Figura **H.3**) prohíben cavar, deben colocarse en ambas márgenes en el límite del derecho de vía, en todos los cruces con ductos que transportan hidrocarburos, así como en los cruces de calles, carreteras, ferrocarriles, veredas, caminos de herradura y pasos habituales de la población, canales, etc., y en general, en todos aquellos lugares en donde el ducto corra riesgos de sufrir daños por excavaciones, golpes o construcción.
- H.3.4.1** En áreas pobladas, estos señalamientos se colocarán espaciados en distancias no mayores a 100 m (328 pies) en donde no hay cruces, desde dos kilómetros antes, hasta dos kilómetros después de las construcciones en el perímetro de la población.
- H.3.4.2** En áreas rurales los señalamientos se colocarán espaciados en distancias no mayores a 500 m (1640.5 pies) en donde no hay cruces, preferentemente en los linderos o cercas de las propiedades, con el fin de evitar daños a las señales durante las tareas agrícolas. En todos los casos esta señal se ajustará a lo indicado en el (Figura **H.7**).
- H.3.5** Las señales tipo "**VI**" (Figura **H.4**), se fabricarán con lámina de acero de 6.35 mm (1/4 pulg.) de espesor, con dimensiones de 2.44 m (8 pies) por 1.83 m (6 pies) soportada por estructura del mismo material, o bien, fabricadas en lámina de cualquier otro material de resistencia similar, soportada en forma tal que cumpla la misma función. Las letras o las figuras, en dimensiones tales que sean legibles a no menos de 5 m (16 pies 6 pulg.), y serán de color negro reflejante

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS DOCUMENTO NORMATIVO 15 – abril - 2001	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001 Rev.: 0 PÁGINA 60 DE 67
--	--	--

sobre fondo contrastante de color amarillo. Las señales tipo "VI" deben colocarse en ambas márgenes de las vías fluviales navegables, a una distancia de 10 m (33 pies aproximadamente) de las márgenes definidas por el nivel de aguas máximas ordinarias. En el diseño de estos señalamientos deben considerarse también las condiciones del terreno, vientos dominantes, avenidas máximas, etc.

H.4 SEÑALAMIENTO TIPO PREVENTIVO.

- H.4.1** Los señalamientos de tipo preventivo tienen la función de prevenir al público acerca de las condiciones de riesgo en la ejecución de trabajos de construcción y de mantenimiento, advirtiendo los daños que éstos pueden ocasionar.
- H.4.2** Las señales preventivas podrán ser de los tipos "VII" (Figura H.5) y "VIII" (Figura H.6), siguientes:
 - H.4.3** Las señales tipo "VII" (Figura H.5), serán portátiles y consistirán en dos carteles de 0.61 m (2 pies) por 0.72 m (2 pies 4 pulg. aproximadamente) abatibles con letras de color negro sobre fondo contrastante de color amarillo.
 - H.4.3.1** Este señalamiento es temporal y debe llevarse a cabo antes de iniciar trabajos de construcción o de mantenimiento (excavación, soldadura, etc.) en áreas o vías públicas y estar destinadas específicamente a evitar daños al público.
 - H.4.4** Los señalamientos tipo "VIII" (Figura H.6) serán portátiles y consistirán en una baliza de 1.20 m (4 pies aproximadamente) de altura, o la que se requiera conforme al tipo de terreno, con un banderín en su extremo de colores contrastantes y reflejantes.
 - H.4.4.1** Este señalamiento es temporal y servirá para indicar la localización de ductos en operación, a fin de evitar que éstos sean dañados cuando se efectúen trabajos de construcción y mantenimiento sobre el derecho de vía.
 - H.4.4.2** La frecuencia de este señalamiento dependerá de las condiciones particulares de cada caso, pero deberá hacerse la localización precisa del ducto, ya sea por medio de un sondeo a cada 50 m (164 pies aproximadamente) o empleando el equipo localizador adecuado y confiable en todo el trayecto que abarque el trabajo.
 - H.4.4.3** El señalamiento está destinado para evitar daños a los ductos en operación o represionados, por lo que queda prohibido efectuar trabajos con maquinaria de construcción (excavadoras, tractores, etc.) sobre toda franja de terreno limitado por dicho señalamiento, debiendo efectuar a mano los trabajos para descubrir un ducto en estas condiciones.

H.5 DISPOSICIONES GENERALES.

- H.5.1** Todas las señales se instalarán en los lugares determinados conforme a las instrucciones contenidas en este anexo.
- H.5.2** La señalización que determina esta norma, debe cumplir además con los requisitos establecidos por las dependencias gubernamentales correspondientes.



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETROLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

DOCUMENTO NORMATIVO

15 – abril - 2001

TUBERIA DE RESINA REFORZADA
CON FIBRA DE VIDRIO PARA
RECOLECCION Y TRANSPORTE
DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS
CORROSIVOS LIQUIDOS.

No. de Documento
NRF-012-PEMEX-2001

Rev.: 0

PÁGINA 61 DE 67

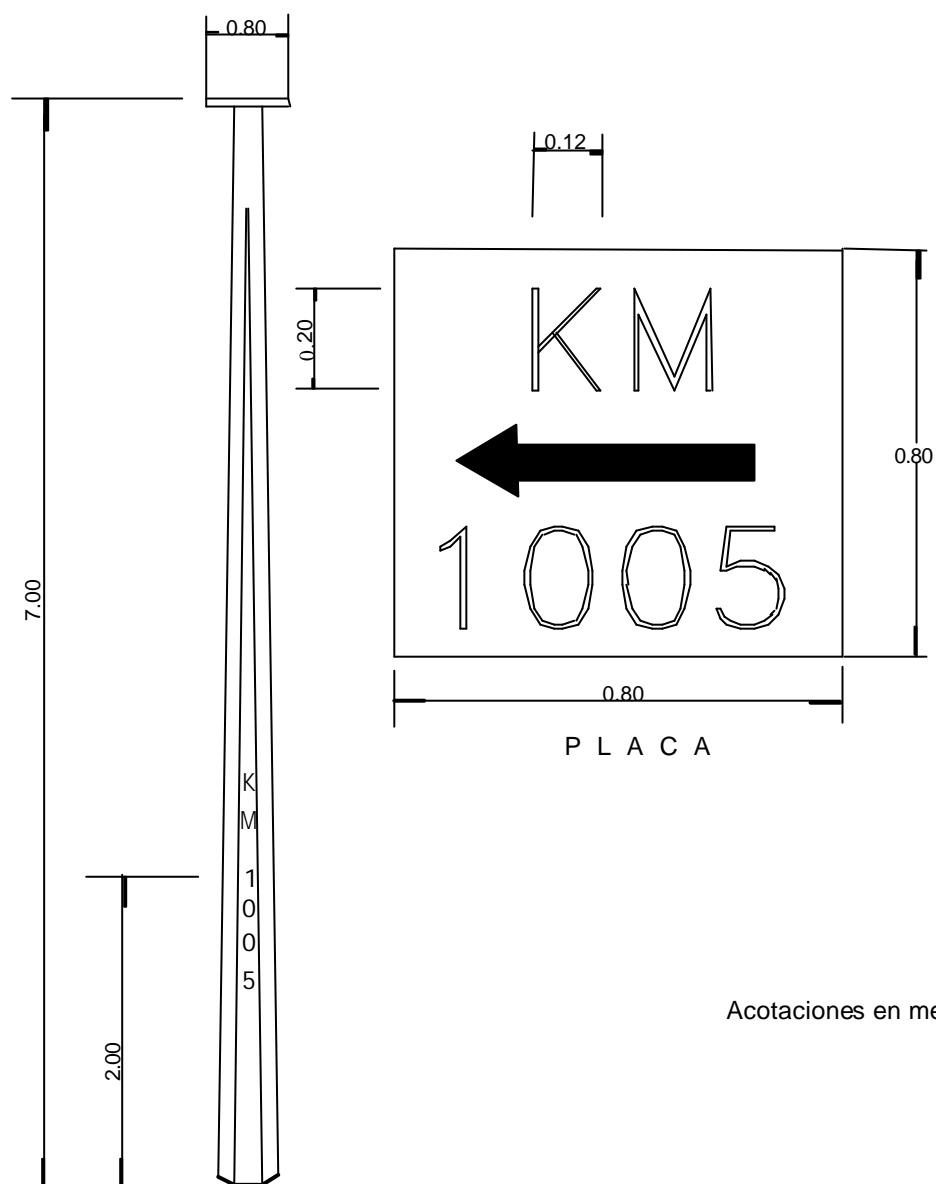


Figura H.1. Señal tipo "I"



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETROLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

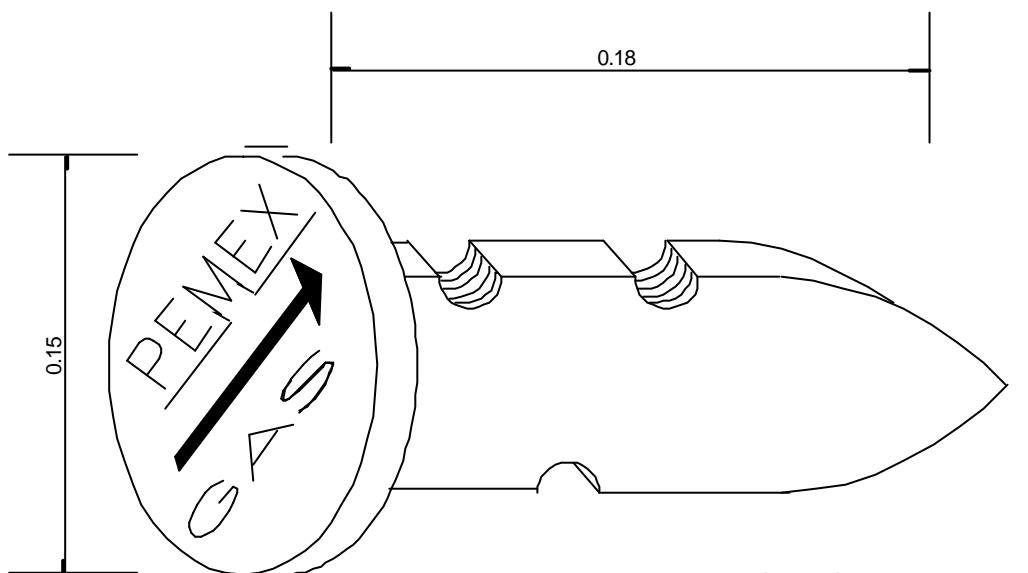
DOCUMENTO NORMATIVO

15 – abril - 2001

No. de Documento
NRF-012-PEMEX-2001

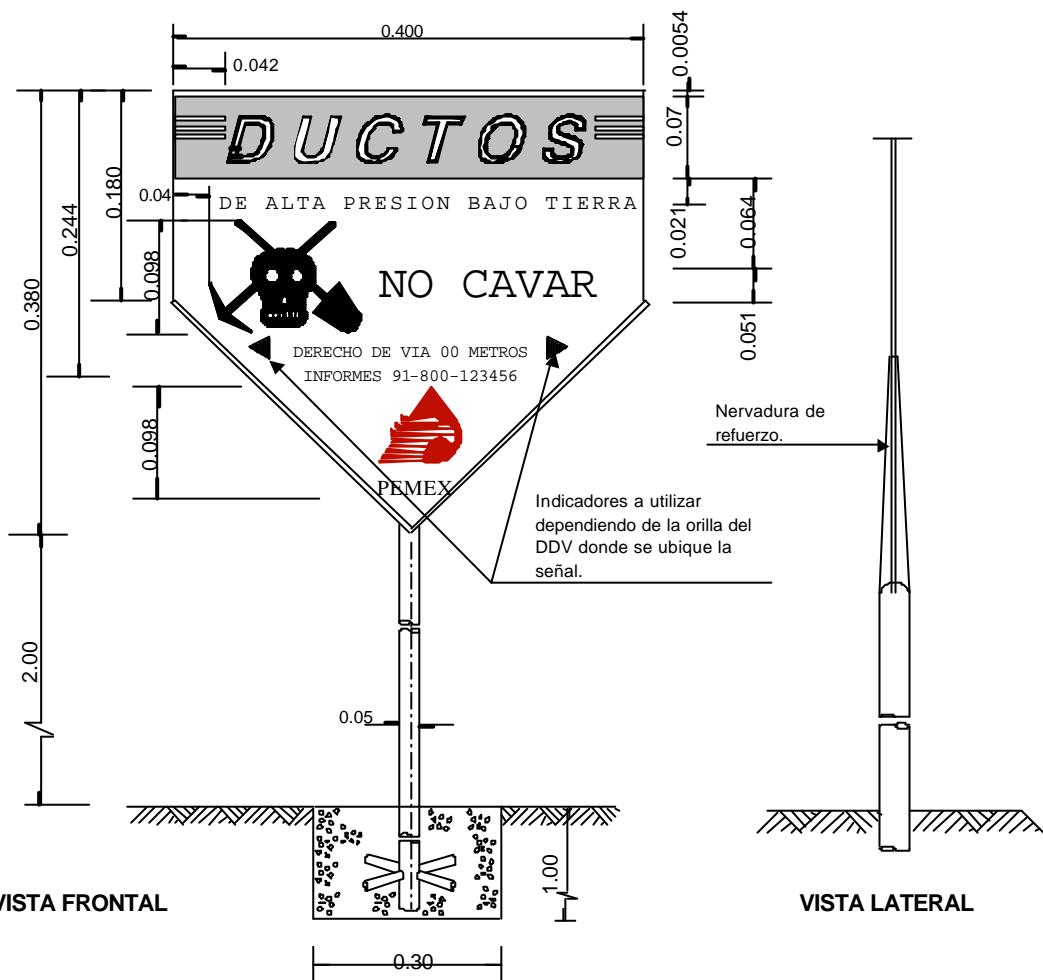
Rev.: 0

PÁGINA 62 DE 67



Acotaciones en metros.

Figura H.2. Señal tipo "II".


CARACTERISTICAS DE LAS LETRAS

MENSAJE	TIPO	DIMENSIONES (en mm)
DUCTOS	Texto centrado Gill Sans Bold italic Modificada.	53 de altura.
DE ALTA	Texto centrado Gill Sans Bold italic COMPRIMIDO 80%.	14 de altura.
NO CAVAR	Texto Helvetica Condensada Black	37.4 de altura
DERECHO DE VIA.....	Texto centrado Helvetica Condensada Bold.	9.4 de altura 13.4 interlínea.

Acotaciones en metros.

Nota: Fondo amarillo PMS con textos y figuras negras.
Salvo "DUCTOS" y placas superiores caladas en amarillo sobre franja negra.

Figura H.3. Señal tipo "IV"



COMITÉ DE NORMALIZACION
DE PETROLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

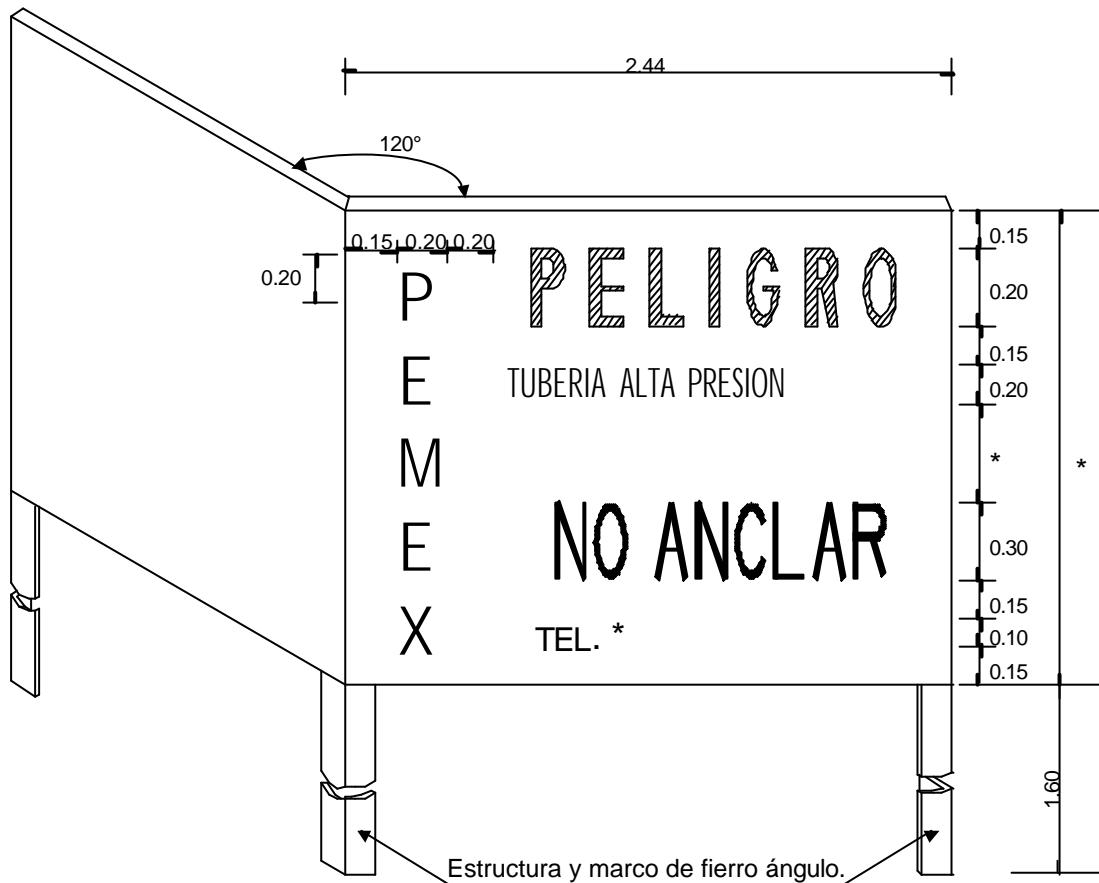
DOCUMENTO NORMATIVO

15 – abril - 2001

No. de Documento
NRF-012-PEMEX-2001

Rev.: 0

PÁGINA 64 DE 67



* A definir.

Este señalamiento debe estar iluminado durante la noche
en las vías fluviales que tengan navegación nocturna.

Acotaciones en metros.

Figura H.4. Señal tipo “VI”.

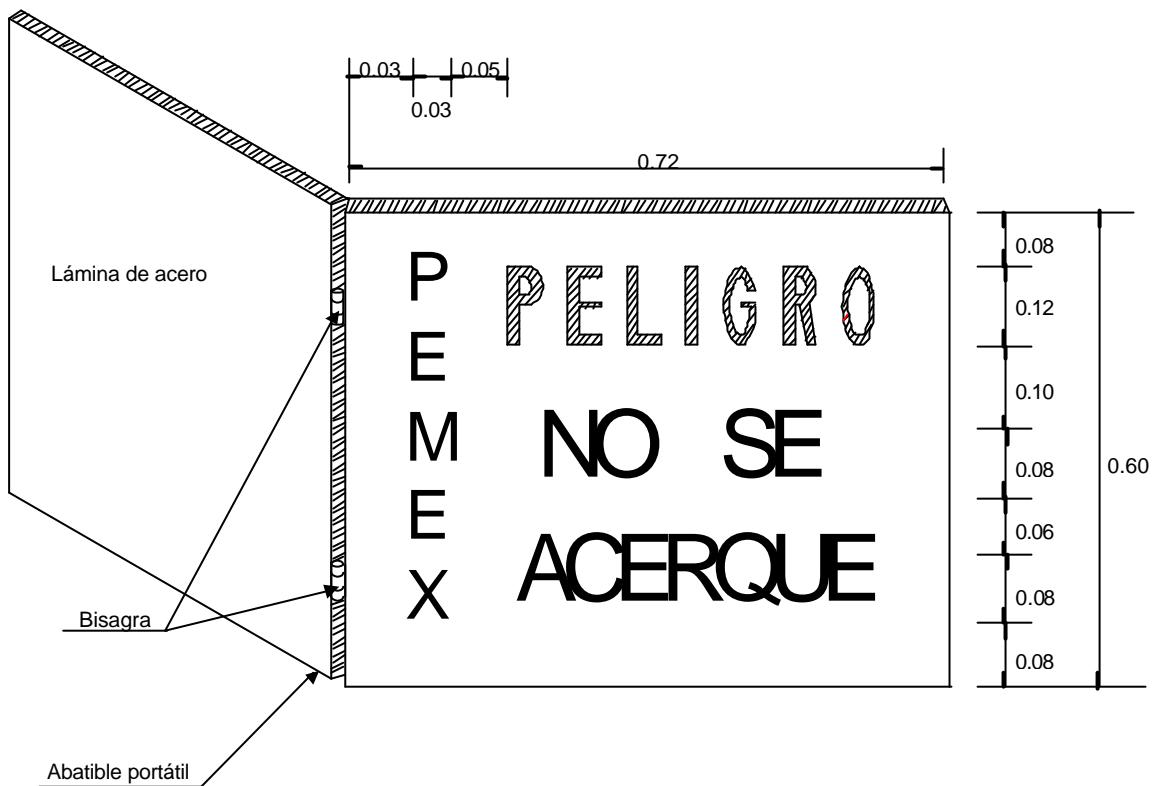


Figura H.5. Señal tipo "VII".

 PEMEX	TUBERIA DE RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO PARA RECOLECCION Y TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y FLUIDOS CORROSIVOS LIQUIDOS.	No. de Documento NRF-012-PEMEX-2001
COMITÉ DE NORMALIZACION DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS		Rev.: 0
DOCUMENTO NORMATIVO		PÁGINA 66 DE 67

15 – abril - 2001

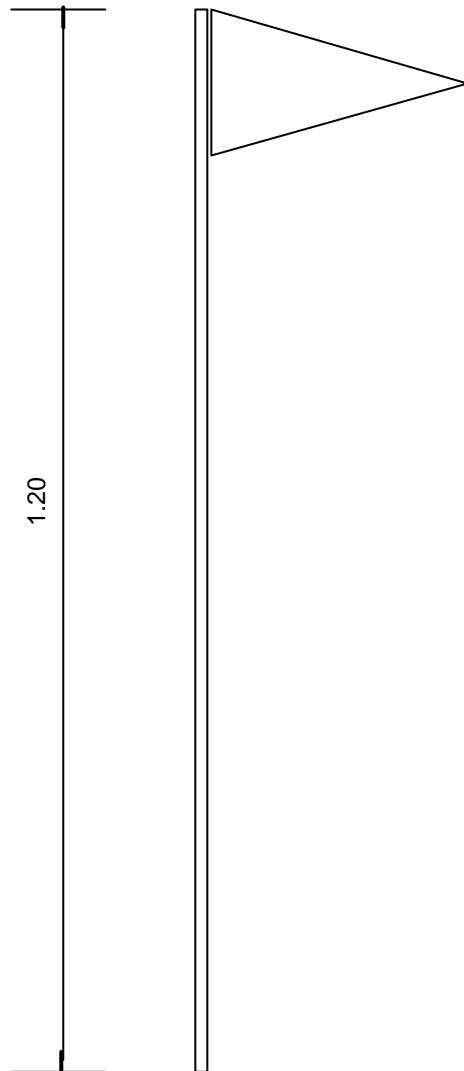
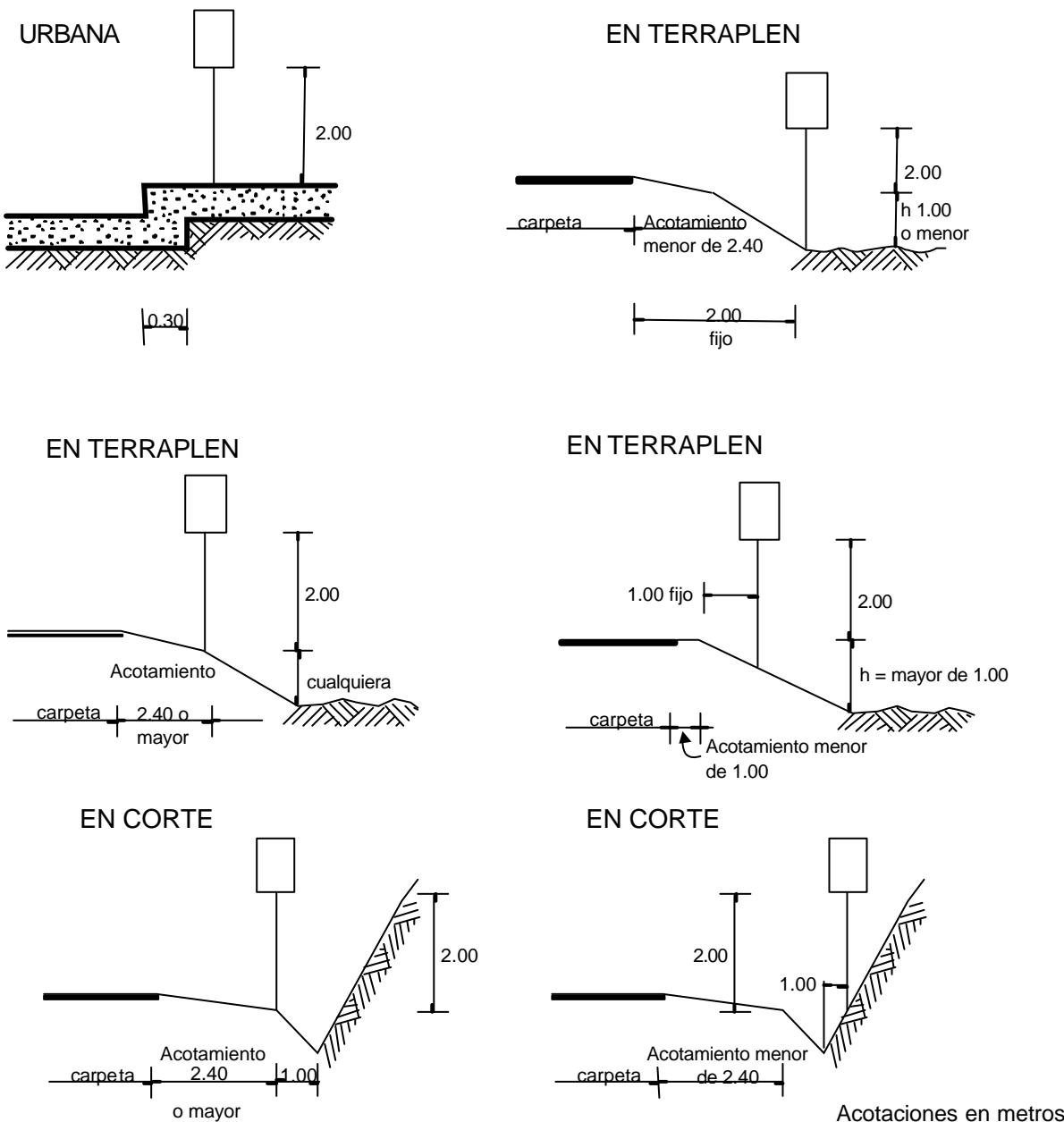


Figura H.6. Señal tipo “VIII”.


Figura H.7. Colocación de señal tipo “IV”.