


<p>N° de Documento: NRF-072-PEMEX-2004</p>	<div data-bbox="862 140 1146 216" data-label="Image"> </div> <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>
<p>Rev.: 0</p>	
<p>19 de junio de 2004</p>	<p>SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN</p>
<p>PÁGINA 1 DE 50</p>	

MUROS CONTRA INCENDIO

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 2 de 50
---	------------------------------	--

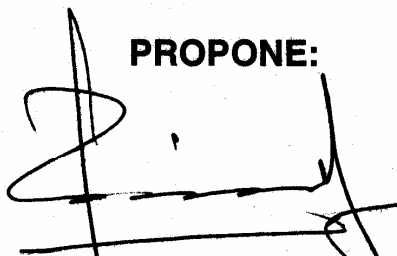
HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA:



ING. MANUEL PACHECO PACHECO
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:




ING. LUIS RAMÍREZ CORZO
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

AUTORIZA:




ING. VÍCTOR RAGASOL BARBEY
PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS
MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS



 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 3 de 50
---	------------------------------	--

CONTENIDO

CAPÍTULOS	PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETIVO.....	4
2. ALCANCE.....	5
3. CAMPO DE APLICACIÓN.....	5
4. ACTUALIZACIÓN.....	5
5. REFERENCIAS.....	5
6. DEFINICIONES.....	6
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	10
8. DESARROLLO.....	11
8.1 Generalidades.....	11
8.2 Aspectos de seguridad.....	12
8.3 Plataformas marinas.....	17
8.4 Instalaciones terrestres.....	23
9. RESPONSABILIDADES.....	46
10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.....	47
11. BIBLIOGRAFÍA.....	47
12. ANEXOS.....	50
12.1 ANEXO 1 Metodología para la determinación de un escenario de fuego.....	50

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 4 de 50
--	------------------------------	--

0. INTRODUCCIÓN.

Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios en cumplimiento al decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 20 de mayo de 1997 y conforme a la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas; expide la presente norma de referencia a fin de que se utilice en el diseño, selección, construcción, instalación y mantenimiento de muros contra incendio.

El requerimiento de la implementación de muros contra incendio, se origina debido a los eventos probables de derrame y fuga de hidrocarburos, con consecuencias de fuego y explosión en las instalaciones de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios. Estos dispositivos tienen como objetivo contener e impedir la propagación del fuego y/o una onda expansiva, mediante la utilización de materiales resistentes al fuego, permitiendo así el confinamiento y aseguramiento de áreas de alto riesgo. En virtud de lo anterior es necesario realizar un análisis de riesgo para identificar y valorar el riesgo en cada instalación.

Cabe hacer notar que el análisis de riesgo no forma parte de este documento, sin embargo debe realizarse invariablemente antes de determinar la necesidad de utilizar muros contra incendio.

Con la declaratoria de vigencia de ésta norma de referencia se deja sin efecto y cancela a la Especificación Técnica No. P.9.1010.01. Edición de septiembre de 2002.

En la elaboración de este documento participaron las instituciones siguientes:

Pemex Corporativo.

Pemex Exploración Producción.

Pemex Gas y Petroquímica Básica.

Pemex Petroquímica.

Pemex Refinación.

Instituto Mexicano del Petróleo.

Cámara Nacional de la Industria de la Transformación.


Confederación de Cámaras Industriales.

Colegio de Ingenieros Petroleros.

DuraSystems Barriers Inc.

1. OBJETIVO.

Establecer los requerimientos y características mínimas de carácter obligatorio que se deben cumplir en el diseño, adquisición, instalación y mantenimiento de muros contra incendio, que demanden las instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 5 de 50
--	------------------------------	--

2. ALCANCE.

Esta norma de referencia contempla los requisitos mínimos que deben considerarse en los rubros de seguridad, diseño de integridad estructural, materiales, instalación y mantenimiento de los muros contra incendio, tomando como base los resultados del análisis de riesgo, el cual debe ser realizado en forma específica para la instalación correspondiente.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma es de aplicación general y observancia obligatoria en el diseño, selección, adquisición, fabricación, instalación y mantenimiento de muros contra incendio para todas las instalaciones de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios. Debe ser incluida en los procedimientos de contratación como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante. Dicha contratación debe efectuarse mediante licitación pública, invitación restringida a cuando menos tres proveedores o contratistas, o bien mediante adjudicación directa.

4. ACTUALIZACIÓN.

Las sugerencias para la revisión de la presente norma, deben enviarse al Secretario Técnico del Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Exploración y Producción, quien debe programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas, y en su caso, procederá a través del Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, a inscribirla en el Programa Anual de Normalización de Pemex. Esta norma se debe revisar y actualizar, cada cinco años o antes si las sugerencias de cambio o recomendaciones lo ameriten.

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito al:

Subcomité Técnico de Normalización Pemex Exploración y Producción.

Unidad de Normatividad Técnica.

Dirección: Bahía de Ballenas # 5, Planta Baja.

Col. Verónica Anzures, México, D.F. C.P. 11300.

Teléfono directo: 19-44-92-86.

Conmutador: 19-44-25-00, ext. 3-80-80.

Fax: 3-26-54.

E-mail: mpachecop@pep.pemex.com.


5. REFERENCIAS.

5.1 NOM-008-SCFI-2002 "Sistema general de unidades de medida".

5.2 NMX-B-457-1988 "Varillas corrugadas de acero de baja aleación procedentes de lingote o palanquilla para refuerzo de concreto".

5.3 NRF-003-PEMEX-2000 "Diseño y evaluación de plataformas marinas fijas en la Sonda de Campeche".

5.4 NRF-049-PEMEX-2001 "Inspección de bienes y servicios".

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 6 de 50
--	------------------------------	--

6. DEFINICIONES.

6.1 Absorción de agua.

Es el incremento en porcentaje, respecto a la masa seca de un material sólido, como resultado de la penetración de agua en sus poros permeables hasta llenarlos.

6.2 Acero de alta tenacidad.

Acero de bajo contenido de carbono, de baja aleación y de alta resistencia el cual puede soportar cargas dinámicas súbitas sin fracturarse de manera frágil.

6.3 Aislamiento térmico.

Propiedad de un material o de un elemento de construcción, consistente en dificultar la transmisión del calor a través de éste, generalmente por ser mal conductor del mismo o por poseer alta capacidad de reflejarlo, adicionalmente podrá aislar térmicamente un área de otra de la onda de radiación de calor.

6.4 Análisis de riesgo.

Consiste en la identificación, análisis y evaluación sistemática de los riesgos asociados a fallas en los sistemas de control, los sistemas mecánicos, los factores humanos y las fallas en los sistemas administrativos que afectan la seguridad de las operaciones de la empresa, y sus resultados deben proporcionar por lo menos los siguientes parámetros como definir categoría del riesgo y determinación de escenario de fuego, necesarios para determinar las características de resistencia al fuego y a la onda expansiva así como el nivel y tipo de protección que requiere una instalación.

6.5 Atenuación térmica.

Es la propiedad física que presentan algunos materiales de disminuir el paso del flujo de calor a través de ellos, lo cual genera un diferencial de temperaturas entre la cara del material expuesta al fuego y la que no lo está.

6.6 Bar.


Es la presión ejercida por una fuerza de un millón de dinas actuando sobre una superficie de un centímetro cuadrado. Siendo la dina una unidad de fuerza que, aplicada durante un segundo a una masa de un gramo le imprime una velocidad de un cm/s.

6.7 Cemento.

Mezcla de sustancias con propiedades cohesivas y adhesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo.

6.8 Combustible.

Es aquel compuesto capaz de experimentar combustión en contacto con el aire y una fuente de calor o de ignición, a presión atmosférica y temperatura ambiente.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 7 de 50
--	------------------------------	--

6.9 Combustión.

Reacción exotérmica de una sustancia combustible con un oxidante. El fenómeno viene acompañado generalmente por una emisión luminica en forma de llamas o incandescencia con desprendimiento de productos volátiles y/o humos, y puede dejar un residuo de cenizas.

6.10 Conductividad térmica.

Es la cantidad de calor transmitida a través de una unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor, dividida por la diferencia de temperaturas entre caras caliente y fría, en condiciones estacionarias.

6.11 Corrosión.

Deterioro o destrucción por oxidación de una sustancia o material.

6.12 Derrame.

Emisión de hidrocarburos, sustancias químicas o cualquier otra materia que provenga de un descontrol o accidente ocurrido en instalaciones petroleras.

6.13 Deformación.

Variación en forma y dimensiones de una pieza sujeta a una fuerza externa, cuando desaparece al cesar la fuerza que la provoca es elástica y permanente cuando al cesar la fuerza, la pieza conserva la variación.

6.14 Documento normativo.

Denominación de las disposiciones que regulan los procesos y actividades de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, tales como: políticas, lineamientos, especificaciones, manuales, procedimientos e instructivos; así como, leyes, reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas, Normas Mexicanas, Normas de Referencia y Normas Internacionales.

6.15 Escenario de fuego.


El escenario de fuego es un espacio tridimensional generado por la liberación de fluidos combustibles o inflamables capaces de quemarse por largo tiempo y con suficiente intensidad para causar un daño substancial al personal, a las instalaciones y al ambiente.

6.16 Estabilidad estructural.

Capacidad de un elemento estructural cargado o no, de resistir el colapso bajo la acción del fuego por un determinado periodo de tiempo.

6.17 Estratigrafía.

Estudio del suelo formado por diferentes capas o estratos de material sedimentario (roca, arena, arcilla, limo, etc.).

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 8 de 50</p>
--	-------------------------------------	--

6.19 Explosión.

Expansión violenta de gases que se producen por una reacción química o un efecto físico, de algunos materiales que dan lugar a fenómenos acústicos, térmicos y mecánicos.

6.20 Exposición al fuego.

Es la acción de someter un material o una estructura a un alto flujo de calor proveniente de una fuente externa, con o sin contacto de la flama.

6.21 Fenómenos naturales.

Manifestaciones físicas fuera de lo común que repercuten en la biosfera, modificando temporalmente las condiciones de vida de los diversos sistemas ecológicos que se vean involucrados por la presencia de los mismos.

6.22 Ignición.

Inicio de la combustión, evidenciada por brillo o flama o explosión.

6.23 Incendio.

Fuego que se desarrolla sin control en el tiempo y en el espacio.

6.24 Inflamable.

Es todo Material que tiene su punto de inflamación por debajo de los 38 °C.

6.25 Muro contra incendio.

Es un muro separador de áreas de alto riesgo cuyo propósito es evitar la propagación del fuego de un lugar a otro y soportar, en caso de que así se requiera, la onda expansiva provocada por una explosión. Se considera como una protección pasiva, tiene una clasificación de resistencia al fuego y una estabilidad estructural.

6.26 Materiales inflamables.

Es todo Material que son líquidos y gases inflamables y/o explosivos.

6.27 Materiales Termoaislantes.


Materiales que de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas son aislantes del calor.

6.28 Onda expansiva.

Onda de sobrepresión que viaja hacia el exterior de su fuente generadora, ocasionando un cambio transitorio en la densidad, presión y velocidad del aire circundante al punto de una explosión.

6.29 Penetraciones.

Horadaciones efectuadas a los muros contra incendio con el propósito de incluir puertas, tuberías de proceso, cables eléctricos y/o de instrumentos.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 9 de 50</p>
--	-------------------------------------	--

6.30 Periodo de resistencia al fuego.

Lapso durante el cual un material o componente se mantiene ante el fuego bajo las condiciones especificadas de prueba y comportamiento.

6.31 Perlita.

Es un mineral silicoso, molido, mallado y secado para producir una veta cruda. Tiene la forma de partículas de varios tamaños, con un peso específico entre 960 a 1,200 kg/m³. Material de construcción no combustible, que al utilizarse como agregado en cementos y concretos, proporciona un aislamiento térmico hasta por 4 horas.

6.32 Pirolisis.

Es un proceso químico en el que se fraccionan las cadenas que componen a los hidrocarburos cuando se aplican o exponen a temperaturas elevadas.

6.33 Protección pasiva.

Sistema que por su propia naturaleza juega un papel inactivo en la protección al personal y a las instalaciones, del daño generado por un fuego.

6.34 Prueba Charpy.

Prueba de impacto utilizada en materiales para determinar la energía necesaria para fracturarlos. Los parámetros de control de la prueba son la distancia y el tipo de material.

6.35 Radiación térmica.

La transmisión de calor a partir de una fuente irradiante en forma de ondas electromagnéticas.

6.36 Recubrimiento.

Es un líquido o semilíquido que al secar forma un acabado protector, adecuado para su aplicación a aislamientos térmicos u otras superficies en espesores de 0.76 mm o menores, por capa.

6.37 Resistencia al fuego.


Capacidad de un elemento de construcción, componente, equipo o estructura de conservar durante un tiempo determinado la estabilidad y/o integridad estructural y el aislamiento térmico.

6.38 Resistencia al impacto (elasticidad).

Es la cualidad para soportar golpes o choques mecánicos sin daños serios que afecten la utilidad del material o del sistema.

6.39 Riesgo.

Probabilidad de sufrir pérdidas tanto de vidas humanas como en bienes o capacidad de producción, expresada en la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 10 de 50
---	------------------------------	---

6.40 Ruta de evacuación.

Es una ruta libre de obstrucciones desde cualquier punto de una instalación hacia las áreas de seguridad definidas en el plan de emergencia.

6.41 Sobrepresión

Es la fuerza que genera la onda expansiva cuando se produce una reacción violenta por la combustión espontánea de hidrocarburos en fase gas.

6.42 Transferencia de calor.

Es el flujo de calor a través de un área unitaria, debido a cualquiera de las formas de transmitir el calor inducidas por las condiciones prevalecientes. Puede presentarse mediante conducción, convección y radiación, ya sea en forma separada o en cualquier combinación.

6.43 Vermiculita.


Es un mineral que se procesa para producir un concentrado de alta pureza en forma de hojuelas de tamaño y espesor variables. Material de construcción no combustible que se utiliza como agregado en los materiales cementosos o en el concreto reforzado, proporcionando un aislamiento térmico hasta por 4 hrs. Además, proporciona resistencia a la fractura por impacto.

6.44 Vida útil.

Tiempo durante el cual el muro no pierde sus características ni sus propiedades físicas para las cuales fue diseñado y construido.

7. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.

- 7.1 g** Aceleración de una partícula por efecto de gravedad
- 7.2 ° C** Temperatura Celsius
- 7.3 h** Hora (valor en SI ; 1 h= 3600 s)
- 7.4 ISO** Organización Internacional de Normalización.
- 7.5 K** Temperatura termodinámica (Kelvin)
- 7.6 Kg / m³** Masa volúmica, masa dividida por el volumen
- 7.7 Kpa** Coeficiente de presión
- 7.8 N / mm²** Presión tensión mecánica
- 7.9 MPa** Presión (pascal)
- 7.10 min** Minuto, valor en SI 1 min = 60 s
- 7.11 M² / Kg** Coeficiente de transferencia de energía másica.
- 7.12 PEMEX** Petróleos Mexicanos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 11 de 50
---	------------------------------	---

7.13 rad Angulo plano entre dos radios de un círculo

7.14 SNMM Sobre el nivel medio del mar.

7.15 $W / M^2 * K$ Coeficiente de transferencia de calor

8. DESARROLLO.

8.1 Generalidades.

Los muros contra incendio deben diseñarse para mantener sus características de integridad estructural durante una exposición al fuego directo ocasionado por la combustión de los hidrocarburos que se encuentran presentes en las instalaciones petroleras.

Los muros contra incendio deben tener la rigidez estructural que soporte una onda expansiva generada por una explosión. Otras cargas, como las cargas sísmicas o diferentes presiones debidas al viento que pueden regir el diseño deben ser consideradas de acuerdo con lo establecido en esta norma de referencia.

Los muros contra incendio deben construirse con materiales que resistan condiciones ambientales extremas, tales como ambientes corrosivos, salinidad, temperatura, humedad del ambiente, ataque de insectos o microorganismos y sin favorecer al desarrollo de hongos.


Los muros contra incendio no deben estar sujetos a cargas directas después de su montaje, debidas a equipos de proceso, tuberías accesorios o por elementos estructurales diferentes a las penetraciones consideradas durante el diseño original.

Los muros deben ser resistentes a la vibración constante originada por equipo dinámico, tales como tuberías, motogeneradores, equipos de perforación, potabilizadoras, grúas, compresores, entre otros.

En caso de que se requiera contar con accesos de evacuación o salidas a rutas de escape a través de los muros, deben diseñarse puertas contra incendio, con características similares a las del muro para mantener la integridad del mismo cumpliendo así, con los parámetros establecidos en el análisis de riesgo. Por lo que la resistencia al fuego, a la onda expansiva y a condiciones ambientales extremas deben ser las mismas que las consideradas durante el diseño del muro contra incendio, asimismo deben ser fabricadas del mismo material que éste.

En caso de requerirse penetraciones posteriores en los muros contra incendio a las consideradas durante la etapa de diseño, ya sea por necesidades de proceso u operativas, éstas deben ser avaladas previamente por medio de un análisis estructural y de riesgo del sitio en cuestión (área de procesamiento y el mismo muro). El diseñador debe asegurarse que dichas penetraciones, no degraden la integridad estructural ni la capacidad de resistencia al fuego de los muros y aporten con los materiales que las van a integrar el mismo desempeño de éstos (resistencia al fuego, a la onda expansiva, a fenómenos atmosféricos). Cualquier modificación (penetración), debe sujetarse al programa de administración de cambios establecido en cada instalación y, en la medida de lo posible, éstas deben hacerse en la parte superior o inferior de los muros. Adicionalmente toda modificación, alteración o actividad relacionada con los muros, debe realizarse en estricto acuerdo con el manual de mantenimiento e instrucciones del fabricante.

El fabricante de los muros contra incendio debe asegurar técnicamente la vida útil de estos por un periodo igual al de la instalación en donde serán construidos.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 12 de 50</p>
--	-------------------------------------	---

8.2 Aspectos de seguridad.

Es un requerimiento esencial de seguridad la separación de fuentes de ignición de las de combustible, sin embargo, en ocasiones las limitaciones de espacio hacen imposible o poco práctico el tener ésta separación. El uso de muros contra incendio tiene la finalidad de aislar, proteger y/o confinar áreas de alto riesgo en plataformas marinas e instalaciones terrestres. Las áreas mencionadas incluyen cuartos de control, cuartos de compresores, patios de transformadores, subestaciones eléctricas, cuartos de mantenimiento, áreas de bombas contra incendio, límites de batería de la propia planta y equipo de proceso crítico, sin excluir aquellas que resulten del análisis de riesgo.

Es importante evaluar la necesidad de instalar muros contra incendio en las plantas de procesamiento y manejo de hidrocarburos, donde el fuego generado por un siniestro con hidrocarburos puede debilitar rápidamente los soportes estructurales de equipo y edificios, debido a altas temperaturas que pueden alcanzarse, provocando que se colapsen o presenten fallas estructurales.

Los muros contra incendio protegen a equipos y edificaciones de exponerse a altas temperaturas durante un siniestro; asimismo, tienen la función de proporcionar al personal operativo rutas de evacuación seguras sin exponerse a altos niveles de radiación y de facilitar la aplicación del plan de respuesta a emergencias.

8.2.1 Ubicación de muros contra incendio.

La ubicación y selección correcta de los muros contra incendio permiten restringir los efectos de un evento de fuego o explosión, mediante la absorción de la energía térmica y/o de la onda expansiva a un área específica evitando su propagación.

La ubicación y parámetros de protección, de los muros contra incendio, como los indicados en el numeral 8.2.4, deben ser definidos por un análisis de riesgo particular para este propósito, que permita a su vez, identificar y clasificar las áreas de riesgo.


En forma complementaria a lo establecido por los resultados del análisis de riesgo, es necesario considerar los espacios disponibles en las plataformas marinas e instalaciones terrestres, el arreglo de los equipos y de tuberías, las rutas de evacuación y los equipos y dispositivos críticos, para determinar la ubicación precisa de los muros contra incendio. También, se debe tomar en cuenta que exista una adecuada ventilación en las áreas protegidas para evitar la acumulación de vapores inflamables y/o tóxicos permitiendo además el funcionamiento adecuado de los equipos de proceso.

Adicionalmente, en instalaciones terrestres se deben considerar los riesgos inherentes a las instalaciones aledañas.

8.2.2 Clasificación de muros contra incendio.

La clasificación de un muro se evalúa con base en sus propiedades de resistencia al fuego durante un periodo de tiempo determinado, antes de que presente disminución en sus propiedades físicas.

Existen dos características fundamentales en la clasificación de los muros contra incendio, una de ellas es el tiempo durante el cual los materiales de construcción, mantienen sus propiedades de estabilidad e integridad, y la otra es el periodo de resistencia al fuego durante el cual el aislamiento térmico mantiene sus propiedades aislantes antes de degradarse.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 13 de 50
---	------------------------------	---

La tabla 1 presenta la clasificación de los tres diferentes tipos de muros contra incendio.

Clasificación	Estabilidad e integridad (minutos)	Aislamiento térmico (minutos)
H-120	120	120
H-60	120	60
H-0	120	0

Tabla 1. Clasificación de muros contra incendio

La letra "H" en la clasificación indica que el sistema está probado para resistir un fuego generado por hidrocarburos a una temperatura aproximada de 1423.16 K (1,150 °C), durante un periodo de dos horas.

H-0: Muro contra incendio para fuego generado por hidrocarburos, manteniendo su estabilidad estructural e integridad de sus propiedades físicas durante un periodo de 2 horas.

H-60: Muro contra incendio para fuego generado por hidrocarburos, manteniendo su estabilidad estructural e integridad de sus propiedades físicas durante un periodo de 2 horas y un aislamiento térmico de 60 minutos.

H-120: Muro contra incendio para fuego generado por hidrocarburos, manteniendo la estabilidad estructural e integridad de sus propiedades físicas durante un periodo de 2 horas y un aislamiento térmico de 120 minutos.

Para mayor referencia consultar las prácticas recomendadas por el Instituto Americano del Petróleo (API-RP2A-WSD).


8.2.3 Categorías de riesgo en instalaciones petroleras.

Se establecen tres categorías de riesgo considerando el volumen de gas liberado o líquido inflamable y la probabilidad de formación de nubes explosivas.

- a) **Categoría I.** Cuando el material inflamable liberado sea superior a 15 toneladas. En esta categoría se consideran todas aquellas instalaciones que procesan materiales inflamables con el potencial de formar una nube de vapor de magnitud y reactividad suficiente, capaz de producir una explosión.
- b) **Categoría II.** Cuando el material inflamable liberado esté comprendido entre 2 y 15 toneladas. En esta categoría se consideran todas aquellas instalaciones que manejan, transportan y procesan materiales inflamables, en condiciones tales que el tamaño de la nube o la naturaleza química del material liberado, tiene poca probabilidad de producir una explosión.
- c) **Categoría III.** Cuando el material inflamable liberado sea inferior a 2 toneladas. En esta categoría se consideran todas aquellas instalaciones que manejan, transportan y procesan materiales que no producen nubes de vapor inflamables al ser liberados. Las instalaciones incluidas en esta categoría contienen solo pequeñas cantidades de materiales inflamables en las corrientes de proceso, que no explotan aun cuando una liberación pudiera ocurrir.

8.2.4 Escenarios de fuego.

Con el fin de suministrar la protección más adecuada contra los efectos de un incendio, deben evaluarse cada una de las operaciones de perforación, separación, producción y/o procesamiento de hidrocarburos

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 14 de 50
--	------------------------------	---

involucrados, así como determinar su potencial para producir nubes de vapor inflamables, explosivos y su dispersión.

Para determinar el nivel o el grado de protección que se requiere en una instalación y la viabilidad de instalar muros contra incendio deben primero definirse los siguientes aspectos:

- a) El escenario de fuego probable a ocurrir de acuerdo al material liberado.
- b) Las características del flujo de calor desde su origen hacia los miembros estructurales de equipos y/o edificios, ya sea que estén protegidos o no.
- c) Las propiedades que presenta el acero a temperaturas de 1423.16 K, (1,150°C) y mayores, con el cual están fabricados los elementos estructurales de equipos y/o edificios a proteger.
- d) Las características de los sistemas de protección contra fuego (activos o pasivos).

El escenario de fuego establece el tipo de fuego, localización, geometría e intensidad. Los tipos de fuego más comunes en una instalación petrolera son: de charco, chorro, bola de fuego e instantáneo. La localización y geometría del fuego define la posición relativa de la fuente de calor hacia equipos de proceso adyacentes y miembros estructurales de soporte de tuberías y equipos, mientras que la intensidad térmica define el nivel de radiación emanado de la fuente de calor. Tanto el escenario de fuego como sus características deben definirse durante el desarrollo del análisis de riesgo.

El escenario de fuego es un espacio tridimensional generado por la liberación de fluidos combustibles o inflamables capaces de quemarse por largo tiempo y con suficiente intensidad para causar un daño substancial al personal, a las instalaciones y al ambiente.


Otro de los aspectos importantes de un escenario de fuego es conocer el espacio que ocupa durante su desarrollo. Para el caso de fuegos generados por hidrocarburos líquidos combustibles no presurizados sus dimensiones son generalmente de 6 a 12 metros, tanto horizontal como verticalmente desde la fuente de emisión del líquido combustible. Para fuegos por charco, la periferia del fuego está delimitada por las acotaciones que se tengan para la contención del derrame. Para fuegos tipo chorro, las dimensiones dependen del tipo de sustancia, de la presión a la cual se encuentra antes de la liberación y de la cantidad liberada.

8.2.5 Desarrollo de un escenario de fuego.

La realización del análisis de riesgo para la Identificación de peligros y eventos peligrosos en la determinación del Muro Contra incendio es requerimiento fundamental.

Para el buen desarrollo de esta norma, se debe de contar con un análisis y evaluación de riesgos. Dicho análisis y evaluación de riesgos se deben llevar a cabo tanto en los procesos de instalaciones nuevas como existentes, que sufran modificaciones en su proceso o en los que no cuenten con dichos análisis. Se debe considerar el riesgo sobre el personal, medio ambiente, producción, equipo e imagen corporativa de la empresa. El objetivo de un análisis de riesgo es la identificación de riesgos de proceso, una vez identificados los mismos, se lleva a cabo su valoración (frecuencia/consecuencia) y posteriormente se debe decidir si ese riesgo es tolerable o no basándose en los criterios de aceptación del riesgo específico para el sistema y/o instalación definidos por Pemex.

Una vez determinados los escenarios, así como las áreas que se vean potencialmente susceptibles a fuego y / o explosión, la información se emplea para definir la características del muro así como su mejor ubicación. Por lo que los resultados del análisis de riesgo deben constituir los datos de entrada para la determinación del muro contra incendio

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 15 de 50
--	------------------------------	---


8.2.6 Características de resistencia al fuego.

La protección pasiva contra fuego mantiene aisladas las estructuras del calor cuando estén sujetas a la exposición de un fuego, para prevenir que se colapsen o tengan fallas estructurales. Además, esta protección está diseñada para salvaguardar equipos y personal operativo, manteniendo una temperatura dada en un periodo de tiempo, dependiendo del escenario de fuego.

Los muros contra incendio deben tener la capacidad de resistir una temperatura de por lo menos 1423.16 K, (1,150 °C), generada por el fuego de hidrocarburos durante un periodo de resistencia al fuego mínimo de dos horas, sin presentar cambios en sus propiedades de estabilidad e integridad. Asimismo, deben tener la capacidad de soportar el choque térmico originado por la aplicación de agua contra incendio, proveniente de monitores y/o hidrantes al momento de combatir el fuego.

8.2.7 Características de resistencia a la onda expansiva.

El escenario de explosión debe desarrollarse como parte del análisis de riesgo, en donde se establezcan el tamaño de la nube de vapor, los valores de sobrepresión generados y la duración de la explosión. Asimismo, se deben desarrollar las curvas de presión - tiempo para poder predecir las cargas por explosión, como se muestra en la figura 1. Los muros contra incendio deben tener la capacidad de resistir la onda expansiva obtenida durante la etapa del análisis de riesgo. En el caso de explosiones que ocurran en áreas no confinadas, el valor de sobrepresión esperado es de 0.7 bar, con una duración de 20 milisegundos. Para el caso de explosiones en áreas parcialmente confinadas, la onda de sobrepresión generalmente alcanza un valor de 1.0 bar, con una duración de 30 milisegundos. En cualquier caso tanto el valor de sobrepresión seleccionado, como su duración, deben sustentarse con el estudio de riesgo correspondiente.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 16 de 50</p>
--	-------------------------------------	--

En la figura 1 se muestra la Curva de presión - tiempo para determinar las cargas por explosión.

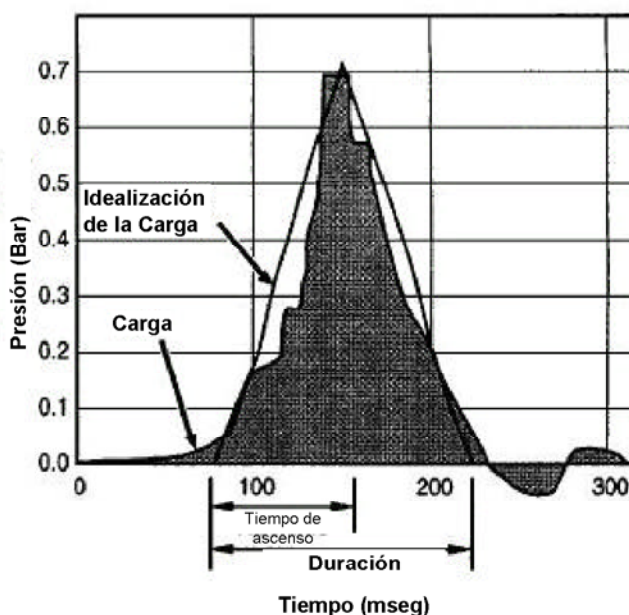


Figura 1. Curva de presión – tiempo para estimar las cargas por explosión

Para mayor referencia consultar las prácticas recomendadas por el Instituto Americano del Petróleo (API-PUB-2218).

8.2.8 Aislamiento térmico.


El aislamiento térmico debe aplicarse en los casos donde exista personal operativo o equipo crítico de forma permanente que pueda quedar expuesto a altos niveles de radiación térmica, La cara del muro no expuesta al fuego se debe mantener a temperaturas bajas como se indica a continuación:

a) Aislamiento térmico H-60.

Cuando por la exposición al fuego directo de hidrocarburos, en la cara expuesta del muro se alcance una temperatura por radiación de por lo menos 1423.16 K, (1,150°C), debe registrarse en la superficie de la cara no expuesta al fuego (cara fría) una temperatura máxima de 413.16 K, (140°C) por un lapso mínimo de 1 hora (ver tabla 6).

b) Aislamiento térmico H-120.

Cuando por la exposición al fuego directo de hidrocarburos, en la cara expuesta del muro se alcance una temperatura por radiación de por lo menos 1423.16 K, (1,150°C), debe registrarse en la superficie de la cara no expuesta al fuego (cara fría) una temperatura máxima de 413.16 K, (140°C) por un lapso mínimo de 2 horas (ver tabla 7).

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 17 de 50
--	------------------------------	---

8.3 Plataformas marinas.

8.3.1 Integridad estructural.

8.3.1.1 Diseño por viento. Todos los muros contra incendio deben ser diseñados para resistir cualquier fenómeno atmosférico con velocidades máximas de viento, en condiciones normales de 57 km/h y 223 km/h en condiciones de tormenta. Estas velocidades con tiempo promedio de una hora, están referidas a 10 metros SNMM y corresponden a los valores máximos establecidos en la Norma de Referencia NRF-003-PEMEX-2000.

Los muros contra incendio deben contar con un sistema de apoyo o soporte que transmita las fuerzas generadas por la acción del viento sobre ellos, hacia elementos estructurales con la suficiente capacidad para absorber estas cargas sin sufrir deformaciones excesivas y sin que se rebasen las propiedades mecánicas del material, indicado en la tabla 5.

- a) **Estimación de las fuerzas máximas debidas al viento.** Las fuerzas máximas provocadas por la acción del viento a elevaciones de 10 m SNMM se deben determinar mediante la siguiente ecuación:

$$F_v = \left(\frac{w}{2g} \right) C V_F^2 A \quad (1)$$

Donde:

F_v = Fuerza generada por el viento en kg fuerza

w = Densidad del aire (1.225 kg/m³ a condiciones estándar, ver tabla 2)

C = Coeficiente de forma de la construcción (adimensional, ver tabla 3)

V_F = Velocidad de diseño del viento en condiciones normales o de tormenta en m/s

A = Área expuesta bajo la acción del viento en metros

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²)


Temperatura (K)*	Densidad (kg/m ³)
283.16	1.249
288.66	1.225
293.16	1.205
298.16	1.184
303.16	1.164
308.16	1.147

*1° C es equivalente a 273.16 K

Tabla 2. Valores de densidad del aire.

Formas	Coeficiente (C)
Superficie paralela a la dirección del viento	1.5
Superficie perpendicular a la dirección del viento	1.0

Tabla 3. Valores típicos de coeficientes de forma.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 18 de 50
---	------------------------------	---

Estimación de velocidades del viento a elevaciones diferentes a los 10 m SNMM. La velocidad y dirección del viento cambia en el espacio y el tiempo. En el caso de las estructuras marinas, una escala típica para el registro de las propiedades estadísticas de las velocidades de viento, toma periodos promedios de una hora sin variación horizontal pero considerando los cambios en la elevación respecto al nivel del mar.

Perfil medio del viento. El perfil medio de las velocidades promedio del viento para una hora, con una elevación z debe ser evaluado mediante la siguiente ecuación:

$$V(1hr, z) = V(1hr, z_R) \left(\frac{z}{z_R} \right)^{0.125} \quad (2)$$

Donde:

z_R = Elevación de referencia (10 m SNMM)

La velocidad de diseño del viento (V_F) en condiciones normales esta representado por la ecuación 2.

Sin embargo, si se requieren conocer los valores medios altos del viento (ráfagas), se debe acortar el intervalo de observación (3, 5 y 15 segundos o 1 minuto). Entonces la velocidad de diseño del viento se representa por medio de la siguiente ecuación:

$$V_F = V(1hr, z) G(t, z) \quad (3)$$

Factor de ráfaga del viento. El factor de ráfaga se calcula con la siguiente ecuación:

$$G(t, z) = 1 + g(t) I(z) \quad (4)$$

Donde:

$G(t, z)$ = Factor de ráfaga

$I(z)$ = índice de turbulencia (adimensional, emplear las ecuaciones 5 y 6)

t = Tiempo de duración de la ráfaga en segundos

$g(t)$ = Factor dimensional (emplear la ecuación 4)


El factor $g(t)$ se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$g(t) = 3.0 + \ln \left(\frac{3}{t} \right)^{0.6} \quad \text{para } t \geq 60 \text{ seg} \quad (5)$$

Índice de turbulencia del viento. Es la relación entre la desviación estándar de la velocidad del viento normalizado y el valor medio de la velocidad del viento dado para una hora. Se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$I(z) = 0.15 \left(\frac{z}{z_R} \right)^{-0.125} \quad \text{para } z \leq z_R \quad (6)$$

$$I(z) = 0.15 \left(\frac{z}{z_R} \right)^{-0.275} \quad \text{para } z > z_R \quad (7)$$

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 19 de 50
---	------------------------------	---

8.3.1.2 Diseño por sismo. Los parámetros sísmicos especificados en la NRF-003-PEMEX-2000, así como los análisis contemplados en esta norma, aplican para el diseño específico de muros contra incendio para estructuras nuevas.

Para el caso de plataformas marinas fijas existentes se debe realizar un análisis sísmico estático para determinar las fuerzas de diseño del muro.

8.3.1.3 Diseño por explosión. Para realizar el diseño de muros ante una explosión, se establecen dos procedimientos de análisis: el método simplificado que consiste en calcular la respuesta estructural (fuerzas, momentos y desplazamientos) mediante un análisis estático, considerando el nivel de sobrepresión establecido por el análisis de riesgo, como una carga uniformemente distribuida sobre la cara frontal del muro. En caso de que sea necesario optimizar el diseño por limitaciones de espacio o peso de los muros, se requiere hacer un análisis en el cual la respuesta ante cargas explosivas se debe determinar a través de un análisis dinámico no lineal de elementos finitos o bien, a través de un análisis elastoplástico, basado en analogías de sistemas de un grado de libertad.

Las cargas originadas por una explosión están caracterizadas por una distribución de presión espacial y temporal (ver figura 1). Los parámetros temporales más importantes relacionados con una curva típica de explosión son: tiempo de ascenso (t_a), presión máxima ($P_{máx}$) y duración del pulso (t_d).

8.3.2 Clasificación y selección de materiales de construcción.

A continuación, se definen las propiedades mínimas requeridas de los materiales a emplearse en la construcción de muros contra incendio, para garantizar su integridad estructural ante fuego, explosión y fenómenos naturales (viento y sismo), así como, ante la exposición al ambiente marino, la proliferación de microorganismos u hongos, corrosión, la absorción de agua y la vibración causada por equipos dinámicos.

El material para la construcción de los muros contra incendio debe seleccionarse de acuerdo a lo establecido en la tabla 1 de esta norma, y además, cumplir con los requerimientos indicados en las tablas 4, 5, 6 y 7 que se describen en las secciones subsecuentes.


8.3.2.1 Selección de materiales de construcción. Tomando como base los requerimientos establecidos con anterioridad para este tipo de instalaciones, debe utilizarse el acero como el material de construcción que por sus propiedades químicas y mecánicas, presenta la capacidad de resistir sin deformarse o colapsarse los fenómenos anteriormente descritos.

Los materiales de construcción deben ser prefabricados en secciones o módulos, que faciliten su colocación sin alterar o modificar los arreglos de tuberías en plataformas marinas. Las caras metálicas de los paneles que constituyen a los muros contra incendio, deben ser de acero inoxidable, y para instalación en posición vertical u horizontal. Las uniones entre placas, elementos de sujeción, tapas y juntas, deben constituirse de acero inoxidable con las mismas características que el material del cual están conformados los paneles.

Para la fabricación de estructuras metálicas de soporte en los muros contra incendio deben emplearse únicamente aceros de alta tenacidad, que corresponden a los aceros con alta resistencia y baja aleación. Las propiedades mínimas requeridas, están indicadas en las tablas 22 y 23.

La utilización de aceros de alta tenacidad en soportes estructurales debe considerar la aplicación de un recubrimiento anticorrosivo, cuyas propiedades mínimas deben ajustarse a lo establecido en la tabla 24.

Las propiedades químicas y mecánicas del acero inoxidable, así como la especificación del aislamiento térmico requerido se establecen en los párrafos subsecuentes.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 20 de 50
---	------------------------------	---

- a) **Muro tipo "H-0".** Para este tipo de muros las caras metálicas deben ser construidas de un acero inoxidable que reúna las propiedades químicas y mecánicas indicadas en las tablas 4 y 5.

Elemento químico	Porcentaje máximo en peso
Carbono	0.08
Manganeso	2
Fósforo	0.045
Azufre	0.03
Silicio	0.75
Cromo	16 a 18
Níquel	10 a 14
Nitrógeno	0.1
Molibdeno	2 a 3

Tabla 4. Composición química del acero inoxidable.

Propiedades mecánicas	Valores
Resistencia a la tensión	515 MPa mínimo
Límite elástico	205 MPa mínimo
Alargamiento en 50 mm	40 % mínimo
Dureza Rockwell "B"	95 grados máximo


Tabla 5. Propiedades mecánicas del acero inoxidable.

- b) **Muro tipo "H-60".** Para este tipo de muro "H-60" las caras metálicas deben ser construidas de un acero inoxidable que reúna las propiedades químicas y mecánicas definidas en las tablas 4 y 5.

El aislamiento térmico, contenido entre las dos caras metálicas de los muros tipo "H-60", debe tener como función principal el atenuar el nivel de radiación térmica en ambas caras del muro.

El muro "H-60" debe integrar un aislamiento térmico para una hora de servicio, las especificaciones de este aislamiento deben cumplir los parámetros indicados en la tabla siguiente.

Propiedades	Valor requerido
Temperatura de cara fría	413.16 K , (140 °C) máximo
Temperatura de servicio	727.16 K , (454 °C) máx (*)
Densidad	160 kg/m ³ máxima
Espesor	2.54 cm mínimo
Conductividad térmica a una temperatura (K) media de:	W/ m ² K máxima
297	0.036
311	0.039
366	0.049
422	0.062
477	0.079
533	0.101

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 21 de 50
---	------------------------------	---

(*) Valor a partir del cual, se inicia la degradación del aislamiento térmico sin perder sus propiedades aislantes durante 60 minutos.

Tabla 6. Especificación del aislante para muros tipo “H-60”.

- c) **Muro tipo “H-120”.** Para este tipo de muro “H-120” las caras metálicas deben ser construidas de un acero inoxidable que reúna las propiedades químicas y mecánicas definidas en las tablas 4 y 5.

El aislamiento térmico, contenido entre las dos caras metálicas de los muros tipo “H-120”, debe tener como función principal el atenuar el nivel de radiación térmica en ambas caras del muro.

El muro “H-120” debe integrar un aislamiento térmico para dos horas de servicio, las especificaciones de este aislamiento deben cumplir los parámetros indicados en la tabla siguiente.

Propiedades	Valor requerido
Temperatura de cara fría	413.16 K (140 °C) máximo
Temperatura de servicio	922.16 K , (649 °C) máx
Densidad	192 kg/m ³ máxima
Espesor	2.54 cm mínimo
Conductividad térmica a una temperatura (K) media de	W/m ² K máxima
297	0.036
311	0.039
366	0.049
422	0.060
477	0.076
533	0.092
589	0.108
649	0.124

(*) Valor a partir del cual se inicia la degradación del aislamiento térmico, sin perder sus propiedades aislantes durante 120 minutos, como el tiempo requerido para este tipo de muros.


Tabla 7. Especificación del aislante para muros tipo “H-120”.

8.3.3 Instalación.

Es responsabilidad del contratista garantizar el funcionamiento del muro, para lo cual debe proporcionar a Pemex el procedimiento de instalación.

Los elementos de sujeción de los muros contra incendio deben ser tornillos y/o soldadura de un acero inoxidable con las propiedades mecánicas y composición química indicadas en las tablas 4 y 5. Todos los tornillos que sean instalados en los muros, deben protegerse con tetrafloruro de etileno ó nylon con un espesor mínimo de un milímetro, para evitar la formación de pares galvánicos.

Para el caso de perforaciones o cortes durante el proceso de instalación, el fabricante debe recomendar el material que se emplee en el sellado, para que garantice el funcionamiento del muro durante su vida útil.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 22 de 50
--	------------------------------	---

Los muros contra incendio que se instalen en las plataformas marinas deben ser supervisados por el fabricante de los mismos, para garantizar su montaje y entregar los documentos certificables que avalen el cumplimiento de su correcta instalación verificando cada uno de los componentes que los integran.

8.3.4 Inspección, aprobación y aceptación.

8.3.4.1 Inspección. Este aspecto debe ser realizado por PEMEX en el proceso de fabricación e instalación de los muros conforme a lo establecido en la norma de referencia NRF-049-PEMEX-2001 "Inspección de Bienes y Servicios". Esta actividad debe llevarse a cabo conforme al Nivel I de inspección de la clasificación establecida en la misma norma, que se refiere a productos con procesos de fabricación y diseño complejos. Considera la verificación de los siguientes requerimientos:

- a) La ingeniería aprobada.
- b) La calificación de operarios.
- c) Los procesos de fabricación.
- d) La aplicación de las normas y especificaciones del producto.
- e) Los materiales, componentes y sus certificados de calidad.
- f) Las pruebas durante el proceso de fabricación y finales de aceptación.
- g) Los acabados.
- h) Los requerimientos técnicos de proyecto y/o contractuales.
- i) Documental y/u operativa de instrumentos de medición y prueba.
- j) Emitir los reportes de las no conformidades detectadas y dar seguimiento hasta su conclusión.


En forma adicional, se deben verificar las dimensiones de los paneles contra incendio y de los elementos estructurales de apoyo, así como el embalaje y embarque con base a las recomendaciones del fabricante de los muros contra incendio.

Durante la vida útil de los muros el personal de Pemex debe efectuar periódicamente inspecciones visuales a los muros contra incendio, que le permitan identificar posibles anomalías tales como efectos de corrosión, agrietamiento, abolladuras, desprendimiento o desgaste de algunos elementos de apoyo como tornillos, tuercas o soldadura, tanto en los paneles de los muros como en la estructura de apoyo de estos. Se debe elaborar un reporte de los problemas encontrados con el propósito de que el personal a cargo de la instalación establezca en forma preliminar las condiciones en las cuales se encuentra.

Debe elaborarse un programa especializado de inspecciones periódicas que considere tanto el reporte preliminar como las sugerencias del proveedor, el cual debe cumplirse para corroborar el estado físico y estructural de los muros, recubrimientos o pinturas que se le hayan aplicado, generando el reporte de inspección correspondiente. Estas actividades deben llevarse a cabo de acuerdo al programa general de inspección que se establezca para las instalaciones, dependiendo de las condiciones y los procesos presentes en cada caso particular.

Los reportes de la inspección periódica deben retroalimentar al programa de mantenimiento considerado, ya sea el correspondiente a la propia instalación o con base en las recomendaciones del fabricante o proveedor.

8.3.4.2 Aprobación y aceptación. Estos aspectos quedan sujetos a los resultados de la inspección durante el proceso de fabricación e instalación de los muros contra incendio, así como a los aspectos indicados en el numeral 8.4.4.2 de ésta norma de referencia.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 23 de 50
--	------------------------------	---

8.3.5 Mantenimiento.

El fabricante de los muros contra incendio debe proporcionar en forma documental el procedimiento de mantenimiento que sea necesario realizar, para poder garantizar el funcionamiento durante la vida útil del mismo, así como los tiempos en que se requiere efectuar éste. Los trabajos de mantenimiento deben realizarse con personal especializado para tal efecto, utilizando los materiales y herramientas que permitan realizar ésta actividad.

El mantenimiento debe incluir como mínimo las operaciones de limpieza, pintura y reposición de recubrimientos en caso de deterioro, reparación de daños físicos causados por impactos, eliminación de obstrucciones en las rutas de acceso protegidas por el muro, así como el reemplazo o ajuste de los elementos de sujeción.

8.4 Instalaciones terrestres.

8.4.1 Integridad Estructural.

8.4.1.1 Diseño por viento. En la presente sección se establece el procedimiento que debe seguir el fabricante para determinar las velocidades de diseño por viento y las fuerzas mínimas actuantes sobre los muros contra incendio, por lo que es conveniente mencionar que la metodología plasmada a continuación es aplicable sólo a muros diseñados específicamente para instalaciones terrestres. Cualquier otro tipo de construcciones o instalaciones terrestres quedan fuera del alcance de esta norma.

En la determinación de las velocidades de diseño sólo deben ser considerados los efectos de los vientos que ocurren normalmente durante todo el año a lo largo del país y los causados por huracanes en las costas del Pacífico, del Golfo de México y del Caribe.

Es importante señalar que las indicaciones establecidas en esta norma se basan en el Manual de Diseño de Obras Civiles, editado por la Comisión Federal de Electricidad para el Diseño por Viento, y deben ser aplicadas para revisar el aspecto de seguridad de la estructura principal ante el efecto de las fuerzas que generan las presiones producidas por el viento sobre la superficie del muro y que se transmiten al sistema estructural (base o cimentación y muro).

Asimismo, estas indicaciones se deben utilizar en el diseño local de los elementos expuestos de manera directa a la acción del viento, tanto para los elementos estructurales que forman parte de la estructura de apoyo de los muros, como para los que constituyen sólo el recubrimiento.

Los muros deben ser analizados asumiendo que el viento puede actuar sobre sus elementos por lo menos en dos direcciones horizontales, perpendiculares e independientes entre sí $\theta = 0.017$ rad, y $\theta = 1.57$ rad (90°), ver figura 4) y en la dirección diagonal $\theta = 0.785$ rad (45°). Se deben elegir aquellas que representen las condiciones más desfavorables para la estabilidad de la estructura en estudio o parte de la misma.

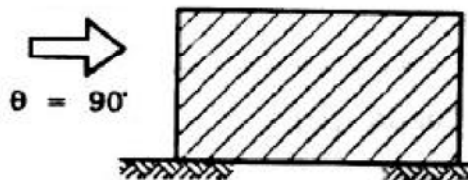



Figura 2. Dirección horizontal del viento.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 24 de 50
---	------------------------------	---

Se debe considerar que la respuesta de los muros es independiente de la influencia favorable o desfavorable, que otras construcciones cercanas pudieran proporcionarles durante la acción del viento. Sin embargo la proximidad y disposición de éstos, pueden generar presiones locales adversas, que deben considerarse en el diseño.

- a) **Velocidad de diseño.** Es un parámetro a partir del cual se calculan los efectos del viento sobre la estructura o sobre alguno de sus componentes y debe obtenerse por medio de la siguiente ecuación:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R \quad (8)$$

Donde:

V_D = Velocidad de diseño del viento en km/h.

F_T = Factor de topografía del terreno, adimensional, ver tabla 9.

F_α = Factor de exposición, adimensional.

V_R = Velocidad regional del viento en km/h, ver tabla 12.

Factor de topografía del terreno. Este factor se debe tomar en cuenta el efecto topográfico del terreno en donde va a ser desplantada la estructura del muro contra incendio. Es decir si la construcción se localiza en las laderas o cimas de colinas o montañas de altura importante con respecto al nivel general de los alrededores del terreno, es muy probable que se generen aceleraciones del flujo del viento y por consiguiente la velocidad regional se verá incrementada.

La tabla 8 muestra los valores que se deben usar para este factor con base en la experiencia y de acuerdo a las características topográficas del sitio.

Sitios	Topografía	F_t
Protegidos	Base de promontorios y faldas de serranías del lado de sotavento.	0.8
	Valles cerrados.	0.9
Normales	Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores que 5%.	1.0
Expuestos	Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10 %, valles abiertos y litorales planos.	1.1
	Cimas de promontorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores de 10%, cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañón e islas.	1.2

Tabla 8. Factor de topografía del terreno.

Factor de exposición. Este factor de exposición refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura z . además, considera el tamaño de la construcción o de los elementos de recubrimiento y las características de exposición, su valor se debe determinar mediante la expresión siguiente:


$$F_\alpha = F_C F_{rz} \quad (9)$$

Donde:

F_α = Factor de exposición, adimensional.

F_C = Factor de tamaño de la construcción, adimensional, ver tabla 9.

F_{rz} = Factor de rugosidad y altura, adimensional, ver tablas 10 y 11.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 25 de 50
---	------------------------------	---

Clase de la estructura	Descripción de la construcción	F_c
A	Todo elemento estructural aislado expuesto directamente a la acción del viento y cuya dimensión, horizontal o vertical sea menor de 20 metros.	1.00
B	Toda construcción cuya dimensión mayor, horizontal o vertical varíe entre 20 y 50 metros.	0.95
C	Toda construcción cuya dimensión mayor, horizontal o vertical esté por arriba de los 50 metros.	0.90

Tabla 9. Factor de tamaño de la construcción.

Factor de rugosidad y altura. Este factor establece la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura z , en función de la categoría del terreno y de sus alrededores, así como del tamaño de la construcción. Para determinar el valor del factor F_{rz} de acuerdo a la rugosidad y altura considerada referente a muros contra incendio, deben emplearse las expresiones descritas a continuación:

$$F_{rz} = 1.56 \left[\frac{10}{\bar{a}} \right]^{\alpha} \quad \text{si } z \leq 10 \quad (10)$$


$$F_{rz} = 1.56 \left[\frac{z}{\bar{a}} \right]^{\alpha} \quad \text{si } 10 < z < \delta \quad (11)$$

$$F_{rz} = 1.56 \quad \text{si } z \geq \delta \quad (12)$$

Donde:

- δ = Altura gradiente en metros medida a partir del nivel de desplante del terreno por arriba del cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante, ver tabla 11.
- α = Factor de relación de la variación del viento con respecto a z , adimensional, ver tabla 11.
- z = Altura de referencia en metros.

Los valores de los factores de α y δ están en función de la rugosidad del terreno (ver tabla 10) y del tamaño de la construcción. La tabla 11 contiene los valores a ser empleados de acuerdo a la clase de estructura o construcción en estudio.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 26 de 50
---	------------------------------	---

Categoría	Descripción	Ejemplo	Limitaciones
1	Terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones.	Franjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor, superficies nevadas planas.	La longitud mínima del terreno en dirección del viento debe ser de 2,000 m o 10 veces la altura de la construcción por diseñar, la que sea mayor.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones.	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor, árboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 m, en una longitud mínima de 1,500 m.
3	Terreno cubierto con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas.	Áreas urbanas, suburbanas y de bosques, o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de las casas y viviendas.	Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5 m. La longitud mínima del terreno en la dirección del viento debe ser de 500 m o 10 veces la altura de la construcción, la que sea mayor.
4	Terreno con numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas.	Centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.	Por lo menos el 50% de los edificios tiene una altura mayor que 20 m. Las obstrucciones miden de 10 a 30 m de altura. La longitud mínima del terreno en la dirección del viento debe ser la mayor entre 400 m y 10 veces la altura de la construcción.


Tabla 10. Categoría del terreno según su rugosidad.

Categoría de terreno	α			δ (m)
	Clase de estructura			
	A	B	C	
1	0.099	0.101	0.105	245
2	0.128	0.131	0.138	315
3	0.156	0.160	0.171	390
4	0.170	0.177	0.193	455

Tabla 11. Factores de valor de altura gradiente (δ) y relación de variación del viento (α).


Velocidad regional de viento. La velocidad regional de viento esta relacionada directamente con el sitio donde van ser instalados los muros contra incendio. En la tabla 12 se reportan los valores de viento correspondientes a las principales ciudades del país, con periodos de retorno de 10, 50, 100, 200 y 2,000 años, que deben ser utilizados. El periodo de retorno que debe considerarse para el diseño de muros contra incendio debe ser el mismo que el considerado para las instalaciones que se protegen. En caso de requerirse una velocidad regional de viento con un periodo de retorno diferente a los señalados, ésta debe ser determinada por medio de un procedimiento de interpolación que represente el mejor ajuste de los datos de interés.

La expresión que relaciona la velocidad regional de viento para un periodo de retorno (T) con la probabilidad de que esta velocidad sea excedida, al menos una vez durante su vida útil (N), está dada por la siguiente ecuación:

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 27 de 50
---	------------------------------	---

$$P = 1 \left[1 - \frac{1}{T} \right]^N \quad (13)$$

Ciudad	Número de observaciones	Velocidades de viento en (km/h)				
		V ₁₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₂₀₀	V ₂₀₀₀
Acapulco, Gro.	12,002	129	162	172	181	209
Aguascalientes, Ags.	1,001	118	141	151	160	189
Campeche, Camp.	4,003	98	132	146	159	195
Ciudad Guzmán, Jal.	14,030	101	120	126	132	155
*Ciudad Juárez, Chih.		116	144	152	158	171
Ciudad Obregón, Son.	26,020	147	169	177	186	211
Ciudad Victoria, Tamps.	28,165	135	170	184	197	235
Coatzacoalcos, Ver.	30,027	117	130	137	145	180
Colima, Col.	6,006	105	128	138	147	174
Colotlán, Jal.	14,032	131	148	155	161	178
Comitán, Chis.	7,025	72	99	112	124	160
Cozumel, Q. Roo	23,005	124	158	173	185	213
Cuernavaca, Mor.	17,726	93	108	114	120	139
Culiacán, Sin.	25,014	94	118	128	140	165
Chapingo, Edo. Méx.	15,021	91	110	118	126	150
Chetumal, Q. Roo	23,006	119	150	161	180	220
Chihuahua, Chih.	8,040	122	136	142	147	165
Chilpancingo, Gro.	12,033	109	120	127	131	144
Durango, Dgo.	10,017	106	117	122	126	140
Ensenada, B. C.	2,025	100	148	170	190	247
Guadalajara, Jal.	14,065	146	164	170	176	192
Guanajuato, Gto.	11,024	127	140	144	148	158
Guaymas, Son.	26,039	130	160	174	190	237
Hermosillo, Son.	26,040	122	151	164	179	228
Jalapa, Ver.	30,075	118	137	145	152	180
La Paz, B. C.	3,026	135	171	182	200	227
Lagos de Moreno, Jal.	14,083	118	130	135	141	157
León, Gto.	11,025	127	140	144	148	157
Manzanillo, Col.	6,018	110	158	177	195	240
Mazatlán, Sin.	25,062	145	213	225	240	277
Mérida, Yuc.	31,019	122	156	174	186	214
*Mexicali, B. C.		100	149	170	190	240
México, D.F.	9,048	98	115	120	129	150
Monclova, Coah.	5,019	123	145	151	159	184
Monterrey, N. L.	19,052	123	143	151	158	182

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 28 de 50
---	------------------------------	---

Ciudad	Número de observaciones	Velocidades de viento en (km/h)				
		V ₁₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₂₀₀	V ₂₀₀₀
Morelia, Mich.	16,080	79	92	97	102	114
Nvo. Casas Grandes, Chih.	8,107	117	134	141	148	169
Oaxaca, Oax.	20,078	104	114	120	122	140
Orizaba, Ver.	30,120	126	153	163	172	198
Pachuca, Hgo.	13,022	117	128	133	137	148
*Parral de Hidalgo., Chih.		121	141	149	157	181
Piedras Negras, Coah.	5,025	137	155	161	168	188
Progreso, Yuc.	31,023	103	163	181	198	240
Puebla, Pue.	21,120	93	106	112	117	132
Puerto Cortés, B. C.	3,046	129	155	164	172	196
Puerto Vallarta, Jal.	14,116	108	146	159	171	203
Querétaro, Qro.	22,013	103	118	124	131	147
Río Verde, SLP.	24,062	84	111	122	130	156
Salina Cruz, Oax.	20,100	109	126	135	146	182
Saltillo, Coah.	5,034	111	124	133	142	165
S. Cristóbal de las Casas, Chis.	7,144	75	92	100	105	126
San Luis Potosí, SLP	24,070	126	141	147	153	169
Soto la Marina, Tamps.	28,092	130	167	185	204	252
Tampico, Tamps.	28,110	129	160	177	193	238
Tamuín, SLP	24,140	121	138	145	155	172
Tapachula, Chis.	7,164	90	111	121	132	167
Tepic, Nay.	18,039	84	102	108	115	134
Tlaxcala, Tlax.	29,031	87	102	108	113	131
Toluca, Edo. Méx.	15,126	81	93	97	102	115
Torreón, Coah.	5,040	136	168	180	193	229
Tulancingo, Hgo.	13,041	92	106	110	116	130
Tuxpan, Ver.	30,190	122	151	161	172	204
Tuxtla Gutiérrez., Chis.	7,165	90	106	110	120	141
Valladolid, Yuc.	31,036	100	163	180	198	240
Veracruz, Ver.	30,192	150	175	185	194	222
Villahermosa, Tab.	27,083	114	127	132	138	151
Zacatecas, Zac.	32,031	110	122	127	131	143

Nota:

(*) En estas ciudades los registros de velocidades de viento no existen o son escasos, por lo que los valores reportados se obtuvieron de los mapas de isotacas del Manual de Diseño por Viento de la Comisión Federal de Electricidad (1993).


 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 29 de 50
--	------------------------------	---

Tabla 12. Velocidades regionales de viento de las principales ciudades del país.

Para velocidades regionales de viento de ciudades diferentes a las contenidas en la tabla 12, deben consultarse los mapas de isotacas definidos en el Manual de Diseño por Viento de la Comisión Federal de Electricidad (1993).

- b) **Fuerza de diseño por viento.** La fuerza de diseño que ejerce el viento sobre los muros contra incendio, es la resultante de las presiones actuantes sobre su superficie y debe calcularse por medio de la expresión siguiente:

$$F_D = P_N A_Z \quad (14)$$

Donde:

F_D = Fuerza de diseño del viento en kg.

A_Z = Área expuesta del muro a la acción del viento a una altura z en m^2 .

P_N = Presión neta generada por el viento en kg/m^2 .

Presión neta generada por el viento. Para determinar el valor de la presión neta generada por el viento sobre la superficie de los muros debe emplearse la ecuación siguiente:

$$P_N = C_{PN} K_P P_D \quad (15)$$

Donde:

P_N = Presión neta generada por el viento en kg/m^2 .

C_{PN} = Coeficiente de la presión neta, adimensional, ver tabla 13.

K_P = Factor de reducción de presión por porosidad, adimensional.


P_D = Presión dinámica de base en kg/m^2 .

Para obtener el valor de cada una de las variables que integran la ecuación 15, se deben seguir los pasos que a continuación se indican:

Estimación del coeficiente de presión neta (C_{PN}). Si la relación entre la base (b) y la altura del muro (H) está dentro del intervalo $1 \leq \frac{b}{H} \leq 45$, se debe tomar el coeficiente de la tabla 13. En el caso de que $\frac{b}{H} < 1$ y que $\frac{b}{H} > 45$, el valor de C_{PN} debe ser igual a 2.0.

Muro ($\theta = 0^\circ$)	Muro ($\theta = 45^\circ$)			Muro ($\theta = 90^\circ$)		
Perpendicular al muro	Distancia horizontal medida a partir del borde libre de barlovento del muro			Distancia horizontal medida a partir del borde libre de barlovento del muro		
	0 a 2H	2H a 4H	> 4H	0 a 2H	2H a 4H	> 4H
1.2	2.4	1.2	0.6	± 1.0	± 0.5	± 0.25

Tabla 13. Coeficiente de presión neta C_{PN} en muros.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 30 de 50</p>
---	------------------------------	---

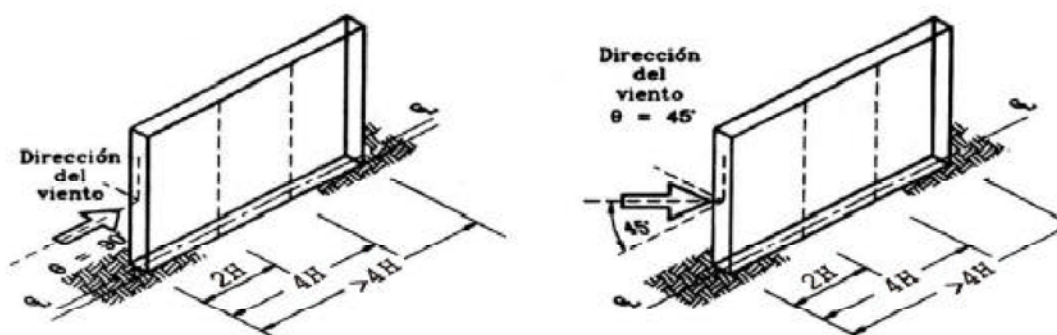


Figura 3. Acción del viento sobre los muros contra incendio.

Factor de reducción de presión por porosidad. Este factor se debe determinar empleando la siguiente expresión:

$$K_P = 1 - (\phi)^2 \quad (16)$$

Donde:

K_P = Factor de reducción de presión por porosidad, adimensional.

ϕ = Relación de solidez del muro (área sólida del muro/área total del muro), adimensional.

Presión dinámica de base. La presión dinámica de base se debe calcular a la altura total del muro ($Z = H$) sobre el nivel del terreno, empleando la ecuación siguiente:

$$P_D = 0.0048 G V_D^2 \quad (17)$$

Donde:

P_D = Presión dinámica de base, en kg/m^2 .

G = Factor de corrección por temperatura y altura con respecto al nivel del mar, adimensional.

V_D = Velocidad de diseño del viento en km/h .

Para estimar el factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar debe emplearse la siguiente relación:


$$G = \frac{0.392 \Omega}{273 + T} \quad (18)$$

Donde:

G = Factor de corrección por temperatura y altura, adimensional.

Ω = Presión barométrica en mm de Hg , ver tabla 14.

T = Temperatura ambiente en $^{\circ}\text{C}$.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 31 de 50
---	------------------------------	---

Altitud (SNMM en metros)	Presión barométrica (Ω) (mm de Hg)
0	760
500	720
1,000	675
1,500	635
2,000	600
2,500	565
3,000	530
3,500	495

Nota:

Para estimar valores intermedios de presión barométrica de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar, se debe efectuar una interpolación de los datos reportados en esta tabla.

Tabla 14. Relación entre altitud y presión barométrica.

8.4.1.2. Diseño por sismo. A continuación se establecen las condiciones de diseño requeridas para determinar los elementos estructurales que proporcionen la rigidez necesaria ante un sismo máximo probable, sin que se presenten fallas mayores en la estructura principal y sin que se colapsen los muros contra incendio.

Como parte del procedimiento de diseño se establece una clasificación de suelos según su estratigrafía, una clasificación sísmica única de instalaciones terrestres de acuerdo con la seguridad estructural de las edificaciones y las características estructurales, así como factores de comportamiento sísmico. Además la regionalización sísmica de la República Mexicana y los diferentes espectros para diseño sísmico.

Las indicaciones establecidas en esta norma se basan en el Manual de Diseño de Obras Civiles, editado por la Comisión Federal de Electricidad para el Diseño por Sismo, y deben ser aplicadas para revisar el aspecto de seguridad de la estructura principal ante el efecto de las fuerzas sísmicas sobre el muro.

Para el análisis sísmico de estructuras se deben utilizar los métodos que se mencionan a continuación según su campo de aplicación:


Método sísmico simplificado.

Análisis estático.

Análisis dinámico.

Durante el desarrollo del análisis debe considerarse la contribución a la rigidez de todo elemento. Asimismo, se deben calcular las fuerzas sísmicas, deformaciones y desplazamientos laterales de la estructura incluyendo sus giros por torsión, teniendo en cuenta los efectos de flexión de sus elementos de fuerza cortante, fuerza axial y torsión, así como también los efectos geométricos de segundo orden.

- a) Muros contra incendio que contribuyen a resistir las fuerzas laterales.** Este tipo de muros deben ser ligados adecuadamente a los elementos estructurales que los integran por medio de un sistema de apoyo o soporte que permita considerar su rigidez estructural durante el análisis sísmico. Se debe verificar que las trabes y columnas resistan la fuerza cortante, el momento flexionante, las fuerzas axiales y en su caso, las torsiones que induzcan los muros en ellas.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 32 de 50
--	------------------------------	---

Asimismo, se debe revisar que las uniones entre elementos estructurales resistan dichas acciones.

Por otro lado, es necesario revisar que la rigidez lateral de la estructura sea suficiente para cumplir con las dos condiciones siguientes:

Condición 1. Para limitar los daños a elementos no estructurales, la diferencia entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos producidos por las acciones sísmicas, no deben de exceder el valor de 0.002 veces la diferencia entre las elevaciones correspondientes. En caso de que haya elementos estructurales capaces de soportar deformaciones, o que estén separados de la estructura principal, el límite en cuestión es máximo de 0.004.

Condición 2. Por seguridad contra colapso, la diferencia entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos producidos por las acciones sísmicas, no debe exceder la distorsión de entrepiso con un valor de 0.006 multiplicado por la altura de entrepiso. Este desplazamiento se debe considerar para calcular los efectos de segundo orden.

- b) **Muros contra incendio que no contribuyen a resistir las fuerzas laterales.** Cuando los muros contra incendio no contribuyen a resistir las fuerzas laterales por la acción sísmica, deben ir sujetos como se indica en el numeral 8.3.3 de ésta norma, a la estructura principal, pero sin restringir la deformación de ésta con respecto al plano de los muros, para impedir que sean volteados en la dirección normal a su plano.
- c) **Clasificación de suelos según su estratigrafía.** Atendiendo a la respuesta del sitio ante una excitación sísmica, se deben adoptar una clasificación del terreno de cimentación según su estratigrafía, que es función del periodo dominante de vibración TS y la velocidad efectiva de propagación del sitio β_S . El terreno de cimentación se clasifica en:

Tipo I. Terreno firme (roca basal): Depósitos de suelo formados solamente por estratos de terreno firme, debe cumplir la relación siguiente:

$$\beta_S \leq \beta_o \quad (19)$$

β_o representa la velocidad de propagación de ondas de cortante en la roca y está definida por la expresión siguiente:

$$\beta_o = \left[\frac{G_o}{\rho_o} \right]^{0.5} \quad (20)$$

Donde:

β_o = Velocidad de propagación de ondas en m/s.

G_o = Módulo de rigidez al corte en ton/m²; para la roca basal $G_o \geq 85,000$ ton/m².

ρ_o = Densidad de la masa del suelo en ton s²/m⁴.

A su vez para calcular la densidad de la masa del suelo para un terreno firme se debe utilizar la relación siguiente:

$$\tilde{\rho}_o = \frac{\tilde{\gamma}_o}{g} \quad (21)$$

Donde:

γ_o = Peso volumétrico medio para la roca (1.7 ton/m³).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Para módulos cuya rigidez se encuentre en $G_0 = 85000 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$, la velocidad de propagación de ondas de cortante en la roca debe ser $\hat{a}_0 = 700 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Tipo II. Terreno intermedio: Lo constituyen aquellos depósitos de suelo con periodo fundamental de vibración y velocidad efectiva de propagación que cumplan con la relación siguiente:

$$\hat{a}_c T_s + \hat{a}_s T_c \leq \hat{a}_c T_c \quad (22)$$

En la tabla 15 se determina la velocidad característica β_c y el periodo característico T_c , dependiendo de la zona sísmica en que se ubica el sitio en cuestión, según la regionalización sísmica del país (ver figura 5), que debe ser usada por el fabricante.

El periodo dominante de vibración T_s y la velocidad efectiva de propagación del sitio β_s , se deben determinar considerando un perfil estratigráfico equivalente al real (ver figura 4), con profundidad y periodo fundamental de vibrar semejantes a los de la estratigrafía real.

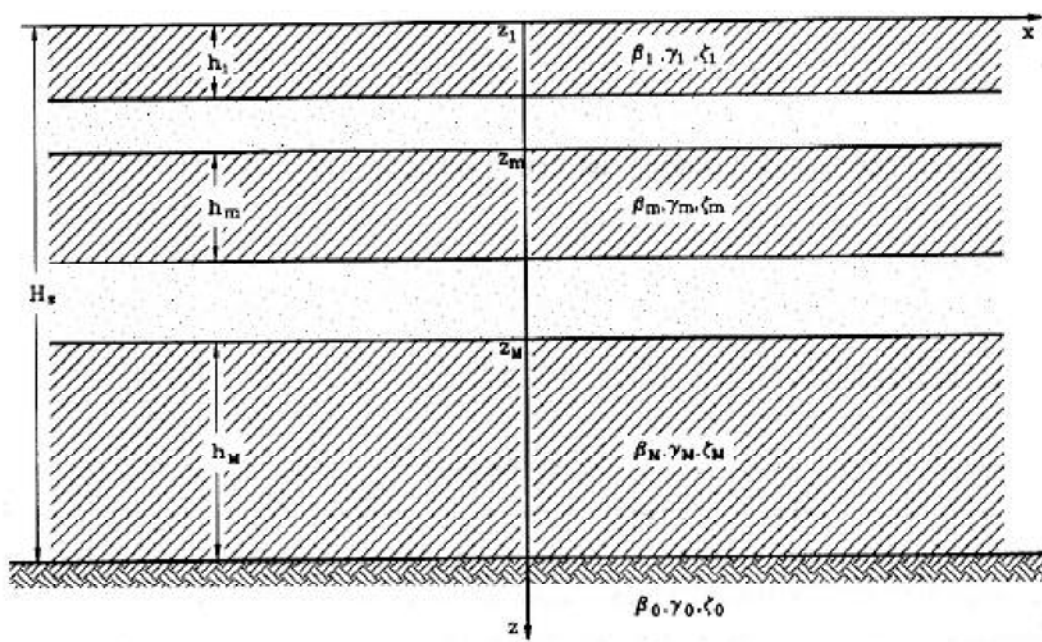



Figura 4. Depósito estratificado equivalente de suelo.

Zona sísmica	$\hat{a}_c \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$T_c \text{ (s)}$
A	400	5.3
B	400	5.3
C	500	4.7
D	500	2.5

Tabla 15. Valores de velocidad característica β_c y periodo característico T_c .

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 34 de 50</p>
--	-------------------------------------	--

En el depósito de suelo considerado no se incluyen efectos de irregularidades laterales por lo que se ha idealizado como un depósito estratificado horizontalmente (ver figura 4), el cual descansa sobre la base rígida que representa la roca basal. Para fines prácticos, la profundidad a la roca basal se establece como aquella donde β_0 es equivalente a un valor de por lo menos 700 m/s.

La velocidad efectiva de propagación del sitio β_S se debe determinar asumiendo que el tiempo que tarda una onda de cortante en recorrer un estrato uniforme de espesor H_S , es el mismo que necesita para atravesar el depósito estratificado. Para ello se debe señalar que el tiempo requerido por una onda de cortante para propagarse desde la base hasta la superficie del estrato equivalente es igual a H_S/β_S , en tanto que el tiempo requerido para atravesar verticalmente el depósito estratificado es igual a $\sum_{m=1}^M h_m/\beta_m$, siendo h_m y β_m el espesor y la velocidad de propagación del m-ésimo estrato, respectivamente. Igualando ambos tiempos se debe obtener la relación siguiente:

$$\hat{a}_S = \frac{H_S}{\sum_{m=1}^M \frac{h_m}{\hat{a}_m}} \quad (23)$$

Por otro lado, cuando las variaciones en velocidad no son muy pronunciadas, la velocidad efectiva de propagación también se debe determinar integrando el perfil de velocidades y dividiéndolo entre la profundidad del depósito para tener su valor medio, lo que conduce a:

$$\hat{a}_S = \frac{\sum_{m=1}^M \hat{a}_m h_m}{H_S} \quad (24)$$

Las ecuaciones anteriores definen la velocidad efectiva de propagación en términos del promedio de lentitudes y velocidades del depósito estratificado, respectivamente.

Una vez conocida β_S , el periodo fundamental de vibración del depósito estratificado se debe determinar por:


$$T_S = \frac{4H_S}{\hat{a}_S} \quad (25)$$

Conocidos los parámetros dinámicos del sitio, T_s y β_s y los parámetros característicos de la zona sísmica β_c y T_c , se comprueba la desigualdad definida para los terrenos tipo II (ecuación 24). Si no se cumple, se trata de un terreno tipo III.

Tipo III. Terreno blando: Lo constituyen aquellos depósitos de suelo con periodo fundamental de vibración y velocidad efectiva de propagación que cumplan la relación siguiente:

$$\hat{a}_c T_s + \hat{a}_s T_c < \hat{a}_c T_c \quad (26)$$

- d) **Clasificación sísmica de construcciones que contengan muros contra incendio.** Para fines de clasificación de los tipos de construcciones, las solicitudes que se adopten para el diseño sísmico de una estructura deben estar en función de las características probables de los sismos que puedan ocurrir en el sitio de interés, del grado de seguridad requerido para la estructura en cuestión, del sistema estructural, de los elementos y materiales de la estructura y de los detalles de diseño y construcción.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 35 de 50
--	------------------------------	---

Desde el punto de vista de seguridad estructural, las edificaciones de Petróleos Mexicanos que tienen muros contra incendio, se consideran estructuras donde se requiere seguridad, como las construcciones cuya falla estructural causa la pérdida de un número elevado de vidas y cuantiosas pérdidas económicas, además de constituir un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, y por tratarse de edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de un sismo.


Atendiendo a las características estructurales que influyen en la respuesta sísmica de la estructura, las edificaciones de Petróleos Mexicanos utilizan muros contra incendio con marcos continuos contraventeados o no, diafragmas o muros, o una combinación de éstos.

- e) **Factor de comportamiento sísmico.** La forma de caracterizar las estructuras en función de su ductilidad consiste en el empleo del factor de comportamiento sísmico denominado Q, el cual está asociado tanto a la ductilidad estructural, como a la estructuración misma, al deterioro o efecto que puede llegar a contrarrestar gran parte de la capacidad extra en resistencia que suministra la ductilidad y a reservas de capacidad ante carga sísmica.

Las estructuras de Petróleos Mexicanos que utilicen muros contra incendio, de acuerdo con su clasificación sísmica deben adoptar los valores del factor de comportamiento sísmico establecidos para los casos siguientes:

Usar $Q = 4.0$ cuando:

1. La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventeados de acero o concreto reforzado y por marcos contraventeados o muros de concreto reforzado en los que, los marcos en cada entrepiso tengan la capacidad de resistir cuando menos el 50 % de la fuerza sísmica actuante sin considerar muros ni contraventeos.
2. Si hay muros ligados adecuadamente en todo su perímetro a los marcos estructurales o a castillos y dadas (ligados a los marcos), éstos deben ser considerados en el análisis de la estructura, pero su contribución a la capacidad ante fuerzas laterales debe ser tomada en cuenta únicamente si están contraventeados de piezas macizas, si los marcos van o no contraventeados y si los muros de concreto reforzado tienen la capacidad de resistir por lo menos el 80 % de las fuerzas laterales totales actuantes sin la contribución de los muros de mampostería.
3. El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más del 35 % del promedio de todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se debe calcular la capacidad resistente de cada uno de ellos tomando en cuenta todos los elementos que contribuyen a la resistencia, en particular los muros ligados a la estructura en la forma especificada en el requisito anterior.
4. Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos para marcos y muros dúctiles.
5. Los marcos rígidos de acero deben satisfacer los requisitos para marcos dúctiles.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 36 de 50
--	------------------------------	---

Usar $Q = 3.0$ cuando:

Se satisfacen las condiciones 2, 4 y 5, empero en cualquier entrepiso dejan de cumplirse las condiciones 1 ó 3 especificadas en el caso $Q=4$ siendo, la resistencia en todos los entrepisos suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con losas planas, marcos rígidos de acero, marcos de concreto reforzado, muros de este material, combinaciones de éstos y marcos.

Usar $Q = 2.0$ cuando:

1. La resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, marcos de acero o de concreto reforzado contraventeados o no, o por muros o columnas de concreto reforzado que no cumplen en algún entrepiso lo especificado para los casos $Q=4$ y $Q=3$, o por muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o trabes de concreto reforzado o de acero.
2. La resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado presforzado.

Usar $Q = 1.5$ cuando:

La resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entrepisos por muros de mampostería de piezas huecas, confinados o con refuerzo interior, o por combinaciones de dichos muros con elementos como los descritos para los casos $Q = 3$ y $Q = 2$.

Usar $Q = 1.0$:

En estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada, al menos parcialmente, por elementos o materiales diferentes de los arriba señalados, a menos que se haga un estudio demostrando claramente que se puede emplear un valor más alto al que aquí se especifica.

En todos los casos se debe emplear para toda la estructura en la dirección de análisis, el valor mínimo de Q que corresponde a los diversos entrepisos de la estructura en dicha dirección.

El factor Q puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de ésta en dichas direcciones.

- e) **Regionalización sísmica de la República Mexicana.** Con base en un estudio de riesgo sísmico, se encontró que, para fines de diseño sísmico, la República Mexicana se debe considerar dividida en cuatro zonas, según se indica en la figura 5.

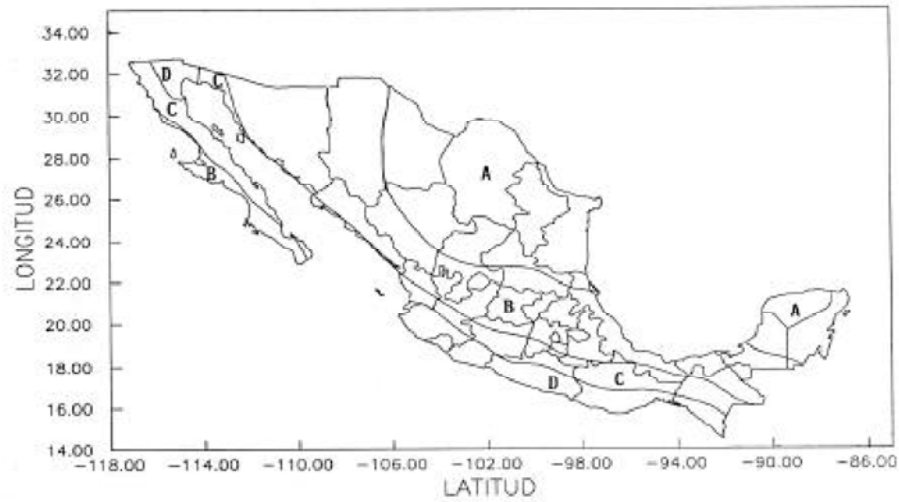


Figura 5. Regionalización sísmica de la República Mexicana.

Las fronteras entre zonas coinciden con curvas de igual aceleración máxima del terreno; la zona A es la de menor intensidad sísmica, mientras que la de mayor es la zona D.

- g) **Espectro de diseño sísmico.** Las ordenadas del espectro de aceleraciones para el diseño sísmico, expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad, están dadas por las expresiones 29, 30 y 31, que a continuación se enlistan (ver figura 6):

$$a = a_0 + \left[c - a_0 \right] \frac{T}{T_a} \quad \text{si } T < T_a \quad (27)$$

$$a = c; \quad \text{si } T_a \leq T \leq T_b \quad (28)$$

$$a = c \left[\frac{T_b}{T} \right]^r; \quad \text{si } T > T_b \quad (29)$$

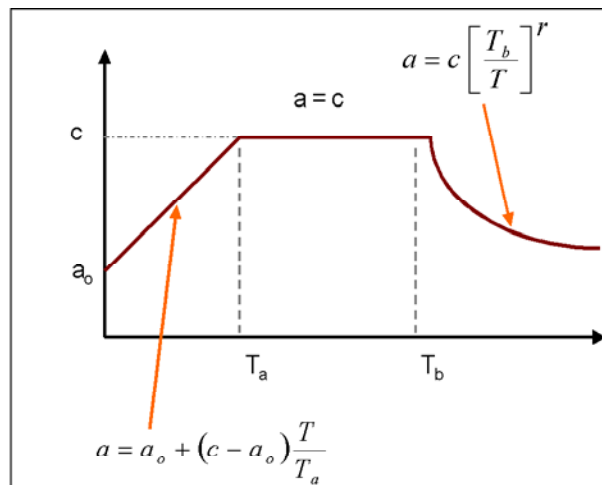


Figura 6. Espectro de diseño sísmico.

Donde:

a_0 = Coeficiente de aceleración del terreno, adimensional.

c = Coeficiente sísmico, adimensional.

T = Periodo natural de interés, en segundos.

r = Exponente que define la parte curva del espectro de diseño, adimensional.

T_a y T_b = Periodos característicos que delimitan la meseta en segundos.

Los valores de los parámetros del espectro de diseño sísmico que se deben aplicar, se indican en la tabla 16 para las diferentes zonas sísmicas y los distintos tipos de terreno de cimentación, tomando en cuenta la importancia de la estructura.

Zona sísmica	Tipo de Suelo	a_0	c	T_a (s)	T_b (s)	r
A	I	0.03	0.12	0.2	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	0.06	0.24	0.3	1.5	$\frac{2}{3}$
	III	0.075	0.30	0.6	2.9	1
B	I	0.06	0.21	0.2	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	0.12	0.45	0.3	1.5	$\frac{2}{3}$
	III	0.15	0.54	0.6	2.9	1
C	I	0.54	0.54	0.0	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	0.96	0.96	0.0	1.4	$\frac{2}{3}$
	III	0.96	0.96	0.0	1.9	1
D	I	0.75	0.75	0.0	0.6	$\frac{1}{2}$
	II	1.29	1.29	0.0	1.2	$\frac{2}{3}$
	III	1.29	1.29	0.0	1.7	1

Tabla 16. Parámetros del espectro de diseño sísmico

En sitios donde se conozca el periodo dominante del suelo, T_s , se permiten modificaciones en las ordenadas espectrales. Para ello, tratándose de terrenos tipo II y III se modifican los periodos característicos del espectro de diseño como se indica a continuación:


Terreno Tipo II

Zonas sísmicas A y B	$T_a=0.64T_s$ $T_b=1.2T_s$; $0.6 < T_b < 1.5s$
Zona sísmica C	$T_b=1.2T_s$; $0.6 < T_b < 1.4s$
Zona sísmica D	$T_b=1.2T_s$; $0.6 < T_b < 1.2s$

Terreno Tipo III

Zonas sísmicas A y B	$T_a=0.35T_s$ $T_b=1.2T_s$; $0.8 < T_b < 2.9s$
Zona sísmica C	$T_b=1.2T_s$; $0.8 < T_b < 1.9s$
Zona sísmica D	$T_b=1.2T_s$; $0.8 < T_b < 1.7s$

En el terreno tipo I no se permiten modificaciones en el espectro de diseño sísmico.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 39 de 50</p>
--	-------------------------------------	---

- h) Elección del tipo de análisis.** Para el análisis sísmico de estructuras los métodos a emplear según apliquen son los siguientes:

Método sísmico simplificado.

Análisis estático.

Análisis dinámico.

El método simplificado sólo es aplicable a ciertas estructuras con altura no mayor de 13 m. Las estructuras que no pasen de 60 m de alto se deben analizar con el método estático. Para alturas superiores a 60 m, es forzoso aplicar un método dinámico.

8.4.1.3 Diseño por explosión. Para realizar el diseño de muros ante una explosión, se deben aplicar dos procedimientos de análisis: el método simplificado que consiste en calcular la respuesta estructural (fuerzas, momentos y desplazamientos) mediante un análisis estático, considerando el nivel de sobrepresión establecido por el análisis de riesgo, como una carga uniformemente distribuida sobre la cara frontal del muro. En caso de que sea necesario optimizar el diseño por limitaciones de espacio o peso de los muros, se requiere hacer un análisis riguroso por fabricante, en el cual la respuesta ante cargas explosivas se determina a través de un análisis dinámico no lineal de elementos finitos o bien, a través de un análisis elastoplástico, basado en analogías de sistemas de un grado de libertad.

Las cargas originadas por una explosión están caracterizadas por una distribución de presión espacial y temporal (ver figura 1). Los parámetros temporales más importantes relacionados con una curva típica de explosión son: tiempo de ascenso (t_a), presión máxima ($P_{máx}$) y duración del pulso (t_d).

8.4.2 Clasificación y selección de materiales de construcción


En esta sección, se establecen los requisitos mínimos para los materiales de construcción de muros contra incendio, que deben utilizarse en instalaciones terrestres, considerando las características necesarias para garantizar su integridad estructural y aislamiento térmico, ante fuego, explosión, fenómenos naturales y condiciones ambientales.

En el diseño y construcción de los muros contra incendio se debe considerar los aspectos siguientes:

- Resistencia a la radiación térmica.
- Resistencia a la onda expansiva generada por una explosión.
- Resistencia a viento y sismo.
- Resistencia a condiciones ambientales extremas, tales como ambientes corrosivos, humedad, salinidad, temperatura ataque de insectos o microorganismos y sin favorecer al desarrollo de hongos.
- Facilidad de instalación y reparación.
- Resistencia a la erosión y al choque térmico.
- Resistencia a la vibración.
- Vida útil.

8.4.2.1 Selección de los materiales de construcción. Los materiales que deben utilizarse en la construcción de muros contra incendio son los que se listan a continuación:

- Concreto reforzado.
- Aceros: inoxidable, para paneles y sus elementos de sujeción; y de alta tenacidad, para estructuras metálicas de soporte y su recubrimiento anticorrosivo.
- Materiales termoaislantes: para concretos; y para paneles de acero inoxidable.
- Materiales alternativos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 40 de 50
---	------------------------------	---

a) **Concreto reforzado.** Este material debe cumplir como mínimo con las siguientes propiedades.


Propiedad	Valor requerido
Resistencia a la compresión Prueba sobre lado plano Promedio de 3 unidades Unidad individual	MPa 24.1 20.7
Densidad Ligero Medio Normal	kg/m ³ Hasta 1,680 1,680 – 1,999 2,000 mínimo
Absorción de agua	6 - 10 % máximo
Resistencia mínima al impacto	3,500 Joules mínimo
Resistencia mínima a la flexión Estado seco Estado saturado	N/mm ² 160 129

Tabla 17. Propiedades mínimas del concreto reforzado.

Las propiedades físicas y químicas con las que se deben cumplir como mínimo para el cemento se especifican en las tablas 18 y 19.

Propiedades físicas	Valor requerido
Contenido de aire de mezcla	12 % en volumen máximo
Finura	280 m ² /kg mínimo
(Permeabilidad del aire) Expansión autoclave	0.80 % máximo
Resistencia a la compresión 3 días 7 días	MPa 7 mínimo 12 mínimo
Tiempo de reposo (Vicat Inicial)	No menos de 45 minutos y no más de 375 minutos
Absorción de agua Base unidad de peso	10 % máximo
Resistencia al impacto	3,500 Joules mínimo
Resistencia a la flexión En estado seco: En estado saturado:	N/mm ² 160 mínimo 129 mínimo

Tabla 18. Propiedades físicas del cemento.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 41 de 50
---	------------------------------	---

Propiedades químicas	Valor requerido (%)
Bióxido de silicio, SiO ₂	20 mínimo
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	6 máximo
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	6 máximo
Óxido de magnesio, MgO	6 máximo
Trióxido de azufre, SO ₃	3 máximo
Pérdidas por ignición	3 máximo
Residuo insoluble	0.75 máximo
Compuestos potenciales Aluminato de tricalcio, Ca ₃ (Al ₂ O ₃) ₂	8 máximo

Tabla 19. Propiedades químicas del cemento.

El fabricante debe determinar la granulometría de los agregados, las proporciones de la mezcla y los procedimientos de mezclado, colocación, acabado y curado del concreto de modo que los muros satisfagan lo establecido en la presente norma.


El acero de refuerzo debe cumplir con las propiedades especificadas en la norma mexicana NMX-B-457-1988 "Varillas corrugadas de acero de baja aleación procedentes de lingote o palanquilla para refuerzo de concreto".

- b) **Aceros.** Las propiedades químicas y mecánicas mínimas que deben cumplir los aceros inoxidables y de alta tenacidad están contenidas en las tablas siguientes:

El acero inoxidable debe emplearse para la fabricación de los paneles que van integrar los muros contra incendio, así como sus elementos de sujeción. Los requerimientos mínimos de composición química y propiedades mecánicas con las que se deben cumplir, se indican en las tablas 20 y 21.

Elemento químico	Contenido (%)
Carbono, C	0.08 máximo
Manganeso, Mn	2.0 máximo
Fósforo, P	0.045 máximo
Azufre, S	0.030 máximo
Silicio, Si	0.75 máximo
Cromo, Cr	16 a 18
Níquel, Ni	10 a 14
Molibdeno, Mo	2 a 3

Tabla 20. Composición química del acero inoxidable.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 42 de 50
---	------------------------------	---

Propiedades mecánicas	Valor requerido
Resistencia a la tensión	515 MPa mínimo
Resistencia al impacto	3,500 joules mínimo
Límite elástico	205 MPa mínimo
Alargamiento en 50 mm	40 % mínimo

Tabla 21. Propiedades mecánicas del acero inoxidable.

Para la fabricación de estructuras metálicas de soporte en los muros contra incendio deben emplearse únicamente aceros de alta tenacidad, que corresponden a los aceros con alta resistencia y baja aleación. Las propiedades mínimas con las que se deben cumplir, están indicadas en las tablas 22 y 23.

Componente	% en peso
Carbono, C	0.15 máximo
Manganeso, Mn	1.0 máximo
Fósforo, P	0.15 máximo
Azufre, S	0.05 máximo
Cobre, Cu	0.2 mínimo

Tabla 22. Requerimientos químicos del acero de alta tenacidad.

Adicionalmente, este material debe cumplir con un valor máximo en el carbono equivalente (CE) de 0.32 %, el cual se debe calcular con la siguiente ecuación expresada en % en peso:

$$CE = C + \frac{1}{5} (Cr + Mo + V) + \frac{1}{6} (Mn) + \frac{1}{15} (Ni + Cu) \quad (30)$$

Donde:

CE = Carbono equivalente en % en peso.

C = Contenido de carbono en % en peso.

Cr = Contenido de Cromo en % en peso.

Mo = Contenido de Molibdeno en % en peso.


V = Contenido de Vanadio en % en peso.

Mn = Contenido de Manganeso en % en peso.

Ni = Contenido de Níquel en % en peso.

Cu = Contenido de Cobre en % en peso.

Además, Cb + V no debe exceder de 0.1 % en peso. Donde Cb = Contenido de Columbio.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 43 de 50
---	------------------------------	---

Características mecánicas	Valores
Resistencia a la tensión	485 MPa
Límite elástico	345 MPa
Alargamiento en 50 mm	21 % mínimo
Tenacidad (Prueba Charpy)* A 273.16 K, (0 °C): Promedio de 3 probetas De una probeta	Joules 34 mínimo 27 mínimo

*Especímenes transversales.

Tabla 23. Propiedades mecánicas del acero de alta tenacidad.

La utilización de aceros de alta tenacidad en soportes estructurales debe considerar la aplicación de un recubrimiento anticorrosivo de acabado de poliuretano a base de un componente de poliisocianatos, cuyas principales características deben ser: impermeabilidad, dureza, flexibilidad y adherencia, para proporcionar un acabado brillante, secado rápido, resistencia a los agentes químicos, a la abrasión, al impacto y a la exposición en ambientes salinos.

Este recubrimiento debe aplicarse sobre primarios a base de cromato de zinc tipo, resina epóxica catalizada o bien vinil epóxico modificado.

Las propiedades mínimas que deben cumplirse para un recubrimiento anticorrosivo se establecen en la tabla siguiente:


Propiedad	Valor requerido
Cantidad de pigmento	30 % en peso máximo
Tiempo de secado	4 h máximo
Intemperismo (ciclo 102/18)	300 h mínimo
Isocianato (grado uretano)	62-75 % en peso
Solventes y aditivos/vehículo	25-38 % en peso

Tabla 24 Requerimientos mínimos en recubrimientos.

- c) **Materiales termoaislantes.** Se deben utilizar este tipo de materiales para reducir la transferencia de calor a través de los muros, los cuales deben reunir las propiedades termoaislantes necesarias para satisfacer las condiciones de baja temperatura requeridas en la cara fría del muro durante un incendio, con base a lo indicado en el punto 8.2.8 de esta norma.

Los materiales termoaislantes deben ser resistentes al fuego producido por hidrocarburos y deben estar libres de asbesto u otros componentes que al degradarse por la acción del calor produzcan vapores o humos tóxicos, nocivos para la salud. El proveedor debe presentar a satisfacción de PEMEX, los documentos de aprobación emitidos por entidades reconocidas internacionalmente para verificar esta caracterización.

Para concreto reforzado, los materiales termoaislantes que deben utilizarse son la vermiculita o la perlita, que son adicionados como agregados a la mezcla, para proporcionar el aislamiento térmico.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 44 de 50
---	------------------------------	---

En las tablas 25 y 26 se indican respectivamente las propiedades mínimas con las que debe cumplir la vermiculita y la perlita.

Propiedad	Valor requerido
Tamaño de partícula	0.1 a 4 mm
Cambio de volumen al secado	20 % máximo
Resistencia a la compresión a 5% de deformación	34.5 KPa mínimo
Contracción lineal; prueba durante 24 hrs a 1253.16 K, (980 °C)	5 % máximo
Conductividad térmica a una temperatura (K) de:	W/m ² K
366	0.137
533	0.159
644	0.173
Adhesión seca al acero	24.2 KPa mínimo
Tiempo de aislamiento	2-4 h
Absorción de humedad (aplicado en 5 min)	3.5 g máximo


Tabla 25. Propiedades de la vermiculita.

Propiedad	Valor requerido
Densidad	192 kg/m ³ mínimo 224 kg/m ³ máximo
Tamaño de partícula	0.1 a 4.0 mm
Resistencia a la compresión a una deformación del 50%	41.40 KPa mínimo
Contenido de humedad	10 % en peso máximo
Contracción lineal (prueba durante 24 h a 646 °C.)	% en peso
A lo largo	2 máximo
A lo ancho	2 máximo
En espesor	8 máximo
Conductividad térmica a una temperatura (K) media de:	W/m ² K
366	0.079
422	0.086
477	0.095
533	0.106
589	0.111
644	0.126

Tabla 26. Propiedades de la perlita.

Para concreto reforzado, los materiales termoaislantes que deben utilizarse son la vermiculita o la perlita, que son adicionados como agregados a la mezcla, para proporcionar el aislamiento térmico requerido.

Para paneles con caras metálicas de acero inoxidable, el material termoaislante debe cumplir como mínimo con las propiedades descritas en las tablas 6 y 7, para una y dos horas de servicio respectivamente.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 45 de 50</p>
--	-------------------------------------	---

8.4.3 Instalación.

Es responsabilidad del contratista proporcionar a Pemex el procedimiento de instalación, el cual debe incluir con detalle las maniobras que deben efectuar.

La instalación de muros contra incendio con estructuras de acero, debe considerar tornillos o soldadura de acero inoxidable como elementos de sujeción, con las propiedades mecánicas y composición química indicadas en las tablas 4 y 5. Todos los tornillos que sean instalados en los muros, deben protegerse con tetrafluoruro de etileno ó nylon, para evitar la formación de pare galvánicos.

En la instalación de muros contra incendio de concreto reforzado el contratista debe proporcionar estabilidad estructural a los muros, poniendo especial énfasis en el tipo de cimentación a emplear (definida a partir de un estudio geotécnico del sitio), misma que estará sujeta a la propiedades mecánicas del suelo y a las limitaciones propias del sitio de instalación (espacio y riesgos de trabajo). Además debe realizar un procedimiento constructivo de las cimentaciones, excavaciones y muros contra incendio, que cumpla con las recomendaciones mínimas de diseño especificadas en esta norma (resistencia al viento, sismo y a la onda de choque provocada por una explosión), que garantice la integridad de los elementos de cimentación, así como la seguridad durante y después de la construcción. Dicho procedimiento debe contemplar que se eviten daños a las estructuras e instalaciones vecinas y a los servicios públicos por vibraciones o desplazamientos verticales y horizontales del suelo.

En el caso de perforaciones, penetraciones o cortes durante el proceso de instalación, el fabricante debe entregar el procedimiento correspondiente donde indique el material a emplear en el sellado y garantizar las reparaciones efectuadas.


Los muros contra incendio que se instalen en instalaciones terrestres deben contar con la asistencia técnica del fabricante de los mismos, para garantizar su construcción y entregar en documentos certificados el cumplimiento de su correcta instalación verificando cada uno de los componentes que los integran.

8.4.4 Inspección, aprobación y aceptación.

8.4.4.1 Inspección. Pemex debe inspeccionar el proceso de fabricación e instalación de los muros conforme a lo establecido en la norma de referencia NRF-049-PEMEX-2001 "Inspección de Bienes y Servicios". Esta actividad debe realizarse conforme al Nivel I de inspección de la clasificación establecida en la misma norma, que se refiere a productos con procesos de fabricación y diseño complejos. Considera la verificación de los siguientes requerimientos:

- La ingeniería aprobada.
- La calificación de operarios.
- Los procesos de fabricación.
- La aplicación de las normas y especificaciones del producto.
- Los materiales, componentes y sus certificados de calidad.
- Las pruebas durante el proceso de fabricación y finales de aceptación.
- Los acabados.
- Los requerimientos técnicos de proyecto y/o contractuales.
- Documental y/u operativa de instrumentos de medición y prueba.
- Emitir los reportes de las no conformidades detectadas y dar seguimiento hasta su conclusión.

Para el caso de estructuras de acero, en forma adicional, se deben verificar las dimensiones de los paneles contra incendio y de los elementos estructurales de apoyo, así como el embalaje y embarque, en base a las recomendaciones del fabricante.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 46 de 50
--	------------------------------	---

Durante la operación de los muros el personal de Pemex debe efectuar periódicamente inspecciones visuales a los muros contra incendio, que le permitan identificar posibles anomalías tales como efectos de corrosión, agrietamiento, abolladuras, desprendimiento o desgaste de algunos elementos de apoyo como tornillos, tuercas o soldadura, tanto en los paneles de los muros como en la estructura de apoyo de estos. Se debe elaborar un reporte de los problemas encontrados con el propósito de que el personal a cargo de la instalación establezca en forma preliminar las condiciones en las cuales se encuentra.

Debe elaborarse un programa especializado de inspecciones periódicas (que considere el reporte preliminar), el cual debe cumplirse para corroborar el estado físico y estructural de los muros, recubrimientos o pinturas que se le hayan aplicado, generando el reporte de inspección correspondiente. Estas actividades deben llevarse a cabo de acuerdo al programa general de inspección que se establezca para las instalaciones, dependiendo de las condiciones y los procesos presentes en cada caso particular.

Los reportes de la inspección periódica deben retroalimentar al programa de mantenimiento considerado, ya sea el correspondiente a la propia instalación o con base en las recomendaciones del fabricante o proveedor.

8.4.4.2 Aprobación y aceptación. Estos aspectos quedan sujetos a los resultados de la inspección durante el proceso de fabricación e instalación, así como a los certificados de calidad de los materiales especificados en ésta norma, los cuales podrán ser aceptados por Petróleos Mexicanos y organismos subsidiarios. Reservándose el derecho de aprobación ó rechazo en el cumplimiento de las pruebas de desempeño y resistencia al fuego por hidrocarburos para elementos de construcción en instalaciones costa afuera, que se indican en los estándares "H" que establecen los organismos como "IMO", Organización Marítima Internacional, (International Maritime Organisation.), con base al estándar "IMO-A.754, para los muros contra incendio con clasificación "H-0" o Equivalente y "SOLAS", Conferencia Internacional de seguridad sobre la vida en el mar 1974, (International Conference on the safety of life at sea 1974.), en los estándares de prueba "SOLAS -74 H. Carbon." Para los muros contra incendio con clasificación "H-60" y "H-120" o Equivalentes.

8.4.5 Mantenimiento.


El fabricante o contratista de los muros contra incendio debe proporcionar en forma documental el procedimiento de mantenimiento que sea necesario realizar, para poder garantizar el funcionamiento durante la vida útil del mismo, así como los tiempos en que se requiere efectuar éste. Los trabajos de mantenimiento deben realizarse con personal especializado para tal efecto, utilizando los materiales y herramientas apropiados.

El mantenimiento debe incluir como mínimo las operaciones de limpieza, pintura y reposición de recubrimientos en caso de deterioro, reparación de daños físicos causados por impactos, eliminación de obstrucciones en las rutas de acceso protegidas por el muro, así como el reemplazo o ajuste de los elementos de sujeción para el caso de estructuras de acero.

9. RESPONSABILIDADES.

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Vigilar la aplicación de los requisitos de esta norma de referencia, en los aspectos de seguridad, diseño estructural, selección de materiales, construcción, inspección, pruebas, instalación y mantenimiento de muros contra incendio.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 47 de 50
--	------------------------------	---

9.2 Subcomité Técnico de Normalización.

Promover el conocimiento de esta norma entre las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, prestadores de servicios y contratistas, involucrados en los procesos técnicos y administrativos generados por la necesidad de utilizar muros contra incendio.

9.3 Área usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

La verificación del cumplimiento de esta norma se debe realizar por medio del supervisor del área usuaria de Petróleos Mexicanos, a través del certificado de cumplimiento de los prestadores de servicio y/o contratistas. Así como comprobar que los prestadores de servicios cuentan con las instalaciones, equipo, personal técnico, organización y métodos operativos que garanticen su competencia técnica.

Verificar el cumplimiento del contrato de servicios establecido, acordado y firmado por el proveedor y/o contratista incluyendo los anexos respectivos, los cuales deben cumplir los lineamientos contenidos en esta norma.

9.4 Prestadores de servicio, fabricantes, proveedores y/o contratistas.

Cumplir con los requerimientos establecidos en la presente norma, en los aspectos de seguridad, diseño estructural, selección de materiales, construcción, inspección, pruebas, instalación y mantenimiento de muros contra incendio.


El prestador de servicio, fabricante, proveedor y/o contratista debe elaborar, aplicar y mantener procedimientos documentados para revisar y verificar el diseño y montaje del muro contra incendio, así como la evaluación del mismo, con el fin de asegurar los requerimientos especificados por el área usuaria de Petróleos Mexicanos.

10. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS.


La presente norma de referencia no concuerda con ninguna norma mexicana ni internacional.

11. BIBLIOGRAFÍA.


- 11.1** ANSI/ASTM C-168-80a Edición, 1980, Norma para la definición de términos relacionados con materiales termoaislantes (Standard Definitions of terms relating to Thermal Insulating Materials).
- 11.2** API-PUB-2218, Edición Agosto 1999, Prácticas contra incendio en plantas de procesamiento petroleras y petroquímicas (Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants).
- 11.3** API-RP-14J 2a Edición, Mayo 2001, Práctica recomendada para el diseño y análisis de riesgo en instalaciones marinas de producción (Recommended Practice for Design and Hazards Analysis for Offshore Production Facilities).
- 11.4** API-RP-2A WSD 20a Edición, 1993, Práctica recomendada para la planeación, diseño y construcción de plataformas marinas fijas. Diseño mediante esfuerzos de trabajo (Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing, Fixed Offshore Platforms Working Stress Design).
- 11.5** API-RP-2A WSD 21a Edición, Diciembre 2000, Práctica recomendada para la planeación, diseño y construcción de plataformas marinas fijas. Diseño mediante esfuerzos de trabajo (Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing, Fixed Offshore Platforms Working Stress Design).

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	MUROS CONTRA INCENDIO	N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 48 de 50
---	------------------------------	---

- 11.6 API-RP-2A-LRFD 1a Edición, Julio 1993, Práctica recomendada para la planeación, diseño y construcción de plataformas marinas fijas. Diseño mediante factores de carga y resistencia (Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing, Fixed Offshore Platforms, Load and Resistance Factor Design).
- 11.7 API-RP-752, Edición Mayo 1995, Práctica recomendada para el manejo de riesgos asociados a la ubicación de edificios de plantas de proceso (Recommended Practice for Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Buildings).
- 11.8 ASTM A-242/242M-01, Edición Septiembre 2001, Norma para la especificación de acero estructural de alta resistencia y baja aleación (Standard specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel).
- 11.9 ASTM C-140A, Edición Junio 2002, Métodos normativos para el muestreo y pruebas de unidades de mampostería de concreto y relacionadas (Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units).
- 11.10 ASTM C-196-00, Edición Enero 2000, Norma para la especificación de vermiculita expandida o exfoliada para aislamiento térmico en el cemento (Standard specification for Expanded or Exfoliated Vermiculite Thermal Insulating Cement).
- 11.11 ASTM C-549, Edición Junio 2002, Norma para la especificación de perlita a granel para relleno en aislamiento (Standard Specification for Perlite Loose Fill Insulation).
- 11.12 ASTM E-119-00, Edición 2000, Métodos normativos para pruebas de fuego en edificios, construcción y materiales (Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials).
- 11.13 ASTM E-176-01, Edición Agosto 2001, Norma de terminología para fuego (Standard Terminology of Fire Standards).
- 11.14 ASTM E-84-01, Edición Julio 2001, Métodos normativos de prueba para determinación de las características superficiales de quemado en materiales de construcción (Standard Test Methods for Surface Burning Characteristics of Building Materials).
- 11.15 MOC-93, Edición 1993, Manual de diseño de obras civiles. Diseño por sismo, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad, México.
- 11.16 MOC-93, Edición 1993, Manual de diseño de obras civiles. Diseño por viento, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad, México.
- 11.17 NMX-C-037-1986 "Industria de la construcción. Concreto. Bloques. Ladrillos o tabiques y tabicones de concreto. Determinación de la absorción de agua"
- 11.18 NMX-C-238-1985 "Industria de la construcción. Materiales termoaislantes. Terminología".
- 11.19 NMX-C-294-1980 "Determinación de las características del quemado superficial de los materiales de construcción".
- 11.20 NMX-C-307-1982 "Industria de la construcción. Edificaciones. Componentes. Resistencia al fuego. Determinación"
- 11.21 NMX-C-405-1997 "Industria de la Construcción. Paneles para uso estructural en muros, techos y entrepisos".

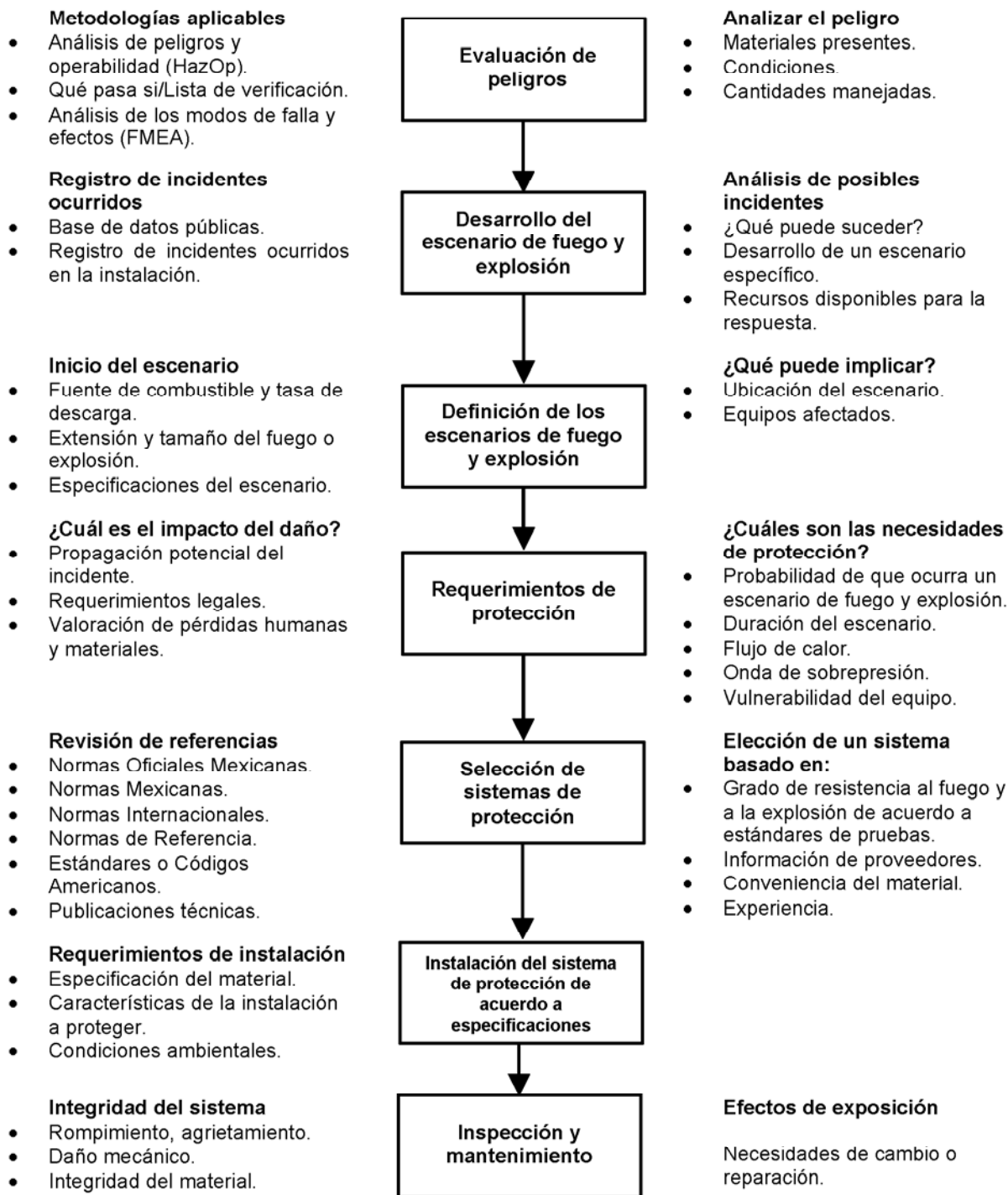
 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 49 de 50</p>
--	-------------------------------------	---

- 11.22** NMX-D-122-1973 "Determinación de las propiedades de resistencia a la corrosión de partes metálicas con recubrimientos, empleadas en vehículos automotores. Método de niebla salina".
- 11.23** NMX-H-122-1990 "Tornillos, birlos y sujetadores roscados externamente de acero aleado, templados y revenidos".
- 11.24** NMX-H-123-1990 "Tornillos de acero aleado, templados y revenidos para juntas de acero estructural".
- 11.25** NMX-S-044-1987 "**Seguridad. Tecnología del fuego. Terminología**".
- 11.26** N-003, Edición Febrero 1999, Norsok Standard N-003 Rev. 1, Acciones y sus efectos (Action and action effects), Norwegian Technology Standards Institution, Oslo, Norway.
- 11.27** N-004, Edición Diciembre 1998, Norsok Standard N-004 Rev. 1, Diseño de estructuras de acero (Design of steel structures), Norwegian Technology Standards Institution, Oslo, Norway.
- 11.28** NFPA 221, Edición Agosto 2000, Norma para muros y barreras contra incendio (Standard for Fire Walls and Fire Barrier Walls).
- 11.29** NFPA 251, Edición Agosto 1999, Métodos normativos para pruebas de resistencia al fuego en edificios, construcción y materiales (Standard Methods of Tests of Fire Endurance of Buildings Construction and Materials).
- 11.30** NOM-009-SCT4-1994 "Terminología y clasificación de mercancías peligrosas transportadas en embarcaciones".
- 11.31** NOM-018-ENER-1997 "Aislantes térmicos para edificaciones, características, límites y métodos de prueba".
- 11.32** NOM-105-STPS-1994 "**Seguridad. Tecnología del fuego. Terminología**".
- 11.33** RA-28 (Especificación PEMEX); **Recubrimiento anticorrosivo con acabado de poliuretano a base de componente de poli-isocianatos, cuyas características deben ser:** impermeabilidad, dureza, flexibilidad y adherencia, para proporcionar un acabado brillante, secado rápido, resistencia a los agentes químicos, a la abrasión, al impacto y a la exposición en ambientes salinos. RP-2 (Especificación PEMEX); **Recubrimiento primario a base de cromato de zinc.**
- 11.34** RP-7 (Especificación PEMEX); Recubrimiento primario a base de vinil epóxico modificado.
- 11.35** UL-1709, Edición Febrero 1987, Norma de seguridad, elevación súbita de intensidad de fuego en materiales de protección para acero estructural (Standard for Safety, Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel).
- 11.36** UL-2079 Pruebas para la resistencia al fuego en juntas de materiales de construcción. (Tests for fire resistant of building joint materials).

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>MUROS CONTRA INCENDIO</p>	<p>N° de Documento NRF-072-PEMEX-2004 Rev.: 0 Hoja 50 de 50</p>
--	-------------------------------------	---

12 ANEXOS

12.1 ANEXO.1 METODOLOGIA PARA LA DETERMINACIÓN DE UN ESCENARIO DE FUEGO



Para mayor referencia consultar las prácticas recomendadas por el Instituto Americano del Petróleo (API-PUB-2218).