

No. de Documento: NRF-025-PEMEX-2002	 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS
Rev.:0	
Fecha: 17 de noviembre de 2002	SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX PETROQUÍMICA
PÁGINA 1 DE 39	

AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 2 DE 39
--	--	--

HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA:

ING. FLORENTINO SÁNCHEZ PORTILLA
PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.

PROPONE:

ING. RAFAEL BEVERIDO LOMELÍN
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE
NORMALIZACIÓN DE PEMEX PETROQUÍMICA

APRUEBA:

ING. RAFAEL FERNÁNDEZ DE LA GARZA
PRESIDENTE DEL COMITÉ TÉCNICO DE
NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 3 DE 39
---	--	--

CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
0. INTRODUCCIÓN	4
1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. CAMPO DE APLICACIÓN	4
4. ACTUALIZACIÓN	5
5. REFERENCIAS	5
6. DEFINICIONES	5
7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	7
8. DESARROLLO	7
8.1 Materiales	7
8.2 Diseño	11
8.3 Selección del espesor termoaislante	12
8.4 Requisitos mínimos en la aplicación del aislamiento térmico	13
8.5 Muestreo e inspección	24
8.6 Criterios de mantenimiento mayor	25
9. RESPONSABILIDADES	26
10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES	27
11. BIBLIOGRAFÍA	28
12. ANEXOS	30

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 4 DE 39
--	---	--

0. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una gran cantidad y variedad de termoaislantes para equipos, recipientes y tubería que dan servicio a baja temperatura, sin embargo, mientras que en operación industrial a alta temperatura la instalación del Sistema Termoaislante puede admitir, de forma general, desviaciones sin abatir su eficiencia de modo considerable, en baja temperatura esto no es admisible, por la intromisión de agua que abate la eficiencia, incrementa costos y disminuye la vida útil del Sistema Termoaislante. Además la Norma Oficial Mexicana para la eficiencia Térmica NOM 009 ENER 1995 editada en el Diario Oficial del 08 de Noviembre de 1995 sólo considera un rango de temperaturas de 198 K (–75 °C) a 1088 K (815 °C), en tanto que en las instalaciones industriales de Petróleos Mexicanos existen procesos a temperaturas inferiores a –75 °C; por lo que Petróleos Mexicanos elaboró esta norma de referencia para cubrir lo antes expuesto.

En la elaboración de esta Norma de Referencia participaron:

Por Petróleos Mexicanos:

Pemex Corporativo,
Pemex Petroquímica,
Pemex Exploración y Producción,
Pemex Gas y Petroquímica Básica,
Pemex Refinación,

Además las Empresas:

Aislantes Minerales, S.A. de C.V.,
Glassfiber del Norte, S.A. de C.V. y
Areche Ingenieros, S.A. de C.V.

1. OBJETIVO

Contar con un documento normativo que contemple los requisitos que deben cumplirse en la adquisición de los aislantes térmicos, incluyendo nuevos productos y tecnologías.

Reducir las pérdidas de energía por la entrada de calor o energía del medio ambiente en las instalaciones industriales que operen equipos, recipientes y tuberías a baja temperatura y establecer los requisitos para la selección, diseño, especificación, montaje, inspección y mantenimiento de un sistema de aislamiento térmico

Evitar daños a las instalaciones donde se apliquen estos materiales, riesgos a la salud de los trabajadores y minimizar el riesgo de impacto ambiental que estos representan.

2. ALCANCE

Esta norma de referencia establece los requisitos mínimos que se deben cumplir para la selección del espesor y aplicación de los materiales de aislamiento térmico en recipientes, equipo y tubería en servicio de baja temperatura en Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios.

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la contratación o adquisición de los bienes y servicios objeto de la misma, que lleven a cabo los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación: Licitación pública, invitación a cuando menos tres personas o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor, contratista o licitante.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA 	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 5 DE 39
--	--	--

4. ACTUALIZACIÓN

Esta norma se debe revisar y actualizar al menos cada 5 años o antes si las sugerencias y recomendaciones de cambio lo ameritan.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma, deben enviarse al Secretario del Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Petroquímica, 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 su programa anual de Normalización.

Las propuestas y sugerencias deben dirigirse por escrito al:

Subcomité Técnico de Normalización de Pemex Petroquímica
Jacarandas No. 100, Col. Rancho Alegre, Coatzacoalcos, Ver.,
Tel. (921) 111-00 Ext. 20-445, Fax Ext. 21-505 y correo electrónico sorduna@ptq.pemex.com

5. REFERENCIAS

NOM-009-ENER-1995 "Eficiencia Energética en Aislamientos Térmicos Industriales"

6. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

6.1 Accesorios de tubería.- Elementos que permiten insertar tuberías, cambiar dirección, incrementar o disminuir diámetros, dividir flujos, controlar flujos, tales como codos de 90° o 45° de radio corto o largo, té, reducciones, bridas, válvulas, tapones, entre otros.

6.2 Ancla.- Accesorio que sirve para la fijación del termoaislante, puede ser en forma de tuercas, pernos, barra o ángulo metálico, la cual se suelda a la superficie por aislar.

6.3 Baja temperatura.- Se consideran bajas temperaturas las de 310.15 K (37° C) y menores.

6.4 Barrera retardante al paso de vapor.- Material o composición de materiales que solo se usan a baja temperatura y que presenta gran resistencia al paso de vapor de agua (permeabilidad de 0.01 perm métrico o menor).

6.5 Clip.- Elemento que permite absorber la dilatación o contracción de la cubierta metálica una vez que el equipo entra en operación.

6.6 Conductividad térmica (k).- Propiedad de un cuerpo homogéneo, definida como la cantidad de calor que fluye perpendicularmente a través de un área unitaria por unidad de tiempo, manteniendo una diferencia de temperatura unitaria entre las caras de un material de espesor unitario. Se expresan en: [W/m-K] [kcal-m/h-m²-°C].

6.7 Materiales o elementos de sujeción.- Soportes metálicos, anclas, pernos, clips, alambre, mallas metálicas, flejes y resortes que sirven para sujetar al termoaislante, confinarlo en un lugar y posición específica, y prevenir su desplazamiento, asentamiento o ruptura dentro de condiciones de operación típicas.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 6 DE 39
---	---	--

6.8 Equipo.- Es todo recipiente, cambiador de calor, tanque de almacenamiento, torre de destilación, reactor, tambor, desaerador, tanque horizontal, entre otros., que se involucre en un proceso de transformación industrial.

6.9 Grapa o sello.- Accesorio empleado para fijación de flejes.

6.10 Juntas de expansión Elemento que permite absorber las diferencias de expansión y contracción que se presentan entre el termoaislante y el sustrato metálico a consecuencia de cambios de temperatura.

6.11 Junteo.- Acción de adherir partes del termoaislante por los cantos.

6.12 Perm.- Medida de transmisión de vapor de agua (permeabilidad) cuya unidad equivale al paso de 2.75×10^{-5} kilogramos de agua en una hora de operación a través de un metro cuadrado de superficie y cuando entre las dos caras existe una diferencia de presión de 1.0 mm de mercurio.

6.13 Sistema termoaislante.- Combinación de materiales que incorpora un material termoaislante, materiales adhesivos o de sujeción, barrera de vapor (sí se requiere) y materiales de acabado.

6.14 Soporte.- Anillos, vigas, anclas, pernos, patas, faldones y demás elementos estructurales que sirvan para apoyar a la tubería o equipo y a su respectivo sistema termoaislante.

6.15 Permeancia.- Propiedad que define la capacidad que tiene un material para permitir a travez de él, el paso de materia.

6.16 Permeabilidad.- Es la permeancia medida de manera unitaria.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 7 DE 39
--	---	--

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

API	Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute)
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials)
BTU	Unidad térmica británica (British Thermal Unit)
CFC's	Compuestos Cloro-Fluoro-Carbonados
cm	Centímetro
CNPMOS	Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios
dB	Decibeles
ENER	Energía
h	Hora
Hg	Mercurio
K	Temperatura Kelvin
kcal	Kilocalorías
kpa	Kilopascuales
l	Litro
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
m	Metro
mm	Milímetro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
NFPA	Asociación Nacional de Protección Contra Incendio (National Fire Protection Association)
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
PEMEX	Petróleos Mexicanos
perm	Permeabilidad
pH	Potencial hidrógeno
pie²	Pie cuadrado
ppm	Partes por millón
pulg o in	Pulgada
s	Segundo
W	Watt
°C	Grado centigrado
°F	Grado fahrenheit

7. DESARROLLO

8.1 Materiales

Los materiales que se utilizan para implementar un sistema termoaislante en equipos, recipientes y tuberías que dan servicio en baja temperatura en plantas de proceso, se clasifican en dos grupos: Materiales termoaislantes y materiales complementarios.

8.1.1 Materiales termoaislantes.

Estos materiales tienen como función básica mantener las condiciones de temperatura de operación de acuerdo a los requerimientos del proceso, en servicio de baja temperatura solo deben utilizarse materiales celulares. En el punto 12.1 se muestra tabla comparativa de los materiales termoaislantes según características y propiedades de los mismos, que son utilizados en instalaciones industriales en equipo y tubería que da servicio en baja temperatura.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 8 DE 39
--	--	---

8.1.2 Materiales complementarios.

Estos materiales cumplen la función de sujetar y proteger al sistema termoaislante.

8.1.2.1 Materiales de sujeción. Estos materiales tienen la función de sujetar al termoaislante sobre la pared metálica del tubo o equipo, y se complementan con la soportería de éstos. A continuación se enlista la codificación y descripción de los comúnmente más utilizados:

- MS-1** Perno autosoldante de acero al carbono galvanizado de doble punta, calibre 2 - 4 mm ($\frac{1}{8}$ pulgada) longitud por lo menos 13 mm ($\frac{1}{2}$ pulgada) más que el espesor termoaislante de la primera o segunda capa, tipo P-2-P (Aplicable sólo en sistemas de doble o múltiple capa).
- MS-2** Clip sujetador rápido de acero al carbono galvanizado. Rectangular de 25 x 31.7 mm o circular de tamaño equivalente, calibre 22 con barrenado de acuerdo con el calibre del perno.
- MS-3** Alambre de acero galvanizado, templado, calibre 16 AWG, peso por metro 0.016 kg.
- MS-4** Fleje de acero galvanizado, 19 mm ($\frac{3}{4}$ pulgada) de ancho, calibre 26.
- MS-5** Grapa o sello de acero galvanizado, 19 mm ($\frac{3}{4}$ pulgada) de ancho.
- MS-6** Varilla redonda de acero al carbono ASTM A36 de 6.4 mm de diámetro. Para sujeción flotante.
- MS-7** Aislamiento de fibra mineral suelta para relleno de juntas de expansión.
- MS-8** Cinta plástica adhesiva de 51 mm de ancho. Para sujetar las medias cañas de forma permanente hasta 305 mm de diámetro aislado o provisional para 356 mm y mayores.
- MS-9** Emulsión asfáltica base solvente o agua. Usada como adhesivo para el vidrio espumado. Permeabilidad igual o menor a 0.01 perm métrico sobre 3.2 mm. Tiempo de secado de 6 a 36 horas. Contenido de sólidos 51% en volumen. Rendimiento 2.4 l/m². Temperatura mínima de aplicación: 244 K (-29°C). Tipo C I Mastic 60 25 o equivalente. El uso del C I Mastique en equipos está restringido por su tiempo de secado, es más viable usarlo en tuberías.
- MS-10** Emulsión asfáltica base agua color negro. Usada sobre vidrio espumado como recubrimiento antiabrasivo. Tiempo de secado 1 a 8 horas. Contenido de sólidos 45% en volumen. Rendimiento 1.0 litros/m². Temperatura mínima de aplicación 255 K (-18°C). Tipo H.I. Mastic 90 07 o Mastic AMG-AT o equivalente (No es barrera retardante al paso de vapor).
- MS-11** Adhesivo bicomponente. Cura en ausencia de aire. Contenido de sólidos 94 a 96%. Permeabilidad 0.01 perm-cm. Temperatura de servicio de 218 a 355 K (-55 a 82°C). Rendimiento 0.42 m²/litro incluyendo desperdicios con película de 2 mm. Tiempo de secado 45 a 60 minutos. Color negro. Usado para adherir piezas de vidrio celular entre sí y a otras superficies. Tipo PC 88 o equivalente.
- MS-12** Fleje de acero inoxidable AISI 304, ASTM A240, espesor 0.51 mm y ancho 19 mm. Tipo RPR INSULATE o equivalente. Uno cada 30 cm. Para sujetar termoaislante.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 9 DE 39
--	--	---

MS-13 Resortes tensores de acero inoxidable. Aleación T 302. Longitud 122 mm. Diámetro 18 mm. Diámetro del alambre del resorte 2.6 mm. Elongación máxima 235 mm con 100 kg de carga. Tipo RPR INSULMATE/ES-7 o equivalente.

Notas:

- a) Los adhesivos deben ser de fácil aplicación, secado rápido, fuerte adherencia y resistencia a la temperatura ambiente; cuando se trate de capa múltiple, en todos los casos debe ser barrera retardante al paso de vapor.
- b) Las anclas nunca deben soldarse en campo sin considerar el relevado de esfuerzos del equipo o tubería y su longitud será al menos ¼ de pulgada mayor al espesor del termoaislante.

8.1.2.2 Materiales de acabado. Estos materiales tienen la función de proteger al sistema termoaislante del clima y el abuso mecánico. A continuación se describen los de uso más común con su respectiva codificación.

- MA-1** Tela reforzante de fibra de vidrio en rollos de 50 m de largo x 914 mm de ancho; malla de 10x10 (100 cuadros por pulgada cuadrada).
- MA-2** Cemento monolítico de acabado a base de fibra mineral aglutinado con bentonita. Rendimiento 6.6 kg/m² en película de 10 mm de espesor (seca).
- MA-3** Emulsión asfáltico–aromática tipo mastique impermeable al vapor de agua, permeabilidad menor que 0.01 perm métrico para sellar juntas de aislamiento.
- MA-4** Emulsión asfáltico–acuosa tipo mastique. Reforzado y permeable al vapor de agua, rendimiento 2.5 l/m². Tiempo de secado 1 a 8 horas.
- MA-5** Malla de fibra de vidrio tratada. 10 hilos de pie y 10 hilos de trama.
- MA-6** Lámina de aluminio lisa, acanalada o amartillada, aleación 3003, 1100, 3125 o semejante, dureza H-14 o H-16, espesor 0.61 mm (0.024 pulgadas) rollos de 0.914 m de ancho.
- MA-7** Adhesivos barrera de vapor para unir firmemente el aislamiento preformado de plásticos espumados.
- MA-8** Sellador de baja permeancia a base de solventes y aceite polimerizado, 96% de sólidos, permanentemente plástico y flexible. Para sellar traslapes del enchaquetado de aluminio.
- MA-9** Fleje de aluminio, aleación 1100-1200, dureza H14 o H-16 espesor 0.508 mm (0.020 pulgadas), ancho 19 mm (3/4 pulgada).
- MA-10** Grapa o sello para fleje de aluminio, ancho 19 mm (3/4 pulgada). Aleación 1100, dureza H-14.
- MA-11** Fleje de acero inoxidable AISI 304, ASTM A-240, espesor 0.51 mm y ancho 19 mm Tipo RPR INSULMATE o equivalente. Uno cada 30 cm. Para sujetar el enchaquetado de aluminio en tuberías o equipo.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 10 DE 39
--	---	--

- MA-12** Lámina de acero inoxidable lisa o con corrugaciones de 5 mm, la lámina será del tipo 304 con un espesor de 0.406 mm para tubo y recipientes de 76 cm de diámetro exterior de aislamiento y menores, se usará sólo en ambientes químicamente agresivos para el aluminio (ambientes clorados).
- MA-13** Malla de alambre galvanizado por inmersión en caliente, trama hexagonal con diamante de 13 mm en calibre 18, ancho 1.0 m.
- MA-14** Lámina de acero inoxidable con corrugaciones de 32 mm de paso x 10 mm, la lámina será del tipo 304 con un espesor mínimo de 0.480 mm para tanques y recipientes verticales mayores de 76 cm de diámetro exterior de aislamiento. Se usará sólo en ambientes químicamente agresivos para el aluminio (ambientes clorados).
- MA-15** Barrera contra el clima, para baja temperatura, a base de polímeros (HYPALON o equivalente), color blanco, permeancia 0.05 perm, resistente al fuego, tiempo de secado de 3 a 48 horas, contenido de sólidos 32% en volumen. rendimiento 2.3 l/m². Tipo FOSTER monolar mastique 6036 o equivalente.
- MA-16** Lámina de aluminio lisa. Aleación 3105. Dureza H-14. ASTM B 209. Espesor 0.61 mm. Ancho 914 mm. Peso 1.647 kg/m². Con recubrimiento dieléctrico - anticorrosivo interno a base de papel kraft (18 Kg) con película de polietileno. Para protección contra intemperie. Tipo RPR INSULATE o equivalente.
- MA-17** Malla de poliéster tratada. 10 hilos de pie y 10 hilos de trama. (100 cuadros/pulg²). Rollos de 0.89 x 91.5 m. MAST-A-FAB (FOSTER) o equivalente.
- MA-18** Emulsión polimérica. Acabado fuerte y flexible blanco, aplicable solo sobre vidrio espumado. Resistente al fuego. Reforzado. Rendimiento 0.6 l/m². Tiempo de secado de 1 a 4 horas. Cubetas de 19 litros o tambos de 200 litros. No es barrera retardante al paso de vapor. Tipo FOSTER LAGTONE 30 70 o equivalente.
- MA-19** Lámina lisa de acero inoxidable AISI 304. ASTM A 167, espesor 0.38 mm para equipo y 0.33 mm para tubería. Peso aproximado 3.11 y 2.70 kg/m².
- MA-20** Sello para fleje de acero inoxidable. Aleación AISI 304. ASTM A 167. Ancho 19 mm.

Notas:

- El tipo de metal seleccionado como acabado debe resistir las condiciones corrosivas del lugar.
- Para efectos de anclaje u otros, la cubierta metálica nunca debe estar en contacto con la superficie fría. Para favorecer la firmeza mecánica de la cubierta metálica ésta debe ser bordoneada o engargolada.

8.1.2.3 Barreras retardantes al paso de vapor. Estos materiales tienen la función de proteger al sistema termoaislante contra las filtraciones de vapor de agua y gases. A continuación se enlista la codificación y descripción de los comúnmente más utilizados:

- BV-1** Emulsión de base asfáltica, acrílica o polimérica, con o sin solventes, permeabilidad igual o menor a 0.01 perm, tiempo de secado 6 a 36 horas, contenido de sólidos 51% en volumen, rendimiento 2.4 l/m², cubetas de 19 litros o tambores de 200 litros, este material debe colocarse, por lo menos, en doble capa reforzado con malla M.A.19. Las emulsiones

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 11 DE 39
--	--	--

acrílicas serán preferidas sobre las asfálticas en los casos en que la instalación presente riesgo de incendio.

8.1.2.4 Otros materiales. Estos materiales tienen la función de proteger y rellenar en el sistema termoaislante. A continuación se enlista la codificación y descripción de los comúnmente más utilizados:

- OM-1** Recubrimiento primario 100% inorgánico a base de zinc, base solvente y autocurante RP-4 tipo B, rendimiento 0.23 l/m².
- OM-2** Fibra de vidrio o mineral suelta para relleno de juntas de expansión, densidad 64 kg/m³, temperatura límite de servicio 723 K (450 °C).
- OM-3** Sellador de baja permeancia base acuosa o solventes, contenido de sólidos 94% en volumen, permanentemente plástico y flexible, rango de temperatura de aplicación de 200 K (–73°C) hasta 422 K (149°C), permeancia 0.08 perm, rendimiento 1.6 l/m².
- OM-4** Sellador para baja temperatura.
- OM-5** Adhesivo asfáltico base acuosa, color negro, tiempo de secado 10 a 30 minutos, temperatura mínima de aplicación 227 K (-46 °C), contenido de sólidos 60% en peso, rendimiento 1.5 l/m².
- OM-6** Adhesivo de contacto de secado al aire a base de hule sintético, cargas y solventes aromáticos, temperatura mínima de servicio 233 K (– 40°C), tiempo de secado 10 minutos a temperatura ambiente, rendimiento 5 m²/l, para termoaislante elastomérico.
- OM-7** Adhesivo bicomponente de secado lento, temperatura mínima de servicio 268 K (–5°C), permeancia 0.008 perm, rendimiento 0.5 m²/l, para termoaislante de vidrio espumado.

8.2 Diseño

8.2.1 Selección del tipo de aislamiento

El sistema termoaislante seleccionado debe cubrir separada o simultáneamente los siguientes requisitos:

8.2.1.1 Estabilidad en la operación. El espesor y tipo de termoaislante serán los adecuados para mantener las condiciones de operación dentro de los límites de diseño y en cada caso debe ser determinado específicamente de acuerdo a esta norma.

8.2.1.2 Protección al Personal. El tipo de material termoaislante seleccionado no debe ser combustible y no debe incluir en su formulación poli-isocianuratos, salvo las excepciones que se mencionan en esta norma.

8.2.1.3 Protección Ambiental. El material termoaislante seleccionado no debe usar CFC's dentro de sus procesos de elaboración, preparación o aplicación. Su disposición final, como desecho, debe ser conforme se establece en la LGEEPA.

8.2.1.4 Prevención de la condensación. El espesor del termoaislante seleccionado debe ser capaz de garantizar una temperatura de superficie superior al punto de rocío del lugar a fin de evitar condensación y goteo durante las 12 horas del día y al menos 8 ó 10 horas por la noche. Comúnmente, este concepto es el mandatorio para definir el espesor termoaislante. Esto ocurre con un nivel de transferencia de calor de 20 - 25 W/m².

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 12 DE 39
--	--	--

8.2.1.5 Vida útil. El material termoaislante seleccionado debe mantener su efectividad al menos 15 años, en las condiciones para las que fue seleccionado.

En el punto 12.4, se muestran las características de los materiales termoaislantes utilizados para recipientes, equipos y tubería con servicio en baja temperatura.

Para equipos y tubería en servicio de baja temperatura en las instalaciones de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios debe utilizarse vidrio celular tipo T4 (ASTM G552) como material termoaislante, debido a las características de los materiales termoaislantes mostradas en el punto 12.1 y los requerimientos marcados en el punto 8.2.1.

Excepción:

Con la finalidad de disminuir los riesgos al personal y para proteger el medio ambiente, el uso de poliuretano espreado en sitio se limita únicamente a superficies irregulares o de difícil acceso que no admitan termoaislantes preformados o precortados. Para este caso la propuesta del prestador de servicio debe ser aprobada previamente por Petróleos Mexicanos.

8.3 Selección del espesor del termoaislante

8.3.1 Máxima transferencia de calor.

La máxima transferencia de calor del ambiente a un sistema se deriva de establecer un balance económico con respecto al espesor del aislante, entre los costos de los diferentes componentes del sistema termoaislante (costos fijos, ascendentes) y los costos de energía térmica desperdiciada (costos de operación, descendentes). Este parámetro servirá de referencia para calcular el espesor de un termoaislante cualquiera. Una vez establecida la máxima transferencia de calor permisible por ganancia al ambiente, de acuerdo a la superficie por aislar y la temperatura máxima de operación, se podrá calcular el espesor requerido para un material de aislamiento dado o seleccionar el espesor adecuado.

Esta norma de referencia adopta como base para la determinación del espesor termoaislante los criterios de los puntos 4 y 6, "Criterios de diseño" y "Máxima transferencia de calor" respectivamente, de la norma NOM-009-ENER-1995 que indica que "El uso y aplicación de termoaislantes debe cubrir, separada o simultáneamente, propósitos de ahorro de energía, protección al personal, economía y control de condensación".

Los espesores seleccionados deben equilibrar los factores: Inversión necesaria, costos de operación y control de condensación.

8.4 Requisitos mínimos en la aplicación del aislamiento térmico

El prestador de servicio debe presentar a consideración de Petróleos Mexicanos un procedimiento para la instalación del sistema termoaislante, considerando los siguientes aspectos:

8.4.1 Limpieza.

La superficie por aislar debe limpiarse perfectamente, eliminando óxidos, grasas o escoria, usando medios mecánicos como fibra, cepillo de alambre, chorro de arena (cumpliendo con la LGEEPA) o chorro de agua a alta presión. Sólo se podrán utilizar solventes con la autorización escrita de Petróleos Mexicanos. No se deben usar solventes clorados para limpiar superficies de acero inoxidable.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 13 DE 39
--	--	--

8.4.2 Preparación de la superficie.

Se debe aplicar recubrimiento primario OM-1 como lo establece Petróleos Mexicanos en la especificación P.2.411.01 "Sistemas de Protección Anticorrosiva a Base de Recubrimientos" inmediatamente después de la ejecución de la limpieza de la superficie por aislar. La función principal es lograr una buena adherencia con el sustrato metálico, inhibir la corrosión y presentar una superficie áspera y compatible con el termoaislante y/o el adhesivo usado.

8.4.3 Aislamiento por protección a instalaciones.

Se procede a la colocación del termoaislante una vez que la tubería, equipo o recipientes han sido probados neumática o hidrostáticamente a la presión de prueba. Todos los remates deben sellarse con barrera retardante al paso de vapor BV-1.

Para la aplicación de los adhesivos, deben respetarse las temperaturas de pared o ambientales, con el equipo fuera de operación, que marquen sus propias especificaciones.

Cuando el espesor del termoaislante sea mayor que 76 mm, se utiliza doble capa de termoaislante, cumpliendo los siguientes lineamientos:

- Cuando sea posible las dos capas deben ser del mismo espesor.
- Si lo anterior no es posible, la capa de mayor espesor se debe colocar primero.
- Las juntas de las piezas de aislamiento no deben coincidir en ningún sentido. Deben colocarse alternadamente de tramo en tramo y de capa a capa con un desfase de 50 mm o mayor.
- Si la temperatura de operación es tan baja que rebasa el límite de temperatura de servicio de los adhesivos recomendados (para temperaturas menores a -58°C se usa fijación mecánica que es a la temperatura en que se utiliza mas de una capa), se realiza el procedimiento siguiente:
 - I. La primera capa se fija mecánicamente y la segunda o última se fija a la anterior por adhesión, para esto, se debe calcular la temperatura resultante entre la primera y la segunda capa a fin de determinar si está dentro del rango de uso del adhesivo.

Si no es así:

- II. La segunda capa se fija mecánicamente y la tercera o última se fija a la anterior por adhesión. Para esto, se debe calcular la temperatura intercapa a fin de determinar si está dentro del rango de uso del adhesivo, se puede incrementar el espesor de la primera o segunda capa para conseguir elevar la temperatura intercapa.
- Las placas de datos e identificación sobre equipos o tubería, deben aislarse con sistemas removibles debidamente rematados y sellados, este resane debe ser retirado y vuelto a colocar cada vez que se practique una inspección.
 - Cuando no se especifique en el diseño, es necesaria la autorización por escrito de Petróleos Mexicanos, para proceder a soldar pernos, grapas o cualquier tipo de soporte para aislamiento sobre tubería, equipo o recipientes en el campo. Esta fijación mecánica solo es admisible para la primera capa, cuando es doble, o para primera y segunda, cuando es triple.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 14 DE 39
--	--	--

- Una vez colocado el termoaislante, instalar el acabado ese mismo día. De no ser posible, el contratista de conformidad por escrito con Petróleos Mexicanos tomará las precauciones necesarias para dejarlo debidamente protegido de la intemperie.
- Los termoaislantes no deben aplicarse húmedos o mojados.
- No debe existir incompatibilidad química de los materiales que componen el sistema termoaislante para evitar corrosión y degradación prematura.

8.4.4 Aislamiento por protección al personal.

Todos los termoaislantes y recubrimientos usados deben ser libres de asbesto.

8.4.5 Juntas de expansión:

Las juntas se ubicarán perpendicularmente al eje de la tubería y en equipos, paralela y perpendicularmente a su propio eje.

Cuando las juntas de expansión coincidan con los anillos de soporte, deben ubicarse debajo de ellos.

Dejar una separación mínima de 2 cm entre los tramos del termoaislante, guardando la distancia definida en el punto 12.3. Rellenar con fibra suelta.

Sobre las juntas de expansión no debe colocarse cemento monolítico ni cualquier otro elemento atizador o no deslizante.

Cuando se use capa múltiple, las juntas de expansión de una y otra capa deben desfasarse por lo menos 0.15 m. Las uniones de placas o preformados deben pegarse con OM-3.

Las juntas de expansión deben tratarse con sectores adecuados de termoaislante en espesores adicionales para evitar puntos de excesiva transferencia de calor.

Las juntas de expansión alrededor de boquillas y salientes deben formarse de materiales resilientes e invariablemente sellarse con barrera retardante al paso de vapor, mastique BV-1 o MS-11 y sellador OM-3.

En el caso particular del vidrio espumado, en capa múltiple, las juntas de expansión resultan críticas en las capas internas, en las que podrán ubicarse de acuerdo a lo mencionado en otros párrafos de este documento. Las juntas resultan siempre puntos críticos por donde pudiera penetrar vapor de agua, sin embargo, en las capas internas no ofrecen gran problema ya que el cubrimiento de la capa externa de vidrio espumado garantiza una barrera de vapor integral. En ella, el junteo de 2 mm entre los cantos de placas o medias cañas de vidrio espumado absorbe las pequeñas diferencias de movimiento dimensional por temperatura que pudieran presentarse entre el acero y el vidrio espumado de la capa externa.

En el punto 12.3 se muestra una guía al respecto.

8.4.6 Soportes para el aislamiento.

Los recipientes tuberías y equipos que vayan a aislarse deben tener los soportes necesarios para sujetar o sostener el aislamiento. Entre estos soportes se encuentran los anillos en recipientes y equipos verticales, los ángulos y barras en recipientes y equipos horizontales, las clavijas, tuercas sin rosca, entre otros; que se instalan soldados directamente. Los soportes para aislamiento en recipientes verticales deben localizarse a una distancia máxima de 3.70 m entre centros y de acuerdo a la longitud del aislamiento. Para tuberías que

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA 	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 15 DE 39
--	--	---

descansan sobre trabes, el soporte debe ser de poliuretano de alta densidad dentro de una placa de arrastre de acero inoxidable ASTM A 240 tipo 304 de un espesor mínimo de 0.125 mm (1/8 de pulg) (ver características y detalles de construcción en las figuras No.1 y 1-A).

En los equipos y tuberías con aislamiento de capas múltiples, los patines horizontales deben tener un ancho tal que sostenga la mitad del espesor de la última capa y en los casos de aislamiento de una sola capa la mitad del espesor del aislamiento.

Los sistemas de apoyo y sujeción son aceptables para baja temperatura, siempre que cumpla con las siguientes condiciones:

- i) Que en ningún caso establezca contacto entre la superficie fría y el ambiente.
- ii) Que en todo caso se recubra con el mismo espesor de termoaislante.

Para el efecto, los soportes deben dimensionarse de la siguiente forma:

- a) Capa sencilla. El ancho del patín será de la mitad del espesor del termoaislante.
- b) Capa múltiple. El ancho del patín será equivalente al espesor de las primeras capas más la mitad del espesor de la última capa.

Siempre que sea posible, en los puntos en que se ubiquen anillos de soporte se deben colocar sectores adicionales de termoaislante traslapados 51 mm sobre el termoaislante original, a fin de que el anillo soporte quede cubierto con el mismo espesor que el resto del equipo. Esto producirá escalones que para su protección contra intemperie deben tratarse con sistemas botaguas.

Cualquier inserto de apoyo tales como pernos, anillos de soporte, tuercas, entre otros, soldable o no, debe ser compatible con el metal de construcción de la tubería o equipo.

Solo se permite usar pernos para sujetar la primera capa en sistemas de doble capa o la primera y segunda en triple capa. La inserción de la placa de vidrio espumado debe hacerse con cuidado para evitar que se rompa o agriete.

La soldadura en los pernos debe ser tal que pueda soportar que el perno se pueda doblar, desde su posición vertical, 90° hacia los dos lados sucesivamente y recuperar su posición original sin daño. Después de esta prueba, debe poder soportar una tensión equivalente a tirar de él con un peso de 25 kg.

El patín de los anillos de soporte deben dimensionarse de manera que queden inmersos en el termoaislante.

Los soportes no deben entrar en contacto con la cubierta metálica exterior, para evitar puentes térmicos y la transferencia de calor correspondiente. Soportar la cubierta metálica con sistemas flotantes, auxiliándose de flejes.

Todos los faldones de las torres se aislarán al interior y exterior de la misma forma y con el mismo espesor que las paredes de los equipos y hasta una distancia de 4 veces el espesor termoaislante, rematando con BV-1 y OM-2.

En caso de necesitarse soportes adicionales que no hayan sido especificados o que no se muestren en los planos para construcción, éstos serán diseñados y suministrados por el Contratista y aprobados por Petróleos Mexicanos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 16 DE 39
--	---	--

En equipos, tanques de almacenamiento y en tuberías verticales se soldarán o superpondrán, con sistemas de tornillos pasados, anillos de soporte para el termoaislante espaciados de la siguiente manera:

Parte	Temperatura	Espaciado
Equipos	Hasta 198K (-75°C)	Cada 3.70 m
Tuberías verticales	Hasta 273 K (0°C)	Cada 12.00 m
Tuberías verticales	Hasta 198K (-75°C)	Cada 9.00 m

Este distanciamiento se mide a partir del primer anillo de soporte inferior, el cual se coloca justo encima de la línea tangencial del fondo del equipo soportado en patas o del cambio de dirección si es tubería. Si el equipo esta soportado en faldón, el primer anillo (el botaguas) se debe colocar a una distancia de 4 veces el espesor, medido a partir de la soldadura de unión del faldón al equipo, ver figura 2.

Los soportes pueden ser ángulos ó soleras. Soldados o atornillados.

Conviene que los anillos estén divididos en partes a fin de que puedan absorber la contracción propia del enfriamiento.

Los recipientes horizontales de 1.50 m de diámetro y mayores (equipos nuevos), deben estar provistos de, por lo menos, dos soportes angulares longitudinales soldados al casco.

La soportería propia del equipo podrá ser usada para el termoaislante.

8.4.7 Colocación del termoaislante en equipo y tubería

8.4.7.1 Condiciones generales para la colocación. La manera más sencilla de instalar el termoaislante en baja temperatura es fijándolo con un adhesivo. Existen adhesivos de uso particular para cada uno de los termoaislantes recomendados en este tipo de servicio. Deben cumplirse las condiciones siguientes:

- a) Las válvulas deben aislarse hasta la brida del bonete. Alrededor de válvulas y bridas, el contacto del termoaislante con el sustrato metálico (en la parte recta del tubo) debe ser sellado con BV-1 o MS-11 y OM-3.

En el caso de bridas o válvulas, donde las tuercas deban quedar accesibles, debe aislarse con sistemas removibles debidamente rematados y sellados, este resane debe ser retirado y vuelto a colocar cada vez que se practique una inspección.

En la vecindad de las válvulas, el contacto del vidrio espumado con el sustrato metálico debe sellarse con adhesivo MS-11 y OM-3.

- b) Cuando se use cubierta metálica sobre bloque de vidrio espumado, éste debe recubrirse, en su superficie exterior, con una película antiabrasiva de mastique MS-10.
- c) En los puntos en que se ubiquen anillos soporte se deben colocar sectores de termoaislante traslapados 51 mm sobre el termoaislante adyacente, a fin de procurar que el anillo soporte quede cubierto con el mismo espesor que el resto del equipo.
- d) Antes de colocar los acabados, debe revisarse que la superficie termoaislada no tenga grietas, roturas, juntas abiertas o cualquier otra anomalía sin sellar. Este es el paso más importante en la colocación del sistema termoaislante. El sello y tapajunteo con MS-11 debe evitar que por esos puntos se pueda introducir vapor de agua.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 17 DE 39
--	--	--

- e) El enchaquetado de aluminio se sujeta únicamente con fleje de acero inoxidable.
- f) Todo saliente metálico de recipientes, tubería o equipo se debe aislar hasta una distancia de 4 veces el espesor usado, rematando con el mismo preformado achaflanado, cubriendo con mastique BV-1 o MS-11 y sellador OM-3. Alrededor de salientes e insertos, los contactos entre la superficie interna del termoaislante y la superficie metálica deben quedar selladas con adhesivo MS-11 y sellador OM-3 para evitar la penetración de aire ambiente con su carga de vapor y evitar condensación y/o congelación.
- g) Cuando se trate de cabezas de equipos que sean planas, dejar una pendiente suficiente para permitir el rápido drenado de líquidos además de colocar botaguas.
- h) El diámetro interno del termoaislante preformado debe ajustarse al diámetro externo de la tubería sobre la que se ha de aplicar. Esta dimensión, la longitud y el espesor tendrán una tolerancia de acuerdo al estándar ASTM C 585.

8.4.7.2 Para equipos

- I. Sobre la superficie limpia y seca del equipo (también puede ser sobre la cara interna de la placa de material termoaislante) y en los cantos del termoaislante se aplica una capa de adhesivo, siguiendo las instrucciones del fabricante. La unión entre partes del termoaislante debe evitar la introducción de vapor de agua. Si el supervisor de Petróleos Mexicanos por la irregularidad del equipo a aislar lo considera necesario, ordenará una repasada a las juntas.

El adhesivo bicomponente MS-11 para el vidrio celular es de secado rápido (45 - 60 minutos), sin embargo en superficies como tapas inferiores de equipos y parte interna del techo de tanques de almacenamiento en las que se requiere que el adhesivo tenga un fraguado inmediato para evitar el desprendimiento de la placa, será tratado con un catalizador, Hold Catalyst de Pittsburgh Corning Co. o equivalente, observando los siguientes cuidados:

- a) El catalizador se aplica esparcido sobre el adhesivo MS-11 repellido previamente sobre la placa, basta una sola pasada.
- b) Después de la aplicación del catalizador, dentro de los siguientes 15 segundos, la placa tiene que colocarse firmemente en su lugar.
- c) La placa debe permanecer inmóvil, inicialmente, por lo menos un minuto. Después, de 3 a 4 minutos para asegurar su plena sujeción. Para favorecer este procedimiento, es conveniente trabajar en sectores diferentes del equipo que hayan sido determinados de forma preliminar. Es decir, poner una placa en un sector y luego en otro, de forma alternada, para inmovilizar las placas recién pegadas y eliminar tiempos muertos.
- II. Dando al adhesivo el tiempo de secado conforme a las especificaciones del fabricante, se coloca el termoaislante presionando las placas y bloques entre sí y contra la pared del equipo, a fin de conseguir la mejor adaptación y evitar huecos. Deben colocarse siempre en forma cuatrapeada.

Los anillos de soporte ubicados en los equipos se deben usar convenientemente para apoyar las placas de vidrio espumado y evitar que resbalen mientras el adhesivo fragua.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 18 DE 39
--	--	--

Cuando la temperatura de operación del equipo sea menor que la señalada como mínima temperatura de operación del adhesivo, de manera adicional al punto I, el termoaislante debe fijarse con un sistema mecánico (pernos, sistema flotante o a base de soportes integrados a la estructura del equipo).

Para asegurar la duración del sistema termoaislante, es conveniente reforzar la sujeción de las placas, colocando, además del adhesivo, fleje de acero inoxidable. La separación entre fleje y fleje será de entre 30 y 61 cm, dependiendo del tamaño de la placa.

Para conseguir un buen apriete de los flejes cuando el equipo entra en operación y se produce la contracción, es recomendable el uso de resortes tensores para unir las puntas de los flejes.

La colocación de los flejes, el manejo de la herramienta tensadora y flejadora y la colocación de los resortes tensores no debe producir roturas o agrietamientos en las placas.

- III. Cuando el diámetro del equipo lo permita, es recomendable auxiliarse de una banda elástica, colocada alrededor del equipo, para mantener al termoaislante fijo hasta que el adhesivo cure totalmente (este tiempo debe ser de acuerdo a las recomendaciones del fabricante).
- IV. Si hay necesidad de colocar una segunda o tercera capa, se repiten estos pasos. Cuando el espesor total es mayor a 76.2 mm (3 pulgadas), pero menor a 165.1 mm (6 1/2 pulgadas) se usa doble capa y cuando es igual o mayor a 165.1 mm (6 1/2 pulgadas) se usa capa múltiple.
- V. Adicionalmente, en la primera y segunda capa, se usan cinchos de fleje.
- VI. Las placas de vidrio espumado podrán aplicarse en su dimensión original o podrán redimensionarse, dependiendo del sector de equipo de que se trate, a propuesta del contratista con aprobación de Petróleos Mexicanos. Asimismo, en caso de ser requerido, las placas deben ajustarse a la curvatura del equipo por simple desgaste. El desgaste máximo será en el centro de la pieza.
- VII. Cuando se detecte que los soportes del equipo son insuficientes y por relevado de esfuerzos no sea posible soldar sobre la pared del recipiente, usar sistemas de sujeción flotante. El contratista debe presentar su propuesta del sistema, misma que debe ser avalada por Petróleos Mexicanos.
- VIII. En equipos como bombas y compresores se deben emplear sistemas termoaislantes removibles o alojados en cajas desmontables. Optar por poliuretano espolvoreado solo cuando no exista la posibilidad de utilizar vidrio celular. El sistema debe ser sellado con barrera retardante al paso de vapor.

Los instrumentos de medición incluyendo sus conexiones y tuberías, deben ser aislados y sellados con barrera de vapor. Si es necesario, emplear sistemas removibles. Dejar visibles solamente las partes fundamentales. Alrededor de las conexiones, por donde puede ocurrir penetración de vapor, el contacto del termoaislante con el sustrato metálico (en la parte recta del tubo o en la superficie del equipo) debe ser sellado con MS-11 y OM-3.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 19 DE 39
--	--	--

8.4.7.3 Para tubería

- I. Sobre la superficie limpia y seca de la tubería y en los cantos del termoaislante se aplica una capa de adhesivo siguiendo en todo caso las instrucciones del fabricante. La unión entre partes del termoaislante debe evitar la introducción de vapor de agua. Si el supervisor de Petróleos Mexicanos por la irregularidad de los arreglos de tubería a aislar lo considera necesario, ordenará una repasada a las juntas.
- II. Dando al adhesivo el tiempo de secado conforme a las especificaciones del fabricante, se coloca el termoaislante presionando los preformados entre sí y contra la pared de la tubería, a fin de conseguir la mejor adaptación y evitar espacios entre la tubería y el preformado.

Cuando la temperatura de operación de la tubería sea menor que la señalada como mínima temperatura de operación del adhesivo, de manera adicional al punto I, se fija el sistema termoaislante con cinchos de fleje.

- III. Se utiliza una banda elástica, colocada alrededor del tubo, para mantener al termoaislante fijo hasta que el adhesivo cure totalmente, tomando en consideración lo siguiente:

Si el diámetro exterior del sistema termoaislante es de 304.8 mm (12 pulgadas) y menor, se usa cinta plástica adhesiva para sujetar las medias cañas. Si el diámetro es de 355.6 mm (14 pulgadas) y mayor, se usa fleje de acero inoxidable. Tanto cinta como fleje, se colocan cada 30 cm.

- IV. Si el diseño indica que se debe colocar una segunda o tercera capa se repiten los pasos anteriores, observando lo siguiente:

Cuando el espesor total es mayor a 76.2 mm (3 pulgadas), pero menor a 165.1 mm (6 ½ pulgadas) se usa doble capa y cuando es igual o mayor a 165.1 mm (6 ½ pulgadas) se usa capa múltiple.

Las juntas deben quedar bien selladas con el mismo adhesivo. Si Petróleos Mexicanos lo solicita, sellar con barrera de vapor BV-1 (sólo la capa externa).

8.4.7.4 Para accesorios de tubería Es preferible el uso de termoaislantes prefabricados para accesorios de tubería, ya que presentan una mayor eficiencia térmica, sin embargo, se puede seguir el siguiente procedimiento:

- I. Para diámetros de tubería de 76 mm y menores, en aislamiento de codos, se sigue el contorno con segmentos del preformado o se hacen cortes de 45° sobre los extremos coincidentes. No se permite separación alguna.
- II. Para diámetros de tubería de 102 mm y mayores, en codos, el termoaislante se aplica en sectores curvos cortados y trazados, considerando el diámetro y forma del accesorio en cuestión.
- III. En general, para cualquier tipo de accesorio y para cualquier diámetro, se trazan y hacen los cortes suficientes y necesarios, de acuerdo a las prácticas comunes al respecto, a fin de que el acoplamiento entre el termoaislante y la superficie metálica no admita espacio alguno.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 20 DE 39
--	--	--

- IV. Todos los sectores así cortados deben unirse firmemente con el adhesivo correspondiente. Las juntas deben quedar bien selladas con el mismo adhesivo. Si se desea mayor seguridad se pueden sellar con barrera de vapor BV-1 o MS-11.
- V. Ramales de diámetro menor conectados a tubería o equipo principal, deben aislarse hasta 50 cm después de la primera válvula de bloqueo.

8.4.8 Colocación de acabados

8.4.8.1 Condiciones generales para la colocación. Antes de colocar el acabado el contratante debe inspeccionar que la superficie del termoaislante instalado este libre de roturas, abolsamientos, huecos o irregularidades excesivas, así mismo, deben cumplirse las condiciones siguientes

a) Para acabado metálico

Para poliuretano espreado en sitio, se cumplirán los siguientes pasos para la colocación del acabado metálico:

1. Se repella una primera capa de BV-1 sobre el termoaislante, debidamente limpio y seco. A esta primera capa se le da un tiempo de secado de entre 6 y 8 h.
2. Se coloca un recubrimiento de refuerzo consistente de malla de poliéster MA-17. La malla debe adherirse a la base de BV-1 sin embeberse, arrugarse, desgarrarse o abolsarse. La malla se traslapa 5 cm en los dos sentidos.
3. Se aplica una nueva capa repellada de BV-1. La capa debe distribuirse uniformemente para cubrir y tapar completamente la malla de refuerzo.
4. Para prevenir los efectos corrosivos de condensaciones indeseables en la superficie de contacto termoaislante - enchaquetado metálico, la lámina debe tener un recubrimiento anticorrosivo-dieléctrico integrado en su lado interno.

Para vidrio espumado, se cumplirán los siguientes pasos antes de la colocación del acabado metálico:

- i) Sobre la superficie se repella una capa de MS-10. Esto tiene como propósito evitar abrasión entre el vidrio espumado y el acabado metálico debido a las dilataciones y contracciones que ocurren con los cambios de temperatura durante las 24 horas. Este recubrimiento no cumple funciones de barrera retardante al paso de vapor.
- ii) Cuando el MS-10 esta seco al tacto, se coloca el acabado metálico.

Notas:

- La lámina de aluminio MA-16 se usa en todas las áreas en donde no existan ambientes, derrames o goteos alcalinos o clorados que puedan afectarla. En tanques grandes y para efectos de presentación se usa lámina martillada MA-6, con dibujos grabados o corrugada que permitan absorber deformaciones.
- La lámina de acero inoxidable MA-12 se utiliza en medios salinos y altamente corrosivos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 21 DE 39
--	--	--

b) Para acabado no metálico

1. Para la colocación de un acabado no metálico del tipo MA-18 o MA-15 (Para su selección deben consultarse las tablas de resistencia a los agentes químicos contenidas en la información proporcionada por el fabricante) se deben seguir las instrucciones del fabricante. En este caso se prescindirá del recubrimiento antiabrasivo.
2. Los materiales a base de agua no deben aplicarse en superficies planas como tapas de equipos. Deben protegerse, durante su almacenaje, de condiciones de congelamiento y no deben colocarse si durante las 24 horas siguientes se espera temperatura ambiente menor de 273 K (0°C). Los materiales a base de solventes obvian la problemática anterior pero son altamente combustibles, por lo que no se utilizan.

8.4.8.2 Para la colocación del acabado metálico

- I. En tuberías y cuerpo de recipientes de diámetro menor a 2.50 m se precisa de un rolado previo sobre la pieza de lámina para mejorar su adaptación a la superficie cilíndrica.
- II. Las bandas de 0.914 m de ancho se colocan en posición perpendicular al eje principal del recipiente o la tubería, dejando traslape botaguas de 5 a 8 cm en los dos sentidos.
- III. Con vidrio celular y cuando el espesor termoaislante es de 76 mm o mayor, sobre los traslapes de equipo y tuberías colocar flejes guardando entre ellos una distancia de 0.30 m entre ellos. En accesorios de tubería el distanciamiento será de 0.10 m.
- IV. Usar flejes MA-11 con una distribución a cada 0.30 m; flejes con una longitud mayor a 3 m deben dividirse en dos o más sectores uniendo éstos con tornillos sin fin para mejorar la tensión del fleje alrededor del equipo. Estos tornillos, en su colocación, no deben romper o deformar la cubierta metálica. Los flejes se colocan justo encima o debajo de la línea tangencial en los extremos del cuerpo del equipo.
- V. En zonas con presencia, aún ocasional, de vientos huracanados, se debe prevenir el esfuerzo de levante excesivo del enchaquetado de aluminio en equipos y tuberías aisladas con diámetro externo de 203 mm (8 pulgadas) y mayores, tomando las siguientes medidas:
 1. Se usan flejes de 19 mm o más, espaciados 230 mm o menos.
 2. Los resortes de expansión deben estar bien ajustados.
 3. Si se usa lámina de aluminio corrugada, los traslapes deben de tener un mínimo de 2.5 corrugaciones y la orilla de la lámina debe asentar en "valle".
 4. En equipos y tuberías de 914 mm o más de diámetro aislado, las juntas circunferenciales tendrán un traslape mínimo de 150 mm con dos flejes en cada traslape.
 5. Los traslapes longitudinales en equipos y tuberías se colocan fuera del impacto de los vientos dominantes.
- VI. En equipos de 1.5 m de diámetro o mayor, sujetar con flejes, con traslape vertical de la lámina metálica a cada 1.80 m ó 120° a fin de que pueda deslizarse y absorber la dilatación o contracción del equipo, sin esfuerzos cortantes.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 22 DE 39
--	--	--

- VII. En las cabezas de los recipientes o en los accesorios de tubería, trazar y cortar la lámina metálica en segmentos siguiendo la forma geométrica a fin de lograr el mejor acoplamiento contra el contorno del termoaislante instalado. En equipos donde la cubierta metálica no está apoyada en soportes, estos segmentos se anclan a un anillo flotante colocado sobre el aislamiento de las boquillas de las cabezas. Este anillo flotante puede ser de alambρόn de acero inoxidable.
- VIII. En ningún caso se permite que el enchaquetado quede separado de la superficie del termoaislante, que forme bolsas o que quede sumido, forzado y/o deformado por sus propios elementos de sujeción.
- IX. Los traslapes deben ser:
 - a) Lisos o bordoneados en tramos rectos de tubería y en el cuerpo del equipo cuando su cubierta metálica esté apoyada en anillos de soporte fijos o flotantes.
 - b) Engargolados en cabezas y cuerpo, cuando esos soportes no existan.
 - c) Engargolados en aristas de válvulas, bridas y tapones.
 - d) Bordoneados en las cabezas de equipos, con o sin soportes y en accesorios de tubería.
 - e) Si los traslapes son lisos, en tuberías de 0.914 m de diámetro exterior y mayores o equipos, usar clips en forma de "s" cada 0.30 m; siempre que sea posible sobre el clip "s" debe colocarse un fleje.
 - f) En equipos, se deben usar clips "J" para direccionar y asegurar los flejes
- X. En las cabezas de los recipientes o accesorios de tubería no se usan flejes La lámina debe quedar fija con sólo los traslapes engargolados..
- XI. Todos los traslapes, tanto en tubería como en accesorios y recipientes, deben sellarse con sellador OM-3.
- XII. El enchaquetado de las cabezas se debe traslapar al menos 0.15 m con el del cuerpo del equipo, en forma de botaguas.
- XIII. En los lugares donde sea necesario (boquillas, soportes, colgantes, aristas, bridas, válvulas, patas, faldones, entre otros), instalar láminas botaguas; de forma adicional usar sellador OM-3.
- XIV. El enchaquetado de aluminio en ningún caso debe de entrar en contacto con la superficie fría.
- XV. La cubierta metálica debe emplear formas botaguas especiales, para absorber la deformación causada por los sectores adicionales de termoaislante colocados sobre los anillos de soporte, a fin de que queden cubiertos por el mismo espesor que el resto de la tubería o equipo.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 23 DE 39
--	--	--

8.4.8.3 Colocación del acabado no metálico

- **Cuando el termoaislante va adherido:**

1. Si el termoaislante es vidrio espumado

- I. Colocar una capa continua y hermética de barrera de vapor y acabado contra intemperie, del tipo MA-15, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- II. También puede optarse por colocar un acabado del tipo MS-10, aplicando los pasos siguientes:
 - a) En su superficie se repella una primera capa de MS-10. A esta primera capa se le da un tiempo de secado de dos a tres horas.
 - b) Se coloca un recubrimiento de refuerzo de malla MA-17. Debe cuidarse que, en su colocación, la malla se adhiera fácilmente a la base de MS-10 sin embeberse, arrugarse, desgarrarse o abolsarse. La malla debe traslaparse 5 cm en los dos sentidos.
 - c) Se aplica una nueva capa repellada de MS-10, distribuida uniformemente para cubrir y tapar completamente la malla de refuerzo.
 - d) En zonas de alta precipitación pluvial y/o excesivo abuso mecánico, repetir los puntos anteriores por lo menos una vez más para lograr una protección suficiente.
- III. Para prevenir el intemperismo de este tipo de acabado, se coloca, finalmente, una capa protectora de emulsión polimérica tipo MA-18 o MA-15 siguiendo las recomendaciones del fabricante. Para la colocación de esta capa final, debe esperarse a que la capa aplicada con anterioridad esté completamente seca. Consultar al proveedor y/o correr pruebas de compatibilidad para evitar el sangrado.
- IV. Todos los remates sobre boquillas, soportes, colgantes, aristas, bridas, válvulas, patas o faldones deben ser en forma achaflanada con sellador OM-3.

2. Si el termoaislante es poliuretano esreado (ver excepciones del punto 8.2.1)

- I. Se coloca una barrera de vapor continua y hermética a base de BV-1. Los pasos a seguir son:
 - a) En accesorios de tubería, bombas, compresores, se repella una primera capa de BV-1 sobre el termoaislante debidamente limpio y seco. A esta primera capa se le da un tiempo de secado de 6-8 horas.
 - b) Se coloca un recubrimiento de refuerzo de malla de fibra de vidrio MA-5 cuidando que en su colocación la malla se adhiera fácilmente a la base de BV-1 sin embeberse, arrugarse, desgarrarse o abolsarse. La malla debe traslaparse 5 cm en los dos sentidos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 24 DE 39
--	---	---

- c) Se aplica una nueva capa repellada de BV-1, distribuida uniformemente para cubrir y tapar completamente la malla de refuerzo.
- d) Por último, se aplica una capa continua y hermética de barrera de vapor y acabado contra intemperie del tipo MA-15, siguiendo las instrucciones del fabricante.

- **Cuando el termoaislante está sujeto con sistema flotante:**

Este sistema es privativo de los equipos. Para colocar el acabado, es necesario seguir los pasos instrumentados en el punto 8.4.8.3 para cada material termoaislante en particular.

8.5 Muestreo e inspección

Esta actividad considera como parte fundamental, un proceso de inspección del suministro y/o montaje de los diferentes materiales que conforman el sistema termoaislante.

8.5.1 Inspección de materiales.

Esta actividad se desarrolla en diferentes etapas:

- I. Petróleos Mexicanos en cualquier momento puede inspeccionar o solicitar muestras de los materiales termoaislantes o complementarios u obtenerlas directamente en la línea de producción del fabricante, como lámina metálica, flejes y barreras de vapor, entre otros.
- II. El contratista debe proporcionar certificados de calidad de cada uno de los materiales objeto del suministro que avalen sus características.
- III. La aprobación o rechazo de materiales debe ser invariablemente por escrito.

8.5.2 Inspección antes del montaje.

Antes de iniciar el montaje de materiales, se debe realizar una inspección documentada entre Petróleos Mexicanos y el contratista en la que se verifique que:

- I. Todas las superficies deben estar secas, limpias y libres de impurezas.
- II. Estos elementos deben estar adecuadamente localizados y correctamente dimensionados de acuerdo a las especificaciones. Todos los soportes, anclas, guías o apoyos en equipos y tuberías a baja temperatura deben estar libres de obstrucciones y con suficiente espacio para alojar el termoaislante para control de condensaciones y los sistemas normales de expansión y contracción.
- III. Exista suficiente espacio tanto para el sistema termoaislante como para el movimiento de la gente durante la ejecución de los trabajos.
- IV. La instalación debe ser inspeccionada para corroborar los tipos y espesores de termoaislantes usados y que los materiales y formas de colocación de los acabados estén de acuerdo a las especificaciones y sus modificaciones, y que las obligaciones contractuales hayan sido consideradas.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA 	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 25 DE 39
--	--	---

- V. Cualquier detalle durante la instalación del sistema termoaislante que no haya sido contemplado en el contrato, el contratista recomendará los cambios requeridos de acuerdo con su propia experiencia, y con la aprobación de Petróleos Mexicanos.

8.5.3 Inspección final.

La inspección final documentada la deben realizar las partes involucradas al momento de la entrega de los trabajos, a fin de corroborar que se cumplió con lo establecido en el alcance del contrato.

8.6 Criterios de mantenimiento mayor

Con la finalidad de mantener en buenas condiciones los sistemas termoaislantes, se deben considerar como mantenimiento preventivo y predictivo lo siguiente:

8.6.1 Mantenimiento después de reparar sistemas mecánicos.

- I. Cuando una porción de equipo, tubería o ducto es sometida a reparación, debe ser removida una parte del sistema termoaislante. Generalmente la recolocación del mismo se hace de la misma manera que la instalación original.
- II. Debe tenerse especial cuidado al remover los materiales existentes a fin de poder reusarlos. Los cantos y el contacto del termoaislante con el sustrato metálico de las partes adyacentes deben ser tratadas con BV-1 o MS-11 y selladas con OM-3 durante el tiempo que demore la reinstalación.

8.6.2 Inspección para mantenimiento preventivo.

Para evitar innecesarios incrementos en costos de operación o la eventual destrucción del sistema termoaislante es necesario localizar las pequeñas fallas que puedan presentarse durante la operación de los sistemas. Para esto, es conveniente la inspección ocular periódica que pueda conducir al descubrimiento de los siguientes detalles.

- I. **Aislamiento no repuesto.** Después de reparar sistemas mecánicos el sector de aislamiento térmico removido, debe reponerse para dejarlo en sus condiciones originales.
- II. **Aislamiento mojado.** El aislamiento mojado debe ser removido y repuesto tomando las medidas convenientes (botaguas o selladores) para evitar que vuelva a mojarse o decidir el uso de materiales no absorbentes.
- III. **Roturas en la protección contra el clima.** Por corrosión sobre el aluminio, debido a la formación de pares galvánicos, a la presencia de atmósferas alcalinas y a la intromisión de agua; aflojamiento, separación y levantamiento del enchaquetado de aluminio (debido al aflojamiento de flejes, flejes de acero al carbón galvanizado, entre otros); proyecciones sin aislamiento fuera de los equipos o tuberías; rigidización y agrietamiento de sellos sobre remates del sistema termoaislante y áreas de abuso mecánico.
- IV. **Fallas en el acabado no metálico.** Por intemperización (requiere mantenimiento preventivo cada año antes de la temporada de lluvias) y perforaciones de acabado y barrera retardante al paso de vapor.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 26 DE 39
--	---	--

- V. Condensación o congelamiento en el exterior del sistema termoaislante sobre líneas o equipos.** Debido a espesor termoaislante insuficiente y perforaciones en la barrera retardante al paso de vapor.

Cuando se use acabado no metálico, revisar periódicamente para mantenimiento preventivo, ya que al ser materiales orgánicos, tienden a degradarse por la influencia de los factores del clima y el ambiente. Oxidación y radiación: infrarroja y ultravioleta.

Las áreas que operen sometidas a fuerte viento serán objeto de inspección y revisión mas frecuente, con el propósito de prevenir la innecesaria prolongación de daños.

8. RESPONSABILIDADES

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Vigilar la aplicación de los requisitos y recomendaciones de esta norma, en las actividades de: selección, cálculo de espesor, aplicación nueva y mantenimiento del material de aislamiento térmico en servicio de baja temperatura para recipientes, equipo y tubería de servicio.

9.2 Subcomité Técnico de Normalización.

Promover el conocimiento de esta norma entre las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, firmas de ingeniería, prestadores de servicios, proveedores y contratista, involucradas en él o los procesos técnicos y administrativos generados por la necesidad de aplicar aislamientos térmicos en servicio de baja temperatura.

9.3 Área usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos subsidiarios.

La verificación del cumplimiento de esta norma, será realizada por el supervisor de Petróleos Mexicanos, a través del certificado de cumplimiento de los prestadores de servicio o contratistas.

Debe verificar que los licitantes acrediten que cuentan con personal técnico especializado con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma.

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

9.4 Prestadores de servicio o contratistas.

Cumplir como mínimo con los requerimientos especificados en esta norma, para la selección, cálculo de espesor, aplicación nueva y mantenimiento del material de aislamiento térmico en servicio de baja temperatura para recipientes, equipo y tubería de servicio.

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

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 27 DE 39
--	--	---

Proveedor o contratista.

1. Llevar al campo herramientas, equipo de montaje y materiales de calidad suficiente.
2. Presentar para aprobación y conocimiento de Petróleos Mexicanos los procedimientos de empaque, identificación, embalaje, transportación, aseguramiento, manejo, almacenaje y montaje de los materiales que conforman el sistema termoaislante.
3. Para materiales que impliquen riesgo debe informar a Petróleos Mexicanos las mínimas condiciones de protección y almacenaje a fin de prevenir situaciones emergentes.
4. Proporcionar oportunamente a Petróleos Mexicanos una lista completa de materiales, unitarios y totales, con su peso, dimensiones y volumen para prevenir espacios de almacenamiento.
5. Presentar para aprobación y conocimiento de Petróleos Mexicanos un programa de suministro y/o montaje de los materiales con el propósito de evitar excesivos costos de almacenaje o tiempos muertos.
6. Debe ser capaz de realizar el trabajo en coordinación con el contratante y con otros contratistas que simultáneamente puedan estar trabajando en el proyecto, para evitar daños en los trabajos realizados.
7. Poseer en el lugar de trabajo los dibujos "aprobados para construcción", especificaciones y normas para su uso en la ejecución de la obra.
8. Presentar sus procedimientos y programas de seguridad del personal, disponibilidad y mantenimiento de equipo auxiliar; debiendo observar las normas de seguridad de Petróleos Mexicanos.
9. La obra no podrá darse por concluida hasta dejar el área en las condiciones que establezca Petróleos Mexicanos. Disponer de los desperdicios conforme a la LGEEPA.
10. Proporcionar información que certifique el cumplimiento de la LGEEPA y sus reglamentos aplicables en los materiales que emplea, el tipo de actividad que se realiza y los residuos que se generan.
11. Informar a Petróleos Mexicanos el tiempo máximo de almacenamiento de los materiales sin degradación de los mismos. Esto es particularmente importante cuando se trata de mastiques, adhesivos, barreras de vapor, pinturas, entre otros.

9. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES

La presente norma de referencia concuerda parcialmente con las siguientes normas mexicanas:

- | | |
|--------------|--|
| NMX-C-137-82 | "Poliestireno celular" |
| NMX-C-220-83 | "Poliuretano celular" |
| NMX-C-230-83 | "Fibra mineral en forma de bloque, placa, colchoneta y rollo; rígida, semirrígida y flexible". |

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 28 DE 39
--	---	--

10. BIBLIOGRAFÍA

Estándares ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials):

C-549-81	Relleno de Perlita en Aislamiento "Perlite loose fill insulation"
C-552-86	Aislamiento Térmico de Vidrio Celular "Cellular glass thermal insulation"
C-578-87	Aislamiento Térmico de Poliestireno Celular Preformado "Preformed, cellular polystyrene thermal insulation"
C-591-85	Aislamiento Térmico de Poliuretano Celular Rígido Preformado "Unfaced preformed rigid cellular polyurethane thermal insulation"
C-680-82	Determinación de calor ganado o perdido en las temperaturas de superficie de sistemas de aislamiento en tubería y equipo para los usuarios de programas de computo "Determination of heat gain or loss and the surface temperatures of insulated pipe and equipment systems by the use of computer program"
C 165	Método estándar para medir las características de compresión de los aislantes térmicos "Standard Method For Measuring Compressive Properties of Thermal Insulations"
C 168	Terminología Estándar relacionada con Materiales Aislantes Térmicos "Standard Terminology Relating to Thermal Insulating Materials"
C 177	Método para Medir la Constante de Estado de Calor de los Fluxes y las Propiedades de Transmisión Térmica por medio del Equipo Plato Caliente Protegido referido como el Plato Caliente Protegido "Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot Plate Apparatus referred to as the Guarded-Hot-Plate"
C 585	Diámetros Interno y Externo de Aislamiento Térmico Rígido para Tamaños Nominales de Tubería y aislante (Portección?) de la Tubería (Sistema NPS) "Inner and Outer Diameters of Rigid Thermal Insulation for Nominal Sizes of Pipe and Tubing (NPS System)"
C 240	Método de Prueba para Blocks de Aislamiento Térmico de Vidrio Celular "Test Method for Cellular Glass Insulation Block"
C 302	Método de Prueba para Densidad y Dimensiones para Aislamiento Térmico del tipo Preformado para Recubrimiento de Tubería "Test Method for Density and Dimensions of Preformed Pipe-Covering-Type Thermal Insulation"
C 303	Métodos para Prueba de Densidad de Aislamiento Térmico Preformado Tipo Block "Test Methods for Density of Preformed Block-Type Thermal Insulation"
C 450	Práctica Común para Prefabricar y Fabricar en Campo Cubiertas de Aislamiento Térmico para Tubería NPS, Recubrimiento Termoaislante de Recipientes, y (Segmentos de Platos Principales??) "Standard Practice for Prefabrication and Field Fabrication of Thermal Insulating Fitting Covers for NPS Piping, Vessel Lagging, and Dished Head Segments"
C 518	Método para Medir la Constante de Estado de Calor de los Fluxes y las Propiedades de Transmisión Térmica por medio del Equipo Medidor de Flujo de Calor Referido como el Medidor de Flujo de Calor "Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus referred to as the Heat Flow Meter"
C 795	Aislamiento Térmico Tipo – Filtro para uso en Acero Auténitico "Wicking – Type Thermal Insulation for use over Austenitic Steel"
C 692	Evaluación de la influencia del aislamiento térmico en la Tendencia de Ruptura por el Esfuerzo de la Corrosión Externa del Acero Inoxidable Austenítico "Evaluating the Influence of Thermal Insulation on the External Stress Corrosion Cracking Tendency of Austenitic Stainless Steel"

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 29 DE 39
--	--	---

D 1622	Método de Prueba para la Densidad Aparente del plástico Celular Rígido "Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastic"
D 2842	Método de prueba para la absorción de agua rígidos celulares en plásticos celulares rígidos "Test Method for Water Absorption of Rigid Cellular Plastics"
E 96	Métodos de prueba para la transmisión del vapor de agua de materiales "Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials"
E 84	Características de Flamabilidad Superficial de los Materiales de Construcción "Surface Burning Characteristic of Building Materials"

Estándares API: Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute):

521	Guía para los sistemas de relevado de presión y de depresionado (a prueba de ignición) "Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems (fireproofing)"
-----	---

Estándares NFPA: Asociación Nacional de Protección contra Incendio (National fire Protection Association):

49	Datos de los productos químicos peligrosos "Hazardous Chemicals Data"
----	---

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 30 DE 39
--	---	--

11. ANEXOS

12.1 Características y propiedades de los materiales termoaislantes

CARACTERÍSTICAS/ PROPIEDADES	TERMOAISLANTE		
	VIDRIO CELULAR	POLIESTIRENO CELULAR	POLIURETANO CELULAR
Constitución	Silico-aluminoso, espumándolo con Carbono durante su proceso de fabricación. Es totalmente inorgánico y no tiene aglutinantes	Formado por la expansión de los gránulos de la resina de poliestireno en un molde cerrado o por la expansión de la resina base de poliestireno en un proceso de extrusión.	Producido por la reacción química de poliisocianuratos con compuestos hidroxílicos en presencia de catalizadores, estabilizadores celulares y agentes de soplado. Densidad comercial: 32 kg/m ³ .
Permeabilidad al agua	Totalmente impermeable, ya que sus células cerradas no permiten la absorción de humedad.	Aunque no al 100% es impermeable, ya que sus células cerradas limitan el paso del agua, sin embargo, requiere de protección contra la intemperie.	Aunque no al 100%, es impermeable, ya que sus células cerradas limitan el paso del agua, sin embargo, requiere de protección contra la intemperie.
Resistencia a Productos Agresivos	Resistente a disolventes orgánicos y ácidos, excepto al ácido fluorhídrico y sus derivados.	A temperatura ambiente tiene una buena resistencia a ácidos y álcalis débiles.	A temperatura ambiente tiene una buena resistencia a ácidos y álcalis débiles.
Permeabilidad al vapor de agua	Impermeable al vapor de agua, gases y líquidos orgánicos, debido a que sus células están herméticamente cerradas. No requiere barrera de vapor y su poder aislante permanece constante	Alta permeabilidad al vapor de agua; más de 8 perm-cm, requiere barrera retardante al paso de vapor.	Alta permeabilidad al vapor de agua; más de 5 perm-cm, requiere barrera retardante al paso de vapor.
Estabilidad dimensional	Dimensionalmente estable e indeformable por presentar muy baja sensibilidad a las variaciones de temperatura y humedad.	Dimensionalmente inestable debido a su permeabilidad	Dimensionalmente inestable debido a su permeabilidad
Combustibilidad	Incombustible, no arde, impide la propagación del fuego y la formación de humos.	Combustible, sin embargo, con la adición de sales de cloro, se puede producir como autoextinguible.	Combustible, produce humos tóxicos debido a los poliisocianuratos, que en la combustión pueden formar ácido cianhídrico o cianuros, lo que puede ocasionar la muerte de personas por envenenamiento o asfixia.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 31 DE 39
--	---	--

12.1 Características y propiedades de los materiales termoaislantes (continuación)

CARACTERÍSTICAS/ PROPIEDADES	TERMOAISLANTE		
	VIDRIO CELULAR	POLIESTIRENO CELULAR	POLIURETANO CELULAR
Corrosión	No es corrosivo, en virtud de sus componentes y su condición de permanecer seco.	Corrosivo, por su contenido de cloro y en combinación con la humedad que penetra a través de la barrera retardante al paso de vapor, lo que daña al acero al carbono e inoxidable.	Corrosivo, por su contenido de cloro y su bajo pH, en combinación con la humedad que penetra a través de la barrera retardante al paso de vapor, lo que daña al acero al carbono e inoxidable.
Facilidad de manejo	Por su facilidad de corte, sus dimensiones y forma pueden ser adaptadas muy fácilmente a las requeridas (puede ser cortado y serrado con herramientas comunes).	Es un material ligero, con excelentes características de corte.	Es un material ligero, con excelentes características de corte.
Resistencia a las plagas	No es atacado por plagas, roedores o pájaros, ni por la acción de microorganismos y bacterias.	Si no tiene barrera retardante al paso de vapor, esta rota o deteriorada, la formación de agua / hielo propicia la formación de colonias de microorganismos. Es atacado por roedores.	Si no tiene barrera retardante al paso de vapor, esta rota o deteriorada, la formación de agua / hielo propicia la formación de colonias de microorganismos. Es atacado por roedores.
Resistencia a la compresión	Alta resistencia a la compresión de 686.5 Kpa (7 kg/cm ²). Resistencia a la flexión de 392.3 Kpa (4 kg/cm ²).	Resistencia a la compresión de 172 KPa (1.75 kg/cm ²). a una densidad de 32 kg/m ³ .	
Rango de temperatura	De 13 K (-260 °C) a 703 K (430 °C). ASTM C-552.	De 73 K (-200 °C) a 353 K (80 °C).	De 233 K (-40 °C) a 383 K (110 °C).
Aislamiento acústico	Hasta 28 dB para un espesor de 100 mm.	De bajo rendimiento	De bajo rendimiento
Presentación comercial	Láminas, tubos, medias cañas; formas elípticas para tapas y fondos hasta bloques y placas.	Medias cañas; bloques y placas.	Medias cañas; bloques y esreado en campo.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 32 DE 39
--	--	--

12.2 Condiciones climatológicas más probables

Combinación de condiciones climatológicas consideradas como más probables

HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	VELOCIDAD DEL AIRE (km/h)
60	35.0	25.00
62	34.4	24.00
64	33.8	23.00
66	33.2	22.00
68	32.7	21.00
70	32.2	20.00
72	31.7	19.00
74	31.2	18.00
76	30.7	17.00
78	30.3	16.00
80	29.9	15.00
82	29.5	14.00
84	29.1	13.00
86	28.7	12.00
88	28.4	11.00
90	28.1	10.00

12.3 Distancias entre juntas de expansión/contracción (m)

Tuberías.

TEMPERATURA DE OPERACIÓN	POLIURETANO	POLIESTIRENO	VIDRIO ESPUMADO SOBRE ACERO INOXIDABLE	VIDRIO ESPUMADO S/ACERO AL CARBÓN
273 K (0°C)	20.0	15.0	35.0	60.0
223 K (-50 °C)	10.0	8.0	18.0	30.0
173 K (-100 °C)	5.0	4.0	10.0	15.0
123 K (-150 °C)	3.0	2.5	5.0	10.0

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 33 DE 39
---	---	---

12.4 Comparación de las características de los materiales termoaislantes

Referente a la protección al personal (Salud Ocupacional)

TERMOAISLANTE	TÓXICO
VIDRIO CELULAR	No
POLIESTIRENO CELULAR	No
POLIURETANO CELULAR	Si Ante incendio puede producir vapores de cianuro o ácido cianhídrico debido a que en su fabricación se utilizan poliisocianuratos

Referente a la protección al ambiente

TERMOAISLANTE	USA CLORO-FLUORO-CARBONO	DISPOSICIÓN FINAL
VIDRIO CELULAR	No	Fácil, puede integrarse al ambiente en virtud de estar constituido por compuestos inorgánicos
POLIESTIRENO CELULAR	No	Compleja, debe ser incinerado en hornos especializados
POLIURETANO CELULAR	Si, lo utilizan cuando es espreado en sitio	Compleja, debe ser incinerado en hornos especializados

Referente a la seguridad de las instalaciones

TERMOAISLANTE	CORROSIVO	COMBUSTIBLE	RESISTENTE A PLAGAS
VIDRIO CELULAR	No	No	Si Además no es atacado por roedores ni pájaros
POLIESTIRENO CELULAR	Si	Si aunque puede producirse como auto extingible con la adición de sales de cloro	No Ante la existencia de rotura o deterioro de la barrera retardante del paso de vapor se pueden formar colonias de microorganismos y además es atacado por roedores
POLIURETANO CELULAR	Si	Si	No Ante la existencia de rotura o deterioro de la barrera retardante del paso de vapor se pueden formar colonias de microorganismos y además es atacado por roedores

Referente a la estabilidad de operación

TERMOAISLANTE	IMPERMEABLE		RANGO DE TEMPERATURA °C	ESTABILIDAD DIMENSIONAL	VIDA ÚTIL
	AGUA	VAPOR			
VIDRIO CELULAR	Si	Si	-260 A +430	Estable e Indeformable	Mantiene su efectividad por un periodo de hasta 25 años
POLIESTIRENO CELULAR	No	No	-200 A +80	Medianamente Estable	Mantiene su efectividad por un periodo de hasta 3 años
POLIURETANO CELULAR	No	No	-40 A +110	Medianamente Estable	Mantiene su efectividad por un periodo de hasta 2 años

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 34 DE 39
---	---	---

12.5 Propiedades y características de los termoaislantes a considerar.

Para la selección de un material termoaislante deben tomarse en consideración las propiedades abajo enlistadas:

- a) **Límites de temperatura.-** Es importante que los termoaislantes mantengan sus propiedades, aun sometidos a sus temperaturas extremas. Después de 96 horas operando en ésta condición, no debe presentar grietas, roturas, combamientos, alabeos o disminución de espesor. A fin de evitar grietas y/o roturas en los termoaislantes rígidos, durante el arranque de la planta la temperatura debe disminuir paulatinamente. Si el termoaislante se ha de someter a grandes y súbitos descensos de temperatura debe usarse en capas múltiples para evitar daños en el espesor total.
- b) **Conductividad térmica.-** Dato necesario para calcular la transferencia de calor y con base en ello determinar la calidad o eficiencia del termoaislante.
- c) **pH.-** Es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno en gramos equivalentes por litro. Se mide en una escala de 0 a 14, siendo 7 el punto neutro. Las sustancias ácidas reportan valores por abajo de 7 y las alcalinas por arriba de 7. Es conveniente que los termoaislantes y materiales complementarios sean, en seco un poco alcalinos. Se debe limitar el uso de materiales que al humedecerse adquieran condiciones de acidez ya que no deben provocar corrosión.
- d) **Apariencia.-** Es importante en áreas expuestas o visibles.
- e) **Capilaridad:** Esta propiedad es muy importante, sobre todo, cuando el termoaislante pudiera hacer contacto con líquidos peligrosos o inflamables, o se encuentre en áreas de lavado frecuente y, desde luego, cuando el vapor de agua pasa a través de la barrera retardante al paso de vapor, por su propia permeabilidad o si se rompe.
- f) **Combustibilidad.-** debe tomarse en consideración que los termoaislantes no deben contribuir a la propagación del fuego.
- g) **Resistencia a la compresión.-** Es importante en la medida en que el termoaislante pueda verse sometido a cargas o abuso mecánico que pudieran deformarlo. De preferencia, los termoaislantes deben de soportar el peso de personas que eventualmente caminen sobre ellos. Si el termoaislante especificado para la planta no soporta esta condición, en las áreas donde se produzca, deberá optarse por uno que si la resista. Esta circunstancia limita el uso de termoaislantes fibrosos. Por otra parte, debe considerarse que la resistencia a la compresión varía con la temperatura.
- h) **Densidad.-** Es importante por su efecto sobre las propiedades del termoaislante. Características como la resistencia a la compresión y flexión y conductividad térmica varían con la densidad. Además, ésta debe ser considerada para diseño de tuberías y recipientes como un peso muerto adicional.
- i) **Estabilidad dimensional.-** Es la propiedad que indica la habilidad del termoaislante para conservar su forma y tamaño frente al envejecimiento, cortes o estar sujeto a temperatura constante o cambiante. Se distingue de la expansión/contracción por temperatura porque es permanente. La falta de estabilidad dimensional, está generalmente asociada con las espumas orgánicas. Produce efectos adversos en el Sistema Termoaislante y reduce su vida útil.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	 AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 35 DE 39
--	--	--

- j) **Procreación de hongos y bacterias.-** Sobre el sistema termoaislante no deben generarse microorganismos. Esto es importante en las industrias de alimentos, bebidas, medicinas y cosméticos.
- k) **Transmisión de sonido.-** A mayor densidad del termoaislante, menor será su coeficiente de transmisión de ruido. Es importante en el tratamiento de tuberías con manejo de fluidos a muy alta presión y velocidad. En expansiones y contracciones de tuberías.
- l) **Toxicidad.-** Muy importante combinada con el riesgo de incendio y si se trata de un área transitada en espacios cerrados. Esta puede ser dada por la emisión de gases venenosos durante su combustión, el contacto directo o la ingestión.
- m) **Higroscopía.-** Es la tendencia de un material a absorber vapor de agua de la humedad ambiental. Con el uso de espumas plásticas éste fenómeno ocurre, de forma muy pausada, a través de la barrera retardante al paso de vapor por su permeabilidad natural y, de forma drástica cuando existen roturas o destrucción. Este vapor de agua, en contacto con las superficies metálicas frías, formará agua o hielo.

La presencia de agua genera soluciones de sustancias arrastradas por el vapor ambiental como cloruros, nitratos, sulfatos, etc. provocando corrosión sobre acero al carbón y por su capacidad ionizante, la provoca sobre acero inoxidable.

La presencia de hielo provoca lo anterior y además, esfuerzos destructivos en el sistema termoaislante.

Esta propiedad debe ser tomada muy en cuenta por los Ingenieros de Diseño, a fin de evitarla, pues su ocurrencia genera gastos, riesgos, paros de planta y disminuye la vida útil del sistema termoaislante..

- n) **Permeabilidad al vapor de agua.-** Es la facilidad con que el vapor de agua puede pasar a través de un material. Se mide en perms ($1.0 \text{ perm} = 1.0 \text{ Grano de agua/ft}^2\text{-in-inHg} = 2.75 \times 10^{-5} \text{ kg Agua/h-m}^2\text{-mmHg}$) y define la Permeancia y la Transmisión de Vapor de Agua que ocurre debido a la diferencia de presión derivada de la diferencia de temperaturas, ambiente y operación. Sus efectos se previenen usando recubrimientos y sellos retardantes al paso de vapor de agua, sin embargo, la relativa permeabilidad de estos materiales debe ser tomada en cuenta al diseñar un Sistema Termoaislante.
- o) **Expansión/Contracción.-** Propiedad que define el cambio dimensional de un material, termoaislante, tubería o equipo, cuando su temperatura cambia. Este cambio es reversible. El coeficiente debe ser tomado como base para definir separación en juntas de expansión. Conviene mencionar un ejemplo de como afecta éste fenómeno.

Al poner un equipo en operación a baja temperatura la contracción puede hacer que la distancia entre dos boquillas se reduzca drásticamente y dañe al Sistema Termoaislante. Esto hace indispensables las juntas de expansión/contracción cuya dimensión y distanciamiento deben ser definidos con base en el coeficiente de expansión/contracción respectivo.
- p) **Resiliencia.-** Es una propiedad típica de los termoaislantes fibrosos por la cual recuperan su forma y dimensión cuando desaparece la fuerza deformante. Se aprovecha en el relleno de juntas de expansión.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	AISLAMIENTOS TÉRMICOS PARA BAJA TEMPERATURA	No. de Documento NRF-025-PEMEX-2002 Rev. : 0 PÁGINA 36 DE 39
---	---	---

- q) **Resistencia a la vibración.-** Los termoaislantes fibrosos de baja densidad son proclives a sufrir desgaste y asentamiento al estar sujetos a la natural vibración de la tubería o equipo en operación. Esta resistencia aumenta al incrementarse la densidad. Los termoaislantes granulares o vidrio espumado, en cambio, tienden a sufrir desgaste por erosión. Disminuye en tanto mejor aglutinado esté el termoaislante granular y cuanto mas ajustado quede a la superficie metálica.
- r) **Calor específico.-** Como ya se mencionó, es la cantidad de calor requerido para cambiar la temperatura de una sustancia de masa unitaria en un grado. Desde luego, implica intercambio térmico entre la masa termoaislante y el sustrato metálico. La cantidad de calor transferida depende de la densidad del termoaislante, de modo que, a mayor densidad, mayor transferencia de calor.

12.6 Figuras

Figura No.1

SOPORTES PARA TUBERÍAS

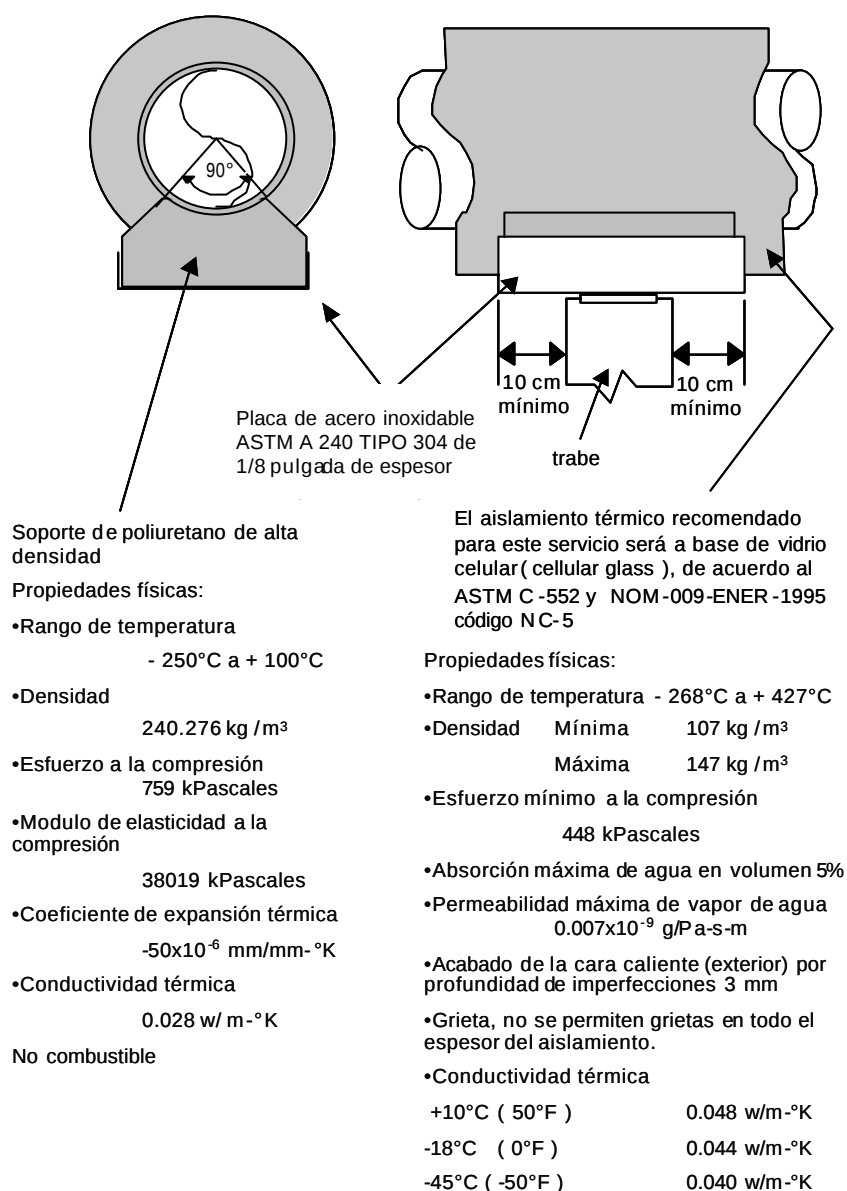




Figura No.1-A

ANCLAJES PARA TUBERÍAS

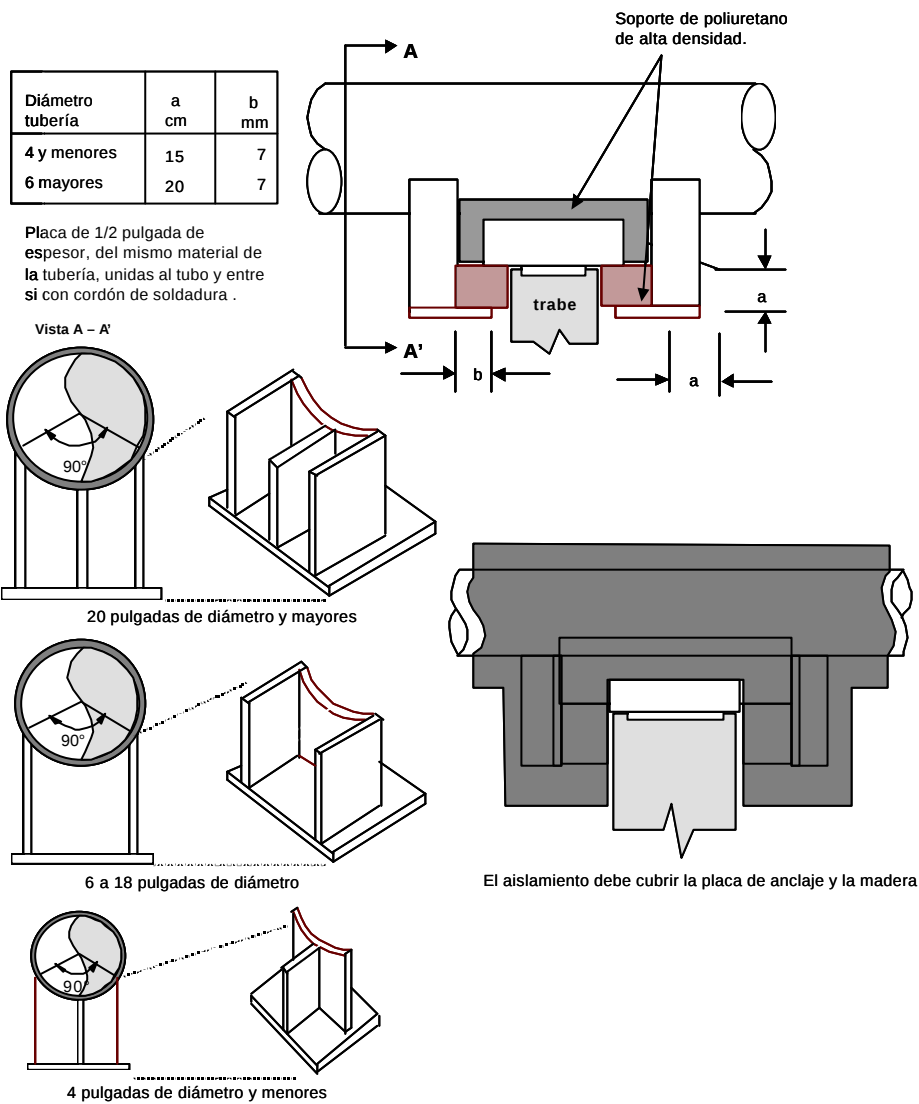
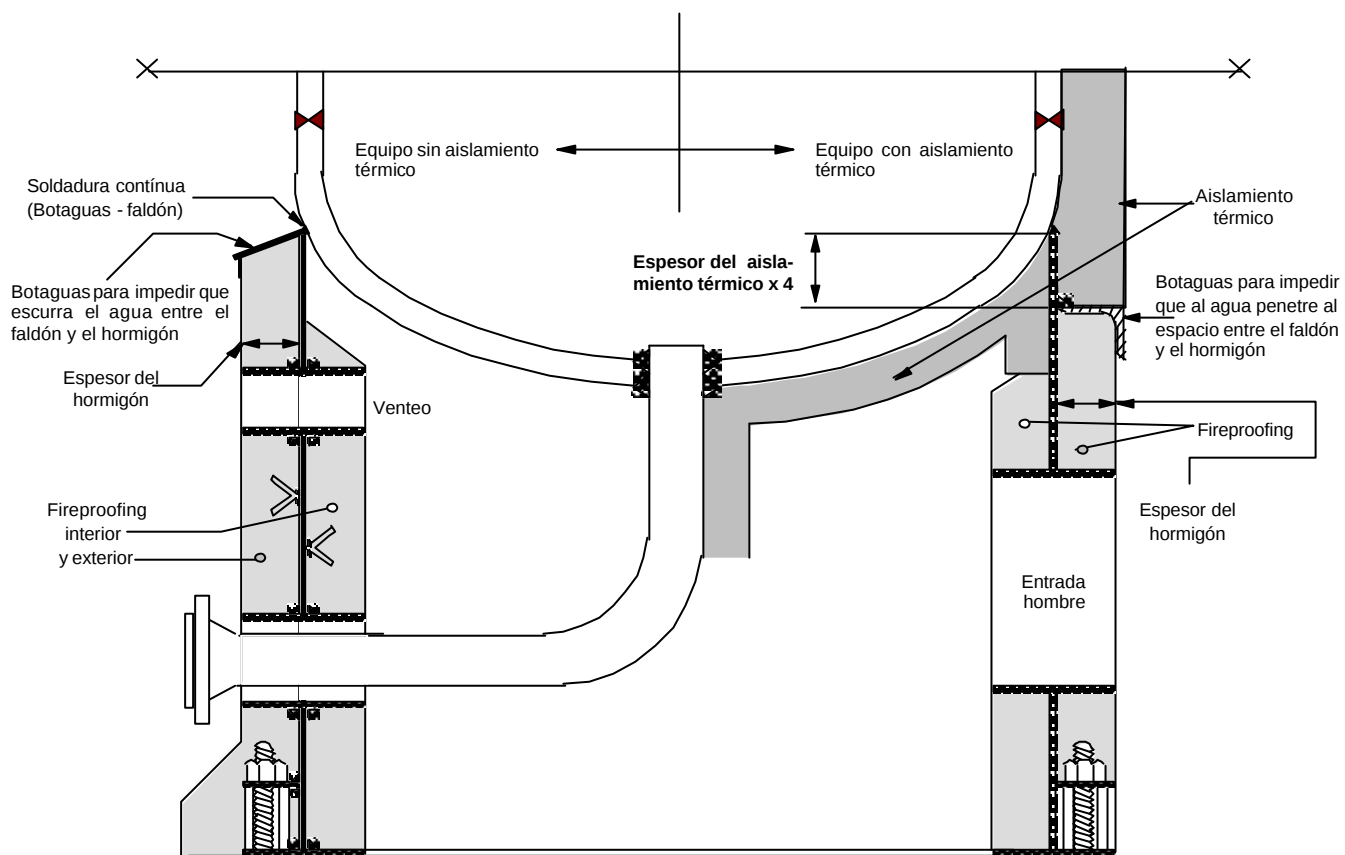


Figura No. 2

**SOPORTE PARA AISLAMIENTO
(Equipos verticales con faldón)**



Fireproofing = Material resistente al fuego