

15  
29.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"**

**AISLAMIENTO TERMICO PARA INSTALACIONES  
INDUSTRIALES Y COMERCIALES**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA )**

**P R E S E N T A N :**

**ANTOLIN GALA FUERO  
BENITO NAVA JUAREZ**

**DIRECTOR DE LA TESIS:  
ING. MARCOS VILLA MORALES**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO**

**1987**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

	PAGINA.
CAPITULO I	1
I.1.- Alcance del Trabajo.	1
I.2.- Propósito.	1
I.3.- Proceso de Transferencia de Calor.	7
I.4.- Mecanismo de Transferencia de Calor.	9
CAPITULO II. MATERIALES AISLANTES Y SUS PROPIEDADES.	13
II.1.- Definición de Aislamiento.	13
II.2.- Formas y Tipos Genéricos de Aislamiento.	15
II.2.1.- Tipos.	15
II.2.2.- Formas.	16
II.3.- Propiedades Mecánicas y Químicas del Aislamiento.	18
II.4.- Materiales Aislantes Principales.	20
II.5.- Cubiertas Protectoras y Acabados.	24
II.6.- Propiedades de las Cubiertas Protectoras.	27
II.7.- Accesorios.	28
CAPITULO III. SISTEMAS AISLANTES.	32
III.1.- Definición de Sistemas Aislantes.	32
III.2.- Aislamiento en Instalaciones Comerciales.	34

III.2.1.- Consideraciones para la Selección de un Sistema Aislante.	36
III.2.2.- Materiales Principales en Instalaciones Comerciales.	37
III.2.3.- Métodos de Aplicaciones.	39
III.2.4.- Especificaciones para Sistemas Comerciales.	39
III.3.- Sistemas Mecánicos Receptores de Tratamiento Aislante.	40
III.4.- Aislamiento en Instalaciones Industriales.	43
III.5.- Datos para la Selección de Aislamiento de Sistemas Industriales.	45
III.5.1.- Naturaleza del Proceso.	45
III.5.2.- Especificación de Parámetros de Temperaturas de Tuberías y Equipos.	47
III.5.3.- Superficies Metálicas Receptoras de Tratamiento Aislante.	49
III.5.4.- Datos de Operación.	50
III.5.5.- Requerimientos de Acceso para futuros Mantenimientos.	51
III.5.6.- Condiciones Atmosféricas.	52
III.5.7.- Espaciamientos.	54
III.5.8.- Inventarios y Almacenamiento de Materiales.	54
III.5.9.- Especificaciones.	55

CAPITULO IV.	56
IV.1.- Calculo de Flujo Térmico.	56
IV.1.1.- Flujo Térmico a través del Aislamiento.	57
IV.1.2.- Flujo Térmico por Radiación.	59
IV.1.3.- Flujo Térmico por Convección.	60
IV.2.- Ejemplo de Calculo de Flujo Térmico.	65
IV.2.1.- Ejemplo de Calculo de Flujo Térmico para las Superficies Frías.	72
IV.3.- Estudio para economizar Material.	79
IV.3.1.- Concepto de Espesor Económico.	80
IV.3.2.- Método para determinar un Espesor Económico.	81
IV.3.3.- Datos necesarios para calcular el Espesor Econó mico.	83
IV.3.4.- Prevención de la Condensación.	86
IV.3.5.- Ejemplo de Calculo para determinar el Espesor Económico.	88
CAPITULO V. METODOS E ILUSTRACIONES DE APLICACION DEL AISLAMIENTO.	95
V.1.- Objetivo de las Ilustraciones.	95
V.2.- Tuberías.	96
V.2.1.- Clasificación.	97
V.2.2.- Aplicaciones Generales.	99

	PAGINA.
V.3.- Conexiones, Válvulas, Bridas y Acoplamientos.	123
V.3.1.- APLICACIONES Generales.	124
V.3.2.- Materiales.	125
V.3.3.- Cubiertas Protectoras y Acabados.	126
V.4.- Ductos.	151
V.4.1.- Clasificación.	152
V.4.2.- Aplicaciones Generales.	152
V.4.3.- Materiales.	154
V.5.- Decipientes, Tanques y Equipos.	170
V.5.1.- Clasificación.	170
V.5.2.- Materiales.	171
V.5.3.- Aplicaciones Generales.	172
CAPITULO VI. COORDINACION DE UN PROYECTO.	211
VI.1.- Coordinación del Contrato Original.	211
VI.2.- Inspección previa a la Instalación del Aislamiento.	212
VI.3.- Inspección final y liberación de los Sistemas.	213
VI.4.- Resumen.	213
VII.- Apéndice.	216
Bibliografía.	227

## C A P I T U L O I

## INTRODUCCION

## I.1.- ALCANCE DEL TRABAJO.

Los elementos sujetos a nuestro estudio serán todos aquellos sistemas de tubería que transportan fluido a temperaturas superiores a 101°C e inferiores a 816°C, chimeneas o ductos para manejo de aire acondicionado y refrigeración, así como equipos o maquinaria tales como intercambiadores de calor, bombas, turbinas, etc.

El aislamiento refractario para hornos, calderas y chimeneas industriales queda fuera del alcance del presente trabajo ya que consideramos que es una especialidad en ingeniería que debe ser tratada aparte debido al gran número de variables que intervienen en su estudio.

## I.2.- PROPOSITO.

En la actualidad debido a las difíciles condiciones económicas que afectan nuestra sociedad, se hace cada vez más necesario mejorar la eficiencia de las instalaciones industriales y comerciales con el objeto de ahorrar energía y aumentar la productividad.

En el presente trabajo pretendemos establecer un método - que nos permita optimizar el uso de nuestros recursos anulando - el derroche de energía con adecuados sistemas aislantes que eviten la pérdida o ganancia de calor, ya que con una selección - apropiada del aislamiento podemos obtener un eficiente funcionamiento de los sistemas y equipos involucrados en los procesos - térmicos así como una considerable disminución en los costos tanto de los materiales aislantes y su instalación, como también en el ahorro, en el consumo de energía. En los que respecta a la - seguridad del personal en instalaciones industriales, con la selección de un espesor de aislamiento adecuado podemos prevenir - posibles daños por accidentes por el contacto con superficies calientes al mismo tiempo que se reducen los riesgos de incendio o explosiones de materiales combustibles o altamente volátiles.

El método que pretendemos establecer para la selección e - instalación del aislamiento térmico consta de lo siguiente:

- a) Análisis de las condiciones de operación del sistema sujeto a estudio, esto es, a que temperatura operará, ubicación del sistema ya sea bajo techo o a la intemperie, condiciones ambientales tales como humedad, salinidad, velocidad del viento, etc.
- b) Selección del tipo y forma del aislamiento.



- c) Cálculo de la temperatura en la parte externa del aislamiento en función de un espesor supuesto del material aislante.
- d) Determinación del espesor económico del aislamiento.
- e) Selección del método de aplicación del material aislante.

El presente trabajo esta dirigido principalmente a los diseñadores de sistemas aislantes, ingenieros supervisores de la industria de la construcción, contratistas en aislamiento y en general a todas aquellas personas relacionadas de una forma u otra con los sistemas de aislamiento en instalaciones industriales y comerciales.

Puesto que el personal a quien esta dirigido este trabajo es generalmente técnico trataremos de utilizar el lenguaje que se maneja cotidianamente en el medio de la construcción, esto es, la temperatura será medida en grados centígrados, la presión en kilogramos sobre centímetros cuadrados, el calor en calorías o kilocalorías, etc.

A continuación se muestra una tabla con los símbolos y las definiciones así como las unidades de cada uno de ellos que se manejarán a lo largo del presente trabajo.

Dicha tabla fue tomada del libro "AISLAMIENTO TERMICO DE TUBERIAS Y DEPOSITOS" de la primera edición (1976) editado por la Editorial Labor.

TABLA I. SIMBOLOS Y UNIDADES

Símbolo o Abreviatura	Definición	Unidades
A	Superficie del lado caliente o frío.	M <sup>2</sup> (pie <sup>2</sup> )
a	Período de amortización.	años
C	Conductancia térmica.	kcal/m <sup>2</sup> .h. °C (Btu/Pie <sup>2</sup> .h. °F)
C <sub>d</sub>	Costo de la energía-disponible.	Pesos/kcal (Dolares/Btu)
C <sub>1</sub>	Costo marginal del aislamiento.	Pesos/m <sup>3</sup> . (Dolares/pie <sup>3</sup> )
d <sub>1</sub>	Diámetro exterior de la tubería.	m (pie)
d <sub>2</sub>	Diámetro exterior de aislamiento.	m (pie)
E	Emisividad	Adimensional
e	Espesor de aislamiento.	m (pie)

TABLA I. (Continuación)

$f_c$	Coefficiente de convección.	$\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ( $\text{Btu/pt}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}$ )
$f_r$	Coefficiente de radiación.	$\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ( $\text{Btu/pt}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F}$ )
H	Valor calorífico del combustible.	Kcal/kg (Btu/lb)
K	Conductividad térmica.	$\text{Kcal/m} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$
m	Porcentaje de restitución sobre el capital/100.	Adimensional
P	Costo del combustible.	Pesos/tonelada
q	Velocidad del flujo térmico.	Kcal/h. (Btu/h)
$q_e$	Calor ganado o perdido a través del espesor de aislamiento considerado.	Kcal/h (Btu/h)
$q_{e1}$	Calor perdido o ganado a través del menor espesor del aislamiento.	Kcal/m.h (Btu/pt.e.h)
$q_{e2}$	Calor perdido o ganado a través del mayor espesor del aislamiento.	Kcal/m.h (Btu/pt.e.h)

TABLA 1. (Continuación)

$q_c$	Transmisión calorífica por convección.	Kcal/h (Btu/h)
$q_r$	Transmisión calorífica por radiación.	Kcal/h (Btu/h)
$q_{cf}$	Transmisión calorífica por convección forzada.	Kcal/h (Btu/h)
$q_{cn}$	Transmisión calorífica por convección natural.	Kcal/h (Btu/h)
R	Resistencia térmica.	$m^2 \cdot h \cdot ^\circ C / Kcal$ ( $pie^2 \cdot h \cdot ^\circ F / Btu$ )
$R_n$	Período de amortización.	Horas
U	Transmitancia térmica.	$Kcal/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ ( $Btu/pie^2 \cdot h \cdot ^\circ F$ )
X	Costo por incremento en espesor de aislamiento.	Pesos/m lineal (Dolares/pie lin.)
Y	Costo del calor de la refrigeración.	Pesos/kcal. (Dolares/Btu)
Z	Período de amortización para la instalación completa.	Años
h	Eficiencia de la máquina térmica.	Adimensional
$t_m$	Temperatura de aire circundante.	$^\circ C$ ( $^\circ F$ )

TABLA 1. (Continuación)

$t_{s1}$	Temperatura en la superficie de la tubería.	°C (°F)
$t_{s2}$	Temperatura en la superficie exterior del aislamiento.	°C (°F)
$\nabla$	Constante de Stefan-Boltzmann.	Kcal/m <sup>2</sup> .h.°C (Btu/pie <sup>2</sup> .h.°F)

## I.3.- PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

La ciencia de la termodinámica trata de las transiciones cuantitativas y reacomodos de energía como calor en los cuerpos de materia. La ciencia de la transferencia de calor está relacionada con la razón de intercambio de calor entre cuerpos a temperaturas diferentes llamados fuente y receptor.

El estudio de la transferencia de calor se facilita grandemente mediante una cabal comprensión de la naturaleza de calor.- Sin embargo, esta es una ventaja que no está fácilmente disponible para estudiantes de transferencia de calor o termodinámica, ya que se han descubierto muchas manifestaciones de calor, lo que ha impedido que una teoría simple las cubra a todas ellas. - Las leyes que pueden aplicarse a transiciones de masa pueden ser

inaplicables a transiciones moleculares o atómicas. Y aquellas que son aplicables a las bajas temperaturas pueden no serlo a las temperaturas altas. Para propósitos de ingeniería es necesario comenzar el estudio con información básica acerca de unos cuantos fenómenos. Las fases de una sustancia simple, sólida, líquida y gaseosa están asociadas con su contenido de energía. En la fase sólida, las moléculas o átomos están muy cercanos dando rigidez. En la fase líquida existe suficiente energía térmica para extender la distancia de las moléculas adyacentes, de manera que se pierde la rigidez. En la fase gaseosa, la presencia de energía térmica adicional resulta en una separación relativamente completa de los átomos o moléculas de manera que pueden permanecer en cualquier lugar de un espacio cerrado. También se ha establecido que donde quiera que ocurra un cambio de fase fuera de la región crítica, se involucra una gran cantidad de energía en esa transición.

Para una misma sustancia en sus diferentes fases, sus varias propiedades térmicas tienen diferente orden de magnitud. Por ejemplo, el calor específico por unidad de masa es muy bajo para los sólidos, alto para los gases y usualmente de valores intermedios para los líquidos. Asimismo, en cualquier cuerpo que absorba o pierda calor, deben guardarse especiales consideraciones respecto a si el cambio es de calor latente, o sensible, o de ambos. Más aún, se conoce también que una fuente caliente es capaz de grandes excitaciones subatómicas, a tal grado que emite

energía sin ningún contacto directo con el receptor y este es el principio fundamental de la radiación.

#### I.4.- MECANISMO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR.

Hay tres formas diferentes en las que el calor puede pasar de la fuente al receptor, aún cuando muchas de las aplicaciones en la ingeniería son combinaciones de dos a tres. Estas son, - conducción, convección y radiación.

**CONDUCCION.** La conducción es la transferencia de calor a través de un material fijo tal como la pared estacionaria de un horno o caldera. La dirección del flujo será a ángulos rectos - con respecto a la pared, si las superficies de las paredes son isotérmicas y el cuerpo es homogéneo e isotrópico. Si en un lado de la pared existe una fuente de calor y en el otro lado existe un receptor se sabe que el flujo de calor por hora es proporcional al cambio de temperatura a través de la pared y al área - de la pared expuesta a la fuente de calor. Si  $A$  es el área,  $t$  - es temperatura en cualquier punto de la pared y  $e$  es el espesor de la pared en dirección del flujo de calor, la cantidad del flujo de calor  $dq$  esta dada por

$$dq = KA \frac{dt}{de} \text{ kcal/h} \quad (1.1.)$$

El término  $-dt/de$  se llama gradiente de temperatura y tiene un signo negativo si se supuso una temperatura mayor en la cara de la pared donde  $e = 0$  y menor en el otro lado de la pared. En otras palabras, la cantidad instantánea de transferencia de calor es proporcional al área y a la diferencia de temperatura  $-dt$  que impulsa el calor a través de la pared de espesor  $de$ . La constante de proporcionalidad  $k$  es peculiar a la conducción de calor por conductividad y se le conoce por conductividad térmica. Esta conductividad se evalúa experimentalmente.

La conductividad térmica de los sólidos tiene un amplio rango de valores dependiendo de si el sólido es relativamente un buen conductor del calor, tal como un metal, o un mal conductor como el asbesto. Estos últimos sirven como aislantes y sobre ellos centraremos nuestra atención en el presente estudio.

CONVECCION. La convección es la transferencia de calor entre partes relativamente calientes y frías de un fluido por medio de mezcla. Supóngase que un recipiente con un líquido se coloca sobre una llama caliente. El líquido que se encuentra en el fondo del recipiente se calienta y se vuelve menos denso que antes, debido a su expansión térmica. El líquido adyacente al fondo también es menos denso que la porción superior fría y asciende a través de ella, transmitiendo su calor por medio de mezcla conforme asciende. La transferencia de calor del líquido caliente del fondo del recipiente al resto, es convección natural o



convección libre. Si se produce cualquiera otra agitación, tal como la provocada por un agitador, el proceso es de convección forzada. Este tipo de transferencia de calor puede ser descrito en una ecuación que imita la forma de la ecuación de conducción y esta determinada por:

$$dq = hA dt \quad \text{Kcal/h} \quad (1.2.)$$

La constante de proporcionalidad  $h$  se conoce como coeficiente de transferencia de calor y es un término sobre el cual tiene influencia la naturaleza del fluido y la forma de agitación. Cuando la ecuación (1.2) se escribe en su forma integrada,  $Q = hAVt$ , se le conoce como la ley de enfriamiento de Newton.

**RADIACION.** La radiación involucra la transferencia de energía radiante desde una fuente a un receptor. Cuando la radiación se emite desde una fuente a un receptor, parte de la energía es absorbida por el receptor y parte es reflejada por él. Basándose en la segunda ley de la termodinámica, Boltzmann estableció que la velocidad a la cual una fuente da calor es:

$$dQ = \sigma E dA T^4 \quad \text{Kcal/h} \quad (1.3.)$$

Esto se conoce como la ley de la cuarta potencial,  $T$  es la temperatura absoluta.  $\sigma$  Es una constante dimensional llamada constante de Stefan-Boltzman,  $E$  es una constante adimensional pe

cular a la radiación y se llama emisividad residual. La emisividad, al igual que la conductividad térmica  $k$  ó el coeficiente de transferencia de calor  $h$ , debe también determinarse experimentalmente.

## C A P I T U L O    I I

## MATERIALES AISLANTES Y SUS PROPIEDADES

## II.1.- DEFINICION DE AISLAMIENTO.

Se define como aislamiento a todos aquellos materiales o combinaciones de materiales que retardan el flujo de calor, por lo tanto, el aislamiento debe cumplir una o más de las siguientes funciones:

- 1) Conservación de la energía mediante la reducción en la pérdida o ganancia de calor.
- 2) Control de la temperatura superficial para protección de personal y confort.
- 3) Facilitar el control de temperaturas de un proceso.
- 4) Prevenir el flujo de calor y la condensación de agua sobre superficies frías.
- 5) Incrementar la eficiencia de operación de sistemas de vapor y de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire en instalaciones industriales y comerciales.

- 6) Prevenir o reducir el daño a equipos por la exposición al fuego o a atmósferas corrosivas.
- 7) Ayudar a que los sistemas mecánicos en la industria alimenticia y de cosméticos cumplan con las normas y regulaciones federales en materia sanitaria.

El rango de temperatura al cual se le puede aplicar al término "Aislamiento Térmico" es desde  $-101^{\circ}\text{C}$  hasta  $816^{\circ}\text{C}$ . todas aquellas aplicaciones por debajo de los  $-101^{\circ}\text{C}$  se denominan "Criogenicas" y aquellas arriba de  $816^{\circ}\text{C}$  "Refractarias".

El aislamiento térmico esta también dividido en tres rangos generales de aplicaciones, los cuales son:

A) Aislamiento térmico para bajas temperaturas.

1. (Desde  $-101^{\circ}\text{C}$  hasta  $0^{\circ}\text{C}$ ) para refrigeración.
2. (Desde  $1^{\circ}\text{C}$  hasta  $16^{\circ}\text{C}$ ) para acondicionamiento de aire y agua de enfriamiento.

B) Aislamiento térmico para temperatura intermedia.

1. (Desde  $17^{\circ}\text{C}$  hasta  $100^{\circ}\text{C}$ ) para calentamiento de agua y generación de vapor de baja presión.
2. (Desde  $101^{\circ}\text{C}$  hasta  $316^{\circ}\text{C}$ ) para tuberías y equipos para vapor de procesos y generación de potencia.

C) Aislamiento térmico para altas temperaturas.

1. (Desde 317°C hasta 816°C) para turbinas, chimeneas, escapes, calderas, incineradores, etc.

## II.2.- FORMAS Y TIPOS GENERICOS DE AISLAMIENTO.

Los aislamientos pueden identificarse de acuerdo a su tipo genérico y a su forma. El tipo indica su composición (por ejemplo celular, fibroso, etc.) mientras que la forma implica su configuración total o parcial (por ejemplo rígidas, bandas flexibles, secciones de tubo rígido, etc.)

### II.2.1.- TIPOS.

a) Aislamiento fibroso. Compuesto por fibras de diámetro pequeño, las cuales dividen finamente las películas de aire a su alrededor. Estas fibras pueden estar orientadas paralela o perpendicularmente a la superficie que será aislada. Estos aislamientos pueden ser fabricados a base de sílice, lana mineral, la na de escorias, lana de vidrio o amianto. Los materiales de este tipo que se usan con más frecuencia son la lana de vidrio y la lana mineral.

b) Aislamiento celular. En estas formas de estructuras hay aire o gas atrapado entre las paredes interconectoras sólidas a través de las cuales fluye el calor por conducción. Las -

células deben ser pequeñas, con la intención de que quede minimizado el flujo por convección. El material celular puede ser vidrio celular, urea formaldehído, ebonita expandida, poliestireno expandido, corcho, PVC expandido, poliuretano y caucho celular.

c) Aislamiento granular. Este grupo incluye todos los tipos de materiales en polvo, además de los de naturaleza puramente granular. Los gránulos pueden estar o no unidos entre sí con resina pero quedan bolsas de aire atrapadas entre ellos. El flujo de aire a través de estos materiales es lento a causa de la distribución desigual de los gránulos, por esta razón, el flujo térmico por convección es lento. El material granular puede ser roca asfáltica, perlita expandida, diatomita, vermiculita o silicato de calcio.

## II.2.2.- FORMAS.

Los aislamientos son producidos en una gran variedad de formas adecuadas para funciones y aplicaciones específicas. Las formas y tipos combinados de aislamiento determinan el método específico de instalación, las formas más comunes son:

- 1) Secciones de tubo rígido. Son trozos cilíndricos prefabricados cuya superficie interior se adapta al diámetro exterior de las tuberías que se van a aislar.

Se producen divididas en dos mitades (medias cañas) a lo -

largo de la tuberfa. Estas medias cañas pueden ser cubiertas o forradas con un material tal como lona, tela de caña mo o papel tratados con una sustancia retardante al fuego. Aislamientos celulares, granulares y fibrosos son producidos de esta forma.

- 2) Placas rígidas. Son placas rectangulares, redondas o planas que pueden cubrirse con varios materiales. Estos aislamientos se producen de componentes celulares, granulares y fibrosos.
- 3) Relleno suelto. Son materiales que se envasan o vierten dentro de un recipiente rígido. Aislamiento granular son producidos en esta forma.
- 4) Trozos de tubo flexible y los acolchados. Los aislamientos cubiertos por esta definición se suministran en una forma rectangular lo suficientemente flexibles para poderlos aplicar a superficies curvadas o irregulares. Aislamientos celulares y fibrosos son producidos en esta forma.
- 5) Banda flexible. Normalmente este material es de naturaleza fibrosa y se produce en una forma que permite su enrollado sobre una tuberfa al igual que una especie de vendaje.

- 6) Cementos y plásticos. (Aislantes y para acabados). Son los materiales que pueden aplicarse por medio de una paleta (espátula), moldearse o aplicarse por medio de una pistola en la forma requerida. Las características de estos aislamientos son que fraguan o endurecen en una forma rígida. Se producen de aislamientos fibrosos y granulares.

### II.3.- PROPIEDADES MECANICAS Y QUIMICAS DEL AISLAMIENTO.

Otras propiedades aparte de las térmicas deberán considerarse cuando se seleccionan materiales para aplicaciones específicas. Algunas de ellas son:

- 1) Alcalinidad o acidez (PH). El material aislante deberá ser básico o alcalino cuando se vaya a usar bajo atmósfera corrosiva para evitar que el aislamiento contribuya a la corrosión de los metales que van a ser aislados.
- 2) Apariencia. Cuando se desean acabados estéticos o para propósitos de identificación es necesario contar con materiales aislantes tales como cemento para acabados, mastiques y láminas de acero inoxidable o aluminio.
- 3) Carga de ruptura. Es otra propiedad que debe ser considerada cuando existan grandes claros entre sonportes de las instalaciones que se van aislar, para prevenir daños en el



aislamiento debido a su propio peso.

- 4) Capilaridad. Se tomará en cuenta cuando el material aislante vaya a estar en contacto con líquidos dañinos o combustibles o en áreas expuestas a lluvias o salpicaduras. - La absorción de agua o de otros líquidos produce una merma de la eficiencia aislante, y la absorción de algunos líquidos puede incluso originar condiciones tóxicas, explosiones o peligros de incendio.
- 5) Coeficiente de expansión y contracción. Se considera en el diseño y espaciado de juntas de expansión o en aplicaciones donde se usen capas múltiples de aislamiento.
- 6) Resistencia mecánica. Este es un factor importante cuando el material aislante puede quedar sometido al impacto o a una carga concentrada, o a una presión continua.
- 7) Resistencia a la luz ultravioleta. En aplicaciones a la intemperie la luz ultravioleta afecta grandemente el material aislante en detrimento de sus propiedades. Un recubrimiento apropiado proporcionará una protección adicional.
- 8) Resistencia al desarrollo de hongos y bacterias. Es de gran importancia cuando el aislante se vaya a utilizar en-

áreas de procesos de alimentos y cosméticos.

- 9) Toxicidad. En instalaciones destinadas al procesamiento de alimentos y en área de riesgos potenciales de fuego se tratará de evitar la utilización de materiales tóxicos.

#### II.4.- MATERIALES AISLANTES PRINCIPALES.

A continuación se presentan las características y propiedades de los principales materiales aislantes utilizados en instalaciones industriales y comerciales.

- 1) Silicato de calcio. Es un aislamiento granular hecho de sílice y cal reforzado con fibras inorgánicas y moldeado en forma rígida. El rango de temperaturas que cubre es desde 38°C hasta 816°C, la resistencia a la flexión es buena, la resistencia a la compresión es alta con buenas características para el corte, la resistencia a la corrosión es buena. El silicato de calcio es absorbente de agua, sin embargo, esta puede ser secada sin deteriorar el material. El silicato de calcio es así mismo no combustible. Se usa principalmente sobre tuberías y superficies calientes y su cubierta protectora (camisa) es generalmente aplicada en campo.

- 2) Vidrio. Los tipos celular y fibroso se producen en una gran variedad de formas entre las que se pueden mencionar las lonas flexibles, la fibra de vidrio, placas rígidas de vidrio celular, secciones de tubo rígido y otras fabricaciones preformadas. El rango de temperaturas abarca desde  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $649^{\circ}\text{C}$ , dependiendo de la estructura interna y de la forma física del aislamiento. La conductividad térmica del vidrio es baja, la resistencia a la abrasión para el vidrio celular es también baja, las características para el corte son buenas, la resiliencia de la fibra de vidrio es baja, la combustión de las lonas de fibra de vidrio es alrededor de los  $260^{\circ}\text{C}$ , los costos de instalación son bajos y la resistencia a la corrosión es alta.
- 3) Fibra mineral. Las fibras de roca y de escoria son mezcladas con un aglutinante resistente a altas temperaturas para producir fibras o lana mineral. El límite superior de temperaturas que pueden alcanzar estos materiales es de  $1038^{\circ}\text{C}$ . Estos materiales tienen un PH prácticamente neutro, la resistencia a la compresión es más baja que la del silicato de calcio pero más alta que la de la fibra de vidrio, el material no es combustible. Estos materiales se producen en formas rígidas proformadas para tuberías y recipientes y como lonas flexibles. Son utilizados para rangos de temperaturas intermedios y altos.

4) Perlita expandida o sílice. La perlita es hecha de rocas de sílice volcánico inerte combinadas con agua. La roca es expandida por calentamiento arriba de 538°C, causando que el agua se evapore y el volumen de la roca se expanda. Esto crea una estructura celular con celdas diminutas de aire encerradas por un producto vitrificado, aumentando la resistencia de la mezcla a la penetración de humedad y reforzando la estructura de la fibra inorgánica. El material tiene una contracción baja y una alta resistencia a la corrosión. La perlita no es combustible y es útil para rangos de temperaturas intermedios y altos. Se producen en formas rígidas preformadas y placas rígidas.

5) Caucho celular (elastómero). Son resinas espumosas combinadas con caucho celular que producen un material celular flexible. Este material se produce en formas preformadas y hojas.

El aislamiento de caucho celular posee buenas características de corte y tiene una baja permeabilidad al agua y al vapor, se usa generalmente sobre superficies frías o en equipos de refrigeración. Su límite superior de temperaturas es de 104°C. El material es combustible con una gran incidencia a producir humo, aunque algunos aislamientos de caucho son autoextinguibles. El costo de los aislamientos elastómeros es bajo para aplicaciones a temperaturas bajas ya que no necesita cubierta protectora-

(camisa) su resiliencia es alta.

6) Espumas plásticas (poliestireno, poliuretano, fenoles). - El aislamiento producido con espumas de resinas plásticas crea predominantemente materiales rígidos de celdas estrechas. El valor de su conductividad térmica (K) disminuye después de un cierto tiempo de uso ya que el gas atrapado dentro de su estructura celular es reemplazado por el aire. Las espumas plásticas son ligeras en peso con excelentes características de corte. Los materiales son combustibles pero pueden ser producidos autoextinguibles. Se producen en formas rígidas preformadas y placas rígidas, se usan generalmente para rangos de temperaturas intermedios.

7) Fibras refractarias. Estos aislamientos se producen con fibras minerales y cerámicas tales como alúmina y sílice, unidos mediante la exposición a temperaturas extremadamente altas. Estos aislamientos son producidos en forma de lonas flexibles o ladrillos rígidos. Su resistencia es alta para temperaturas altas alcanzando un límite superior de 1038°C. El material no es combustible. El diseño y uso de materiales refractarios es una especialidad de ingeniería y en este trabajo no se trata profundamente este tema, no obstante, algunos productos refractarios pueden ser instalados utilizando métodos de aplicación ilustrados aquí.

- 8) Cemento aislante. Los cementos aislantes y para acabados - son combinación de varias fibras aislantes mezcladas con - agua y cemento para formar un material plástico blando para aplicaciones sobre superficies irregulares. Los costos de instalación son altos pero son aislamientos con caracte rísticas muy buenas. Los cementos pueden ser aplicados so bre superficies a altas temperaturas. Los cementos para - acabados o de una sola capa son usados para rangos de tem peraturas intermedias y bajas.

#### II.5.- CUBIERTAS PROTECTORAS Y ACABADOS.

El servicio y la eficiencia de un aislamiento depende prin cipalmente de la protección que se les dé contra la humedad y - contra daños físicos y químicos. La selección de cubiertas pro tectoras (camisas) y materiales de acabados depende de las condi ciones de humedad, mecánicas, químicas y térmicas de la instala ción, así como de los requerimientos de costo y apariencia.

Las cubiertas protectoras se dividen en seis tipos funcio nales.

- 1) Barreras o protecciones contra la intemperie, la función - básica de las protecciones contra la intemperie es preve-- nir la entrada de agua, hielo, nieve o residuo atmosférico al aislamiento. La luz solar y el ozono puede causar tam-

bién problemas o ciertos aislamientos. Pueden utilizarse cubiertas protectoras metálicas o de plástico o bien una capa de mastique. La camisa deberá ser instalada con un traslape en sus uniones de tal forma que el agua escurra y no penetre en el aislamiento. Deberá evitarse el uso de cubiertas protectoras de plástico que tengan baja resistencia a los rayos ultravioleta a menos que se tomen medidas para evitar daños por esta causa.

- 2) Barreras de vapor. Estas barreras tienen la función de impedir el paso de mezclas de vapor desde la atmósfera a la superficie del aislamiento. En algunos casos la barrera de vapor deberá ser también capaz de transpirar para poder expulsar totalmente el vapor que sea atrapado dentro del aislamiento hacia la atmósfera.

Las uniones y traslape deberá sellarse con un adhesivo impermeable o sellarse sin hacer agujeros o ranuras. Las barreras de vapor toman tres formas generalmente.

a.- Cubierta protectora rígida. Se producen de plástico reforzado, acero inoxidable o aluminio en base a dimensiones exactas o sobremedida con sellado impermeable de vapor.

b.- Cubiertas protectoras por capas, hojas metálicas, hojas laminadas y papel forrado o tratado, los cuales son aplica-

dos generalmente en fábrica al material aislante (dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura de la instalación puede ser necesario aplicar algún otro sellador aparte del de fábrica).

c.- Aplicaciones con mastique, algunos tipos de emulsiones o solventes que proveen en forro sellador pero que requieren de algún tiempo para secarse.

- 3) Cubiertas protectoras metálicas. Proveen una protección robusta contra daños mecánicos producidos por el personal de operación o alguna otra maquinaria. La resistencia a la compresión del aislamiento deberá considerarse en el diseño de cubiertas protectoras contra daños mecánicos.
- 4) Cubiertas protectoras contra la corrosión y el fuego. La mayoría de las cubiertas protectoras metálicas y mastiques son resistentes al fuego. La resistencia a la corrosión varía entre los distintos materiales de las cubiertas protectoras metálicas, las de acero inoxidable son las más apropiadas para resistir atmósferas corrosivas, derrames o fugas. Los mastiques son también generalmente resistentes a atmósfera corrosiva.
- 5) Cubiertas para acabados. Los forros, cementos para acabados, cubiertas para conexiones y camisas metálicas son algunas veces seleccionados por su apariencia estética en -



áreas descubiertas.

- 6) Cubiertas higiénicas. Los forros y cubiertas metálicas - protectoras deberán presentar una superficie lisa que evita la formación de hongos y bacterias en áreas de proceso de alimentos.

## II.6.- PROPIEDADES DE LAS CUBIERTAS PROTECTORAS.

Las propiedades de las cubiertas protectoras metálicas o de plástico y mástique deberán cumplir las siguientes funciones:

- 1) Compatibilidad química. La composición química de las cubiertas protectoras deberán ser compatibles con el material aislante sobre el cual serán aplicados, así como también con los elementos del medio ambiente el cual estarán expuestas tales como aire con un alto contenido de salinidad, luz ultravioleta e infraroja, etc.
- 2) Resistencia a movimientos internos y externos. Es importante si la cubierta protectora deberá absorber o compensar la expansión o compresión térmica del aislamiento o cuando estén expuestas a altas vibraciones.
- 3) Rango de temperaturas de las cubiertas o acabados. Deberá ser compatible con la temperatura de operación de la super

ficie del aislamiento.

- 4) Permeabilidad al vapor. La permeabilidad deberá ser alta para aplicaciones a temperaturas altas para permitir a mezclas de vapor pasar hacia el exterior y baja para aplicaciones a baja temperatura donde las cubiertas deberán prevenir hasta donde sea posible el paso de mezclas de vapor hacia el aislamiento.

#### II.7.- ACCESORIOS.

El término "accesorios" es aplicado a dispositivos o materiales que sirven para una o más de las siguientes funciones:

- 1) Accesorios para fijación de aislamiento o de las cubiertas protectoras. Debido a que la mayoría de los aislamientos no son materiales estructurales, estos deberán ser soportados, asegurados o fijados para mantenerlos en su lugar. Los accesorios para fijación pueden ser dispositivos mecánicos o adhesivos tales como:

a.- Pernos o pasadores soldados a la superficie metálica que va a ser aislada.

b.- Grapas.

c.- Seguros.

d.- Alambres y correas o bandas metálicas.

e.- Franja transversal y longitudinal cubierta con un adhesivo para el traslape de cubiertas protectoras no metálicas.

f.- Telas adhesivas.

g.- Pegamentos o adhesivos.

NOTA: La temperatura ambiental y las condiciones de humedad afectan la calidad de las cintas adhesivas y los pegamentos sobre ciertas instalaciones por lo que deberán considerarse las propiedades, los rangos de temperatura y la permeabilidad al vapor de agua antes de seleccionar los adhesivos y donde sea posible se usará afianzadores mecánicos en lugar de adhesivos.

2) Refuerzos para aplicaciones con cemento y mastique.

Para aplicaciones en campo y en fábrica, la resistencia del aislamiento puede ser aumentada aplicando:

a).- Fibra de vidrio.

b).- Cintas metálicas.

c).- Mallas metálicas.

d).- Tela de alambre.

Es importante considerar la compatibilidad química de los-

refuerzos con el material aislante para prevenir la corrosión.

- 3) Reforzar aquellas estructuras que no pueden soportar el peso de aislamiento de alta densidad. Las cintas metálicas y las telas de alambre para refuerzos deberán ser aplicadas sobre superficies a alta temperatura antes de que el aislante de alta densidad sea aplicado.
  
- 4) Soporte (para tuberías, recipientes y aislamiento). Los soportes para tuberías y sus accesorios deberán ser suministrados total o parcialmente por el contratista en aislamiento. El aislamiento en puntos de soporte se ilustra en las figuras No. V.5, V.6 y V.7 del capítulo V.

Los accesorios en puntos de soporte son:

- a).- Insertos de aislamiento altamente densos.
- b).- Zapatas y asientos (patines) para los soportes de las tuberías.
- c).- Blindajes para proteger el aislamiento.
- d).- Bloques o pernos de madera.

Los aros soportes para aislamiento sobre tuberías o recipientes verticales deberán ser suministrados por el contratista en tuberías y recipientes. Ver las figuras No. V.9.

- 5) Selladores. Una gran variedad de selladores y telas son - producidos para sellar las barreras de vapor, las protec-- ciones contra la intemperie, las uniones y las protuberan-- cias. Estos productos son fabricados para utilizarse en - un amplio rango de temperaturas y propiedades de permeabi-- lidad al vapor de agua. Algunos son producidos especial-- mente para usarse con un determinado tipo de aislamiento o con los productos de un fabricante específico.
- 6) Escurrideras de agua. Son materiales o arreglos de mate-- riales que dirigen el flujo de agua fuera del aislamiento y se construye de metal o de plástico.
- 7) Compensación para la expansión o contracción en tuberías y recipientes. Los accesorios usados en el diseño de juntas de expansión o contracción incluyen:
  - a).- Traslape prefabricado o juntas deslizantes.
  - b).- Amortiguamientos compuestos y sellados flexibles (ver la figura V.9).

## C A P I T U L O    I I I

## S I S T E M A S   A I S L A N T E S

## I I I . 1 . -   D E F I N I C I O N   D E   S I S T E M A S   A I S L A N T E S .

Un sistema aislante es la combinación de aislamientos acabados y métodos de aplicación que son usados para alcanzar o cubrir ciertos requerimientos específicos.

Algunos de estos requerimientos son:

- 1) Ahorro de energía.
- 2) Reducción en los costos al seleccionar los materiales más económicos que cubran todos los requerimientos de operación.
- 3) Asegurar la compatibilidad química de los materiales aislantes con los metales que serán aislados así como también con la atmósfera a la cual estarán expuestos y con los componentes varios del sistema aislante mismo.
- 4) Control de la condensación.
- 5) Protección del aislamiento y sistemas mecánicos para atmós

feras dañinas o abusos mecánicos.

- 6) Protección contra el fuego.
- 7) Control del nivel del ruido.
- 8) Requerimientos futuros para acceso a las tuberías, conexiones, etc.
- 9) Adaptación a los límites de espacios o espacios de trabajo.
- 10) Requerimiento higiénico.

Si bien estos son algunos factores para seleccionar un material que cubra los requerimientos térmicos y de costo efectivo de una instalación, la selección final estará limitada a cada condición específica que entre en juego.

En algunos casos la selección de cubiertas exteriores, accesorios y métodos de instalación son afectados más por ciertas condiciones de diseño que por los materiales aislantes usados. Por ejemplo, el aislamiento de fibra de vidrio para tubería se puede adquirir con una gran variedad de cubiertas metálicas protectoras aplicadas en fábrica diseñada para resistir diferentes tipos de atmósferas químicamente dañinas o abusos mecánicos.

El uso de aislamientos prefabricados en vez de fabricaciones en campo para válvulas, bridas y conexiones es un factor fundamental en el diseño de sistemas aislantes, los factores que afectan esta decisión incluyen tiempo de trabajo, costo de materiales y provisión de accesos a las conexiones para mantenimientos futuros.

La selección final requerirá entonces de un conocimiento práctico sobre las propiedades del material aislante tan bueno como el conocimiento de la función básica de cada sistema aislante y de las condiciones reales bajo las cuales operará dicho sistema.

### III.2.- AISLAMIENTO EN INSTALACIONES COMERCIALES.

El aislamiento de edificios tales como escuelas, tiendas de autoservicio, almacenes, hospitales, hoteles y otros edificios públicos tiene como objetivos principales la reducción del consumo de energía y la prevención de la condensación. Los tipos de sistemas mecánicos comunmente aislados en instalaciones comerciales varía muy poco e involucra un rango de temperaturas relativamente corto. Estos sistemas incluyen:

- 1) Instalaciones sanitarias (13°C hasta 82°C).
- 2) Ductos para acondicionamiento de aire (16°C hasta 43°C).



- 3) Vapor y condensado de vapor (99°C hasta 185°C). El límite superior de temperatura puede variar con la presión del vapor.
- 4) Tomas exteriores de aire. El rango de temperaturas del aire en el exterior estará de acuerdo con las estaciones del año.
- 5) Drenaje de las azoteas (1°C hasta 16°C).
- 6) Calentamiento de agua (12°C hasta 99°C).
- 7) Agua de enfriamiento (4°C hasta 13°C).
- 8) Gases de escape de máquinas diesel (454°C hasta 539°C).
- 9) Succión de refrigerantes (4° hasta 10°C).

Deberá tenerse mucho cuidado en la selección de aislamiento para instalaciones comerciales al especificar el espesor, material y acabados necesarios para cubrir los propósitos de la instalación:

Los edificios comerciales están diseñados para ajustarse - tanto al confort humano como al almacenamiento de materiales. Generalmente estos propósitos son cubiertos a través de una selección apropiada de los sistemas de calentamiento de aire, sanita-

rios y de calefacción. El propósito de la instalación de sistemas de aislamiento es mejorar la eficiencia de tales sistemas, - reduciendo el consumo de energía y ayudando a prevenir daños por la condensación. El control del nivel de ruido se cubre generalmente al efectuar un buen diseño que cumpla con los requerimientos anteriormente descritos.

### III.2.1.- CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION DE UN SISTEMA AISLANTE.

Es necesario que al seleccionar un sistema aislante se tenga un conocimiento profundo de la función del área y la cantidad y tipo de equipos que se planean para cubrir todos los requerimientos de la instalación. En algunos casos tales como vapor de calentamiento, una planificación apropiada del aislamiento puede reducir el tamaño y número de generadores de vapor necesarios. - El caso de almacenamiento de frutas y vegetales o cuartos de refrigeración, los objetivos de mantenimiento de temperatura y control de condensación pueden invalidar el diseño del espesor económico. Los factores de apariencia e higiene pueden también - afectar la selección de acabados en áreas expuestas o en áreas - donde se preparen o almacenen alimentos.

El control de la condensación de ductos, enfriadores, drenajes de azoteas y tuberías de enfriamiento es una función básica del aislamiento en edificios comerciales. Los requerimientos

principales a cubrir son la selección de materiales y métodos de aplicación que pueden alcanzar al mejor sello posible para barreras de vapor y para calcular el espesor de aislamiento necesario para prevenir la condensación sobre sistemas de enfriamiento.

El aislamiento seleccionado para protección de personal o para protección contra incendios deberá ser capaz de resistir altas temperaturas sin contribuir a aumentar el riesgo de incendios.

Los escapes de generadores diesel que pueden alcanzar temperaturas hasta los 593°C, deberán aislarse con el objeto de reducir la temperatura en la superficie exterior del aislamiento por debajo de los 60°C para protección de personal o de materiales combustibles almacenados.

Los ductos de escape de chimeneas de cocinas que tengan contacto con grasas estarán cubiertos por los criterios anteriormente descritos.

### III.2.2.- MATERIALES PRINCIPALES EN INSTALACIONES COMERCIALES.

Los materiales usados con más frecuencia en instalaciones comerciales son:

- 1) Fibra de vidrio (secciones de tubo rígido, lonas flexibles

y placas rígidas).

Pueden obtenerse con cubiertas protectoras de varios materiales.

Adaptables a los rangos de temperaturas generales para instalaciones comerciales.

2) Caucho celular (placas flexibles).

Generalmente no requieren barreras de vapor o acabados.

Usados sobre superficies frías, tuberías de agua de enfriamiento, tuberías de succión de refrigerantes y tuberías flexibles.

3) Silicato de calcio (secciones de tubo rígido y bloques).

Necesarios para rangos de temperaturas altas y para instalaciones que necesiten alta densidad y rigidez tales como vapor a alta presión, escapes de motores diesel y chimeneas de cocina.

4) Poliuretano (espumas, bloques y secciones de tubo rígido).

Necesarios donde se requiere un material denso pero no absorbente.

Adaptables a los rangos generales de temperatura para instalaciones comerciales.

Una gran variedad de barreras de vapor, barreras contra la

intemperie y mastique son producidos para ayudar a los materiales aislantes a cubrir requerimientos específicos tales como seguridad contra riesgos de incendio, apariencia y protección contra abusos mecánicos.

### III.2.3.- METODO DE APLICACIONES.

El capítulo V ilustrará los métodos de aplicación generales para la instalación de materiales aislantes, acabados y accesorios de fijación sobre instalaciones comerciales.

Los ductos serán sellados apropiadamente y probados antes de que el aislamiento sea aplicado.

### III.2.4.- ESPECIFICACIONES PARA SISTEMAS COMERCIALES.

Debido a que las instalaciones comerciales involucran selección de materiales y aplicaciones relativamente limitadas, con pocas variantes para los sistemas receptores del tratamiento aislante, existe una tendencia para preparar especificaciones generales que en algunas ocasiones son insuficientes para cubrir en su totalidad el diseño de determinados sistemas. Por ejemplo una especificación que establezca que "Todos los enfriadores o superficies frías de los enfriadores deberán ser aislados" puede ser interpretada de diversas formas especialmente si estos no fueron diseñados para instalarse a la intemperie o si fueron ais

lados en fábrica.

Todos los materiales, espesores, acabados, accesorios para fijación y objetivos de diseño serán comunicados o suministrados al contratista en aislamiento.

### III.3.- SISTEMAS MECANICOS RECEPTORES DE TRATAMIENTO AISLANTE EN INSTALACIONES COMERCIALES.

A. Componentes de sistemas de agua de enfriamiento y calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire.

#### 1.- Ductos.

- a) Suministros de agua a alta presión.
- b) Suministros de agua a baja presión.
- c) Retornos.
- d) Salidas de aire (de registros hacia habitaciones o salas) .
- e) Ductos para aire frío.
- f) Cajas de mezclas.
- g) Difusores y ductos flexibles.

#### 2.- Tuberías, conexiones, válvulas, etc.

- a) Suministros y retorno de agua de enfriamiento.
- b) Succión de refrigerantes.

- c) Torres de enfriamiento (para control del nivel del ruido).
- d) Suministros y retorno de agua caliente.
- e) Colectores de líneas de drenaje de condensado.

### 3.- Equipos.

- a) Enfriadores.
- b) Convertidores.
- c) Bombas (para líquidos fríos).
- d) Tanques de expansión.
- e) Deaeradores.

## B. Componentes de sistemas de vapor y condensado.

### 1.- Tuberías, válvulas, conexiones, etc.

- a) Vapor (a presiones bajas, medias y altas).
- b) Condensado desde las trampas hasta los tanques de condensado).
- c) Bombeo de condensado (desde los tanques receptores a las calderas o a los calentadores de agua de alimentación).
- d) Agua de alimentación a las calderas.
- e) Manejo de agua fría.
- f) Agua calentada por energía solar.

2.- Equipos.

- a) Calderas.
- b) Generadores.
- c) Convertidores.
- d) Bombas.
- e) Chimeneas.
- f) Tanques de expansión.
- g) Tanques de condensado o deaeradores.

C. Componentes de sistemas domésticos de calentamiento y enfriamiento de agua.

1.- Tuberías, conexiones, válvulas, etc.

- a) Agua fría.
- b) Agua caliente.
- c) Circulación de agua caliente.
- d) Agua blanda.
- e) Líneas de drenaje de condensados, sanitarios y desechos.

2.- Equipos.

- a) Generadores de agua caliente.
- b) Tanques de almacenamiento de agua caliente.
- c) Ablandadores de agua.
- d) Tanques de almacenamiento de agua fría.



#### D. Otros.

- 1.- Líneas verticales de drenaje de azoteas.
- 2.- Chimeneas de cocinas.
- 3.- Escapes de generadores diesel de emergencia.
- 4.- Tuberías y equipos de refrigeración.
- 5.- Vapor para esterilización.

#### III.4.- AISLAMIENTO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES.

La función de un sistema aislante en instalaciones industriales tales como centrales termoeléctricas, plantas químicas, refinerías de petróleo, molinos de minerales, molinos de pulpas de papel, empacadoras y plantas procesadoras de alimentos, fábricas de detergentes y cosméticos, etc., debe cubrir un amplio rango de requerimientos dependiendo de las condiciones involucradas en la operación de dichos sistemas aislantes. Algunos de estos requerimientos son:

- 1) Control riguroso de los parámetros de temperatura.
- 2) Protección contra atmósfera corrosivas como resultado de la presencia de procesos químicos o por la localización del equipo y tuberías a intemperie.

- 3) Anular los riesgos de incendio causados por altas temperaturas y la presencia de sustancias volátiles combustibles.
- 4) Incrementar la seguridad del personal de operación (protección de personal).
- 5) Cubrir los requerimientos sanitarios y de contaminación para procesamiento de alimentos, empacadoras de carnes, detergentes, cosméticos, lácteos, cervezas, etc.
- 6) Prevenir daños debido al abuso mecánico sobre el aislamiento por manipuleo excesivo, tráfico de personal sobre recipientes y tuberías y por movimientos de expansión, contracción y vibraciones.
- 7) Preparación para una remoción fácil del aislamiento para áreas con mantenimiento previsto.
- 8) Prevenir espaciamentos críticos y limitaciones de espacio cuando se tiene necesidad de grandes espesores de aislamiento.
- 9) Habilitar arreglos especiales para la instalación de placas de datos de identificación de los equipos.
- 10) Disminuir los riesgos de radiación de instalaciones nucleares.

Los datos concernientes a las condiciones de operación de la instalación, los materiales que serán procesados o usados, los códigos y regulaciones aplicables al diseño, los datos de operación y los parámetros de temperatura deberán ser determinados para preparar la especificación final para asegurar que un sistema aislante funcione apropiadamente.

### III.5.- DATOS PARA LA SELECCION DE AISLAMIENTO DE SISTEMAS INDUSTRIALES.

#### III.5.1.- NATURALEZA DEL PROCESO.

La posibilidad de derrames, fugas o contaminación accidental de un proceso químico y sus productos está siempre presente en instalaciones industriales.

El aislamiento seleccionado no deberá reaccionar con los productos químicos contenidos en los recipientes o tuberías a los cuales es aplicado. Tales reacciones pueden causar una disminución de la temperatura de ignición de los químicos procesados o del material aislante, contribuyendo a aumentar los riesgos de incendios.

Se debe tomar especial cuidado para usar aislamientos no absorbentes en la presencia de líquidos tóxicos o combustibles. Un incendio espontáneo de líquidos combustibles absorbidos por

grandes superficies de aislamiento puede ocurrir cuando éste se oxida. Los aislamientos absorbentes pueden contribuir significativamente a un incendio accidental ya que los combustibles fugados o derramados se pueden ir acumulando sobre el material aislante.

Las normas sanitarias en las plantas de procesamiento de alimentos, detergentes y cosméticos prohíben el uso de aislamientos que pueda deshilarse o pulverizarse, que sean tóxicos o contengan vidrio. El equipo, tuberías y aislamientos deberán ser provistos con acabados que impidan el desarrollo de hongos o bacterias.

Los acabados de plásticos laminados, polifluoruros y PVC son excelentes en resistencia al desarrollo de hongos y bacterias aunque sus limitaciones en resistencia mecánica y a temperaturas altas pueden causar problemas en áreas de lavados con agua a alta presión y bajo largos períodos de limpieza con vapor. De los materiales metálicos para cubiertas protectoras, el acero inoxidable es el más apropiado ya que tiene una alta resistencia a la corrosión y a la formación de hongos y bacterias, a la vez que su resistencia mecánica es sumamente buena. El aluminio no debe usarse en áreas de lavado o donde utilicen productos químicos fuertes. El uso de revestimientos tales como barreras de vapor reforzado con tela de fibra de vidrio o tela de alambre proveen un acabado sanitario para equipos y endurecedor para áreas-

en las cuales se deberán resistir ataques químicos o abusos mecánicos.

### III.5.2.- ESPECIFICACION DE PARAMETROS DE TEMPERATURAS DE TUBERIAS Y EQUIPOS.

Además de la reducción en la pérdida o ganancia de calor, los sistemas aislantes industriales deberán mantener el control de temperaturas requerido para facilitar la transportación de los materiales procesados desde un punto a otro de la instalación. El control de la temperatura puede ser continuo, intermitente, cíclico o rápidamente cambiante debido a las condiciones ambientales o las necesidades de limpieza periódica con agua o vapor.

Un aislamiento de alta difusión térmica, de bajo calor específico y baja densidad es recomendable donde se requiere rápido calentamiento o enfriamiento de las superficies del aislamiento. Un proceso cambiante de caliente a frío en un intervalo de tiempo de unos pocos minutos requiere de un aislamiento que tenga la capacidad de cambiar de temperatura rápidamente y que tenga muy poca masa para retener calor. Los aislamientos usados para resistir al fuego deben tener un rango de difusividad térmica bajo una gran masa y un calor específico alto para disminuir la temperatura que intenta penetrarlo.

La temperatura sobre la superficie exterior del aislamiento deberá ser considerada cuando el aislamiento sea usado como protección de personal o donde la temperatura superficial excesivamente alta puede causar fuego en vapores o gases combustibles. Sobre instalaciones a baja temperatura, la temperatura superficial deberá mantenerse arriba de la temperatura del punto de rocío para prevenir la condensación y goteo. La propiedad emisiva de aislamientos y acabados es significativa en estos casos. Altos niveles de emisividad son recomendados en acabados usados para tratamiento de protección de personal.

En instalaciones donde la temperatura debe mantenerse en niveles específicos, deberá decidirse en la fase de diseño si se aumenta el espesor del aislamiento o se instalan venas de vapor o resistencias eléctricas para alcanzar mejores eficiencias en el servicio del sistema. Estas decisiones se harán únicamente en base a consideraciones económicas.

Las temperaturas superficiales extremas en procesos industriales pueden requerir el uso de materiales y métodos de aplicación que faciliten la absorción de movimientos de expansión, contracción y vibración. Las bandas o flejes de acero inoxidable se recomiendan para superficies de gran diámetro. Debido a que a temperaturas altas el aislamiento se contrae cuando el metal se expande, métodos tales como doble capa, construcción de juntas rellenas, diseño y colocación de juntas de expansión o con--

tracción o el uso de cintas metálicas de alta resistencia entre el aislamiento y la superficie del metal deben ser empleados para proteger al aislamiento.

Prestar toda la atención a la naturaleza del proceso, sustancias, la temperatura relativa de sus tuberías y equipos y la localización general de dicho equipo ayudan a determinar las áreas donde un exceso de calor o de materiales químicos pueden crear riesgos contra la salud del personal de operación de dicho equipo.

### III.5.3.- SUPERFICIES METALICAS RECEPTORAS DE TRATAMIENTO AISLANTE.

El material seleccionado no deberá corroer químicamente al metal sobre el cual será aplicado. Básicamente, el aislamiento instalado sobre acero deberá ser neutro o ligeramente alcalino mientras que los instalados sobre aluminio deberán ser neutros o ligeramente ácidos.

Se pueden generar fisuras o roturas sobre superficies de acero inoxidable como resultado de esfuerzos externos debidos a la corrosión de la superficie por presencia de iones de cloro. Los aislamientos que contengan o que se localicen en atmósferas salinas o contaminadas con cloro no deberán estar en contacto directo con cubiertas protectoras o superficies de acero inoxidada--

ble. En el caso de cubiertas protectoras de acero inoxidable, - las barreras contra la penetración de mezclas aplicadas en fábrica sobre la superficie interior de la cubierta protectora es suficiente. Los sistemas aislantes deberán seleccionarse para preve nir posible corrosión galvánica del metal de la tubería y equipos. Algunos materiales aislantes para altas temperaturas con-- tienen sales que cuando se mezclan con soluciones acuosas forman celdas galvánicas de bajo potencial haciendo que la pared de la tubería o recipiente se comporte como polo positivo (ánodo) y la cubierta protectora metálica se comporte como polo negativo (cátodo). Esta acción puede provocar que en algunas ocasiones la - pared de la tubería o del recipiente o la cubierta protectora meta lica se corroan provocando graves daños a los aislamientos, a las tuberías o al equipo aislado. Los niveles de humedad, de - temperaturas y contenido de sal deberán ser considerados cuando se especifiquen los materiales aislantes, las cubiertas metáli-- cas protectoras y los mástiques.

#### III.5.4.- DATOS DE OPERACION.

La localización de los instrumentos y las áreas de mantenimiento donde estará presente personal de operación es importante cuando se especifiquen tratamientos para protección de personal y protección contra daños al material aislante debido al tráfico de personal, manipulación excesiva y operación del equipo. Se - recomiendan materiales aislantes rígidos y cubiertas metálicas -



protectoras para estas áreas. En áreas donde se efectúan lavados con agua a alta presión se requieren aislamientos resistentes al contacto con agua y detergentes así como también con alta resistencia a esfuerzos mecánicos.

### III.5.5.- REQUERIMIENTOS DE ACCESO PARA FUTUROS MANTENIMIENTOS.

Las fugas potenciales son más comunes en válvulas, conexiones y bridas. Los aislamientos para temperaturas bajas se protegen de tales fugas sellando la parte adyacente del aislamiento - a tales conexiones con mastique para barreras de vapor. Las cubiertas metálicas protectoras removibles para conexiones son recomendadas en áreas de mantenimiento previsto y en aquellos puntos donde se instalen mecanismos especiales para la detección de fugas. No obstante para aplicaciones a alta temperatura, una inspección estricta y meticulosa y un buen programa para reemplazar las partes dañadas es lo mejor para la prevención de la destrucción del aislamiento a gran escala debido a las fugas.

En turbinas, las cuales requieren un fácil acceso para inspección o mantenimiento, pueden ser aisladas con lonas aislantes removibles reforzadas con tela de alambre de acero inoxidable o con aislamientos fibrosos para relleno a altas temperaturas. Estos son montados sobre la superficie de la turbina por medio de ataduras en ojales metálicos localizados en los bordes de las lonas.

Los tanques grandes a nivel del piso pueden ser protegidos contra derrames de productos químicos o agua usando aislamientos no absorbentes alrededor de los faldones del fondo de los soportes o bien sellandolos por medio de una aplicación de asfalto.

### III.5.6.- CONDICIONES ATMOSFERICAS.

La atmósfera circundante de tuberías y equipos industriales presenta problemas adicionales en la selección de acabados o de las cubiertas metálicas protectoras. De particular importancia es la presencia de humedad o productos químicos que puedan corroer los acabados metálicos.

Debido a sus excelentes propiedades como barrera de vapor y su resistencia mecánica, las cubiertas metálicas protectoras son extensamente usadas en instalaciones industriales. Los metales más resistentes a la corrosión química y a la humedad son el acero inoxidable y los aceros galvanizados. Los recubrimientos de aluminio pueden ser usados para combatir situaciones específicas seleccionando exactamente el recubrimiento requerido. Sin embargo los recubrimientos frecuentemente no ofrecen resistencia a la abrasión, permitiendo que el aluminio sea atacado químicamente.

Las protecciones del aluminio contra la intemperie son buenas pero no se recomiendan en áreas de lavado o donde se usen -

limpiadores químicos fuertes. Las barreras protectoras contra la penetración de mezclas de humedad o rocíos aplicadas en fábrica son recomendadas sobre cubiertas protectoras de aluminio.

Las cubiertas protectoras consideradas más resistentes a la corrosión y abrasión química son la de PVC, polifluoruro, plástico, vinil y acrílico. Sus limitaciones se deben a sus bajos rangos de temperatura (-40°C hasta 82°C) y su pequeña resistencia mecánica. A menos que se protejan, las cubiertas protectoras de PVC pueden debilitarse cuando están expuestas a los efectos del ozono, rayos infrarrojos y rayos ultravioletas.

Los recubrimientos de las barreras contra la intemperie ofrecen buena protección contra el medio ambiente y contra ataques químicos de ácido, alcalinos, solventes y sales mezclados con el aire o como resultado de fugas intermitentes. Las telas de fibra de vidrio y otras membranas de fábrica son usadas generalmente como refuerzos para aumentar la resistencia mecánica de la instalación.

La máxima protección contra ataques químicos en servicios sobre superficies frías es alcanzada a través del uso de recubrimiento para barreras de vapor a los cuales también se les deberá aplicar refuerzos tales como fibra de vidrio.

Las cubiertas protectoras y bandas o flejes de acero inoxi

dable son recomendados en áreas donde se requiere de una resistencia superior contra el fuego. El acero inoxidable es recomendado en vez del aluminio debido a que éste último tiene un punto de fusión más bajo. Algunos mastiques para barreras contra la intemperie y para barreras de vapor ofrecen también propiedades retardantes al fuego para sistemas aislantes.

### III.5.7.- ESPACIAMIENTOS.

Debido a la complejidad de las tuberías de proceso y del aumento en el espesor requerido para controlar las pérdidas o ganancias de calor, el espacio entre tuberías están mínimo que en ocasiones es necesario aislar juntos a grupos de tuberías, esto también es muy común en trabajos marinos.

### III.5.8.- INVENTARIOS Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES.

Las instalaciones industriales precisan de inventarios y registro de los materiales usados así como del almacenamiento de materiales de repuesto listos para usarse tan pronto como surja algún problema de deterioro en la instalación. Estos materiales almacenados deberán tener una alta resistencia mecánica para que resistan cantidades excesivas de manipulación y movimientos en el lugar de su instalación. Los materiales que son absorbentes de mezclas de humedad deberán ser también protegidos del agua mientras se encuentran almacenados. Las áreas de almacenamiento

deberán estar acondicionadas permanentemente para evitar que los materiales sufran cualquier deterioro.

### III.5.9.- ESPECIFICACIONES.

Los dibujos y esquemas para los contratistas deberán indicar la extensión y el arreglo general del área mecánica y las tuberías de proceso y de servicios auxiliares que recibirán el tratamiento aislante. El tamaño de los equipos, origen y destino - de las líneas de tuberías, elevaciones, localización de soportes y orientación de las boquillas, conexiones y válvulas serán también indicados.

## C A P I T U L O    I V

## IV.1.- CALCULO DE FLUJO TERMICO.

En la sección I.4 del capítulo I en la parte referente a los mecanismos de transferencia de calor, se definió que hay tres formas diferentes en las que el calor, puede pasar de una fuente a un receptor. Estas tres formas de transferencia de calor son: Conducción, Radiación y Convección.

Según lo anterior aplicado al caso de flujo de calor a través de una pared aislante se tiene que:

El flujo de calor, por conducción a través de la pared aislante es igual a la pérdida o ganancia de calor por radiación más la pérdida o ganancia de calor por convección en la superficie exterior del aislamiento, esto es:

$$q = q_r + q_c \quad (IV.1.)$$

La ecuación anterior es la ecuación básica para el cálculo de flujo térmico y la definición de cada uno de sus términos puede verse en la tabla I.1 de la sección I.2 del capítulo I. Esta ecuación puede expresarse literalmente para superficies a temperaturas altas y bajas de la siguiente manera como:

A).- AISLAMIENTO DE UNA SUPERFICIE A TEMPERATURAS BAJAS.

La transmisión de calor a través del aislamiento es igual al calor absorbido por la superficie externa del aislamiento es decir el calor ganado por radiación, más el calor ganado por convección.

B).- AISLAMIENTO DE UNA SUPERFICIE A TEMPERATURAS ALTAS.

La transmisión de calor a través del aislamiento es igual a la pérdida de calor por radiación desde el exterior del aislamiento, más la pérdida de calor por convección.

IV.1.1.- FLUJO TERMICO A TRAVES DEL AISLAMIENTO (FLUJO TERMICO - POR CONDUCCION qc).

Según la ecuación I.1 de la sección I.4 del capítulo I de la cantidad del flujo de calor es:

$$dq = KA \frac{dt}{de}$$

Esta ecuación se puede expresar para medir la velocidad de flujo térmico a través del aislamiento de superficies planas y curvas por cada una de las siguientes ecuaciones.

Para una superficie plana:

$$q = \frac{K(t_{s1} - t_{s2})}{e} \dots \text{Kcal/h-m}^2 \quad (\text{VI.2.})$$

Para una superficie curvada:

$$q = \frac{2\pi K(t_{s1} - t_{s2})}{\text{Ln}(ds/dl)} \dots \text{Kcal/h-m lineal} \quad (\text{IV.3.})$$

Donde la definición de cada uno de sus términos puede verse en la tabla I.1 de la sección I.2 del capítulo I.

El cálculo de la temperatura en el exterior del aislamiento para superficies calientes,  $t_{s2}$ , se puede obtener con la suficiente precisión usando la fórmula empírica.

$$t_{s2} = t_m + 1/10 (t_{s1} - t_m) \dots \text{°C} \quad (\text{IV.4.})$$

Sin embargo, para  $t_{s2}$  puede tomarse el valor de 32°C, obteniéndose resultados que, normalmente son lo suficientemente exactos en la práctica.

Para superficies frías, el valor de  $t_{s2}$  puede tomarse tres grados centígrados por debajo de la temperatura ambiente.

La definición de cada uno de los términos de la ecuación IV.4 se encuentra también en la tabla I.1 de la sección I.2 del capítulo I.



## IV.1.2.- FLUJO TERMICO POR RADIACION.

Según la ecuación I.3 de la sección I.4 del capítulo I, la cantidad de flujo por radiación es:

$$dq = \epsilon E dA T^4$$

Esta ecuación se puede expresar para medir la velocidad de flujo térmico por radiación a través de aislamiento por cada una de las siguientes ecuaciones:

$$q_r = 4.84 \times 10^{-8} EA [ (t_{s2} + 273)^4 - (t_m + 273)^4 ] \quad (\text{IV.5.})$$

Donde  $4.84 \times 10^{-8}$  es la constante de Stefan-Boltzmann cuyas unidades son  $\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{K}^4$ , que para tuberías puede expresarse de la forma:

$$q_r = fr \pi E d_2 (t_{s2} - t_m) \dots \text{Kcal/h.m lineal} \quad (\text{IV.6.})$$

El valor de  $fr$  (coeficiente de radiación o factor de temperatura) viene dado por:

$$fr = \frac{4.84 \times 10^{-8}}{t_{s2} - t_m} [ (t_{s2} + 273)^4 - (t_m + 273)^4 ] \quad (\text{IV.7.})$$

Los valores de  $fr$  y de  $E$  pueden obtenerse de la figura IV.1 respectivamente.

Tabla IV.1. Valores de emisividad y absorbilidad de varias superficies.

SUPERFICIE	EMISIVIDAD (de 10°C a 32°C)	ABSORBILIDAD (Para la radiación solar)
Pintura de aluminio.	0.40 - 0.60	0.30 - 0.50
Asbesto cemento.	0.85 - 0.95	0.65 - 0.80
Negro, no metálico.	0.90 - 0.90	0.85 - 0.98
Acero galvanizado.	0.20 - 0.30	0.40 - 0.65
Aluminio oxidado.	0.20 - 0.30	0.40 - 0.65
Aluminio pulido.	0.02 - 0.04	0.10 - 0.40
Pintura blanca.	0.89 - 0.97	0.12 - 0.18
(El resto de pinturas).	0.74 - 0.96	0.50 - 0.74

#### IV.1.3.- FLUJO TERMICO POR CONVECCION.

Según la ecuación I.2 de la sección I.4 del capítulo I, la cantidad de flujo de calor por conducción es:

$$dq = hAdt$$

El flujo térmico por convección puede ser natural o forzado, para tuberías y equipos mecánicos ubicados bajo techo debe -

considerarse la convección natural y para las condiciones exteriores la convección forzada. Las constantes que se indican en las ecuaciones (IV.11) y (IV.13) para la convección forzada están basadas en una velocidad del aire de 3 m/s. Para velocidades del aire distintas, debe efectuarse una corrección sobre las líneas que se indican en la figura IV.2.

Los resultados basados en los cálculos efectuados según las ecuaciones (IV.8) y (IV.9) que seguidamente se indican, serán exactas dentro de un margen de error de  $\pm 10\%$ .

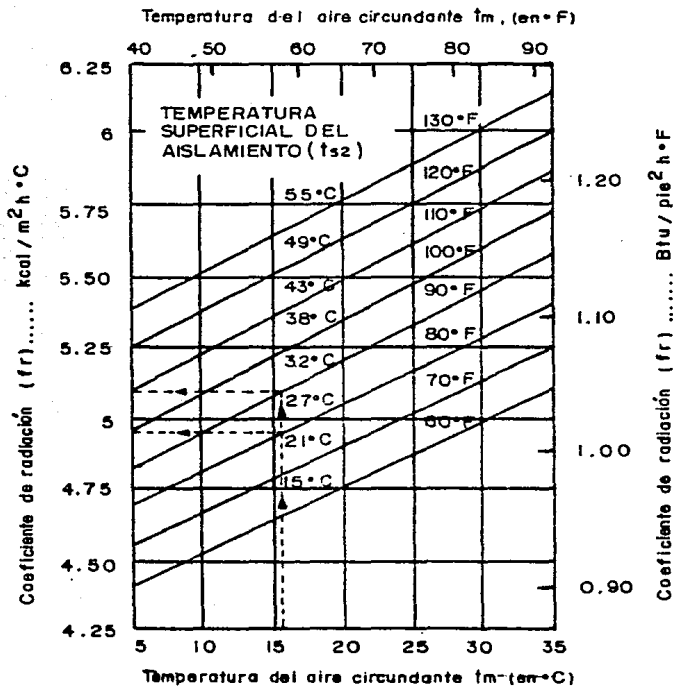


Figura IV.1. Coeficiente de radiación o factor de temperatura ( $f_r$ )

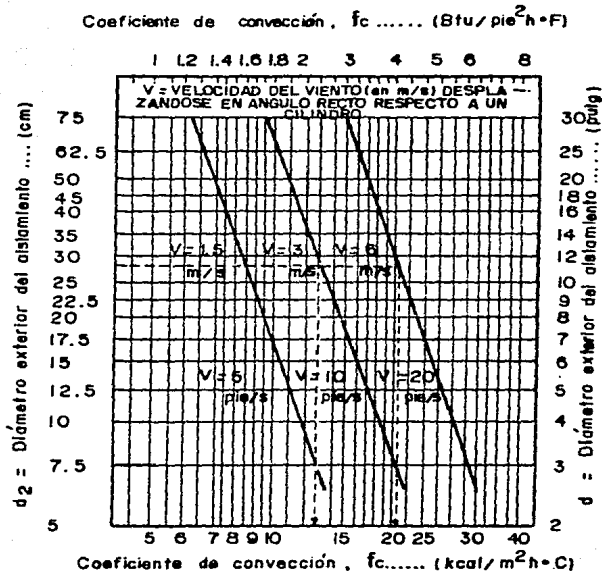


Figura IV.2. Coeficiente de convección en relación con la velocidad del viento para la convección forzada sobre las superficies cilíndricas.

Tratando primero con la convección natural y a continuación con la convección forzada, pueden obtenerse los flujos térmicos tal como a continuación se indican:

A).- Convección natural. Para superficies planas y verticales,-

el flujo térmico para las superficies cilíndricas y planas esta expresado por:

$$q_{cn} = 1.52 (t_{s2} - t_m)^{1.25} \dots \text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \quad (\text{IV.8.})$$

Para las superficies planas horizontales, el flujo térmico puede tomarse tal como se indica en la tabla IV.3.

Tabla IV.3. Transmisión térmica para las superficies planas horizontales.

SITUACION	FLUJO TERMICO ... Kcal/m <sup>2</sup> .h
Superficie caliente orientada hacia arriba.	$q_{cn} = 2.15 (t_{s2} - t_m)^{1.25} \quad (\text{IV.9.})$
Superficie fría orientada - hacia abajo.	
Superficie caliente orientada hacia abajo.	$q_{cn} = 1.13 (t_{s2} - t_m)^{1.25} \quad (\text{IV.10})$
Superficie fría orientada - hacia arriba.	

El flujo para una superficie cilíndrica horizontal viene dado por la siguiente ecuación.

$$q_{cn} = 3.52 (d_2)^{0.75} (t_{s2} - t)^{1.25} \dots \text{Kcal/m.h} \quad (\text{IV.11.})$$

B).- Convección forzada. (tanto para las superficies verticales como para las horizontales).

Para las superficies planas y cilíndricas, la convección forzada puede tomarse tal como se indica en la tabla IV.4.

Tabla IV.4. Transmisión térmica para condiciones de convección forzada en superficies cilíndricas y planas.

SITUACION	FLUJO TERMICO
Superficie cilíndrica (con el viento en ángulo recto respecto al eje del cilindro o tramo de tubería.	$q_{cf} = 24.3(d_2)^{0.6} (t_{s2} - t_m) \quad (IV.12.)$ $q_{cf} = \pi d_2 f_c (t_{s2} - t_m) \quad (IV.13.)$
Superficie plana (con el viento paralelo a la superficie).	$q_{cf} = \frac{11.5}{w^{0.2}} (t_{s2} - t_m) \quad (IV.14.)$

Donde los valores de  $f_c$  pueden obtenerse de la figura IV.2 y "w" = dimensión (en metros en la dirección del flujo de aire.

La definición de los términos de las ecuaciones (IV.5) a la (IV.4) pueden verse en la tabla I.1 de la sección I.2 del capítulo I.

#### IV.2.- EJEMPLOS DE CALCULO DE FLUJO TERMICO.

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE LA PARTE EXTERIOR DEL AISLAMIENTO ( $t_{s2}$ ) Y DE LA PERDIDA TERMICA DEL AISLAMIENTO PARA TEMPERATURAS ELEVADAS.

Consideremos un problema real bajo las siguientes consideraciones:

En la refinería "MIGUEL HIDALGO" de Petróleos Mexicanos - ubicada en la ciudad de Tula de Allende, en el estado de Hidalgo, se está construyendo una planta de Destilación Atmosférica (Septiembre de 1985), la cual procesará petróleo crudo para producir gas (LPG), gasolina turbosina, diésel y residuos de petróleo. - Uno de los múltiples medios de calentamiento para los intercambiadores de calor que forman parte de la instalación es vapor de presión media ( $14 \text{ kg/cm}^2$ ).

Debido a que la totalidad de la instalación se localiza a la intemperie y para evitar la pérdida de calor del vapor, la tubería que conducirán dicho vapor deberán ser aisladas.

Para el cálculo de la temperatura en la parte exterior del aislamiento ( $t_{s2}$ ) y de la pérdida de calor del aislamiento se tiene los siguientes parámetros:

**CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA.**

Identificación de la tubería:

6" VM - 4236-B3A.

Tipo de tubería:

Acero al carbón ASTM-A-53 Grado B de 6"  $\emptyset$  sin costura, célula 40  
(espesor de pared = 0.280 plg.).

Temperatura en la superficie exterior de la tubería = 270°C.

Aislamiento propuesto:

Perlita expandida de 2.5 plg., de espesor.

Cubierta protectora propuesta:

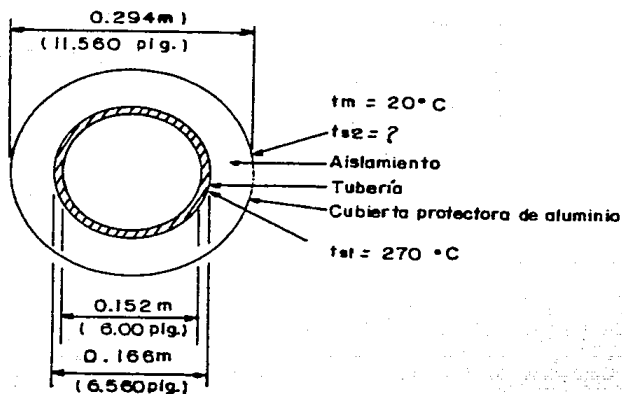
Lámina de aluminio oxidado.

**CONDICIONES ATMOSFERICAS.**

Velocidad del viento promedio = 3.85 m/seg.

Temperatura ambiental promedio = 20°C.





RESUMIENDO TENEMOS QUE:

$$t_{s1} = 270^\circ\text{C}$$

$$t_m = 20^\circ\text{C}.$$

$$t_{s2} = ?$$

$$d_1 = 6.560 \text{ plg} = 0.166 \text{ m}.$$

$$d_2 = 11.560 \text{ plg} - 0.294 \text{ m}.$$

De la tabla VII.3 del apéndice se tiene para la perlita -  
expandida un valor para la conductividad térmica a  $270^\circ\text{C}$  igual a:

$$K = 0.081 \text{ Kcal} \cdot \text{m} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$$

Según la ecuación IV.3 del apartado IV.1.1., el flujo térmico a través del aislamiento curvado viene dado por:

$$q = \frac{2\pi k (ts1 - ts2)}{\ln (d2 / d1)}$$

$$q = \frac{2 \times \pi \times 0.081 (ts1 - ts2)}{\ln (0.294 / 0.166)}$$

$$q = 0.89 (ts1 - ts2)$$

La pérdida térmica por radiación ( $q_r$ ) se obtiene de la ecuación IV.6 es decir:

$$q_r = f_r E \pi d_2 (ts_2 - t_m)$$

Para encontrar el valor del coeficiente de temperatura ( $f_r$ ) debemos referirnos a la figura IV.1 de la Sección IV.1.3. del presente capítulo, esto es:

Suponiendo una temperatura en el exterior del aislamiento  $t_{s2} = 32^\circ$  y sabiendo que tenemos una temperatura media  $t_m = 20^\circ$ , encontramos un valor de  $f_r = 5.20$  kcal/m h°C.

Para encontrar el valor de la emisividad (E) debemos referirnos a la tabla IV.1 de la Sección IV.1.2. del presente capítulo, esto es:

Para una cubierta protectora de aluminio oxidado se tiene un valor de  $E = 0.20$  hasta  $0.30$ , para un rango de temperaturas -

desde 10° hasta 32°C. Interpolando para una temperatura media -  
 $t_m = 20^\circ\text{C}$  tenemos:

$$E(20^\circ\text{C}) = \frac{(0.30 - 0.20)(32 - 20)}{(32 - 20)} + 0.20$$

$$E(20^\circ\text{C}) = 0.254$$

Por lo tanto tenemos:

$$q_r = f_r E \pi d_2 (t_{s_2} - t_m)$$

$$q_r = (5.20)(0.254)(\pi)(0.294)(t_{s_2} - t_m)$$

$$q_r = 1.210 (t_{s_2} - t_m)$$

La tubería esta expuesta a convección forzada a 3.85 m/s -  
 por esto la pérdida térmica por convección forzada se obtiene -  
 utilizando la ecuación IV.13, es decir:

$$q_{cf} = f_c \pi d_2 (t_{s_2} - t_m)$$

Para encontrar el valor del coeficiente de convección  $f_c$  -  
 es necesario referirse a la figura IV.2 de la sección IV.1.3., -  
 Esto es:

Puesto que la velocidad del viento es 3.85 m/s., es necesa

rio interpolar entre las velocidades de 3 m/s y 6 m/s o sea:

$$F_c = 14 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \dots\dots\dots \text{Para } V = 3 \text{ m/s}$$

$$F_c = 22.4 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \dots\dots\dots \text{Para } V = 6 \text{ m/s}$$

$$F_c (3.85 \text{ m/s}) = \frac{(22.4 - 14) (6 - 3.85) + 14}{(6 - 3)}$$

$$F_c (3.85 \text{ m/s}) = 20.09 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

Por lo tanto tenemos:

$$q_{cf} = f_c \pi d_2 (t_{s2} - t_m)$$

$$q_{cf} = (20.09) (\pi) (0.294) (t_{s2} - t_m)$$

$$q_{cf} = 18.555 (t_{s2} - t_m)$$

Según la ecuación básica para el cálculo de flujo térmico-tenemos:

$$q = q_r + q_{cf}$$

$$0.89 (t_{s1} - t_{s2}) = 1.219 (t_{s2} - t_m) + 18.555 (t_{s2} - t_m)$$

Despejando  $t_{s2}$  tenemos:

$$t_{s2} = 30.767^\circ\text{C}$$

Según la figura IV.1  $f_r = 5.18$  para  $t_{s2} = 32.926^\circ\text{C}$ . y si se corrige la pérdida térmica para admitir este factor tenemos:

$$f_r = 5.18$$

$$q_r = f_r E \pi d_2 (t_{s2} - t_m)$$

$$q_r = (5.18) (0.254) (\pi) (0.294) (t_{s2} - t_m)$$

$$q_r = 1.215 (t_{s2} - t_m)$$

Entonces de la ecuación IV.1 tenemos:

$$0.89 (t_{s1} - t_{s2}) = 1.215 (t_{s2} - t_m) + 18.55 (t_{s2} - t_m)$$

Despejando  $t_{s2}$  tenemos:

$$t_{s2} = 30.769 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Cálculo de la pérdida térmica.

$$q = 0.89 (270 - 30.769)$$

$$q = 212.915 \text{ kcal/m h.}$$

Esta pérdida térmica esta compuesta de las dos partes siguientes:

A).- Pérdida térmica por radiación según la ecuación IV.6.

$$q_r = 1.215 (t_{s2} - t_m) = 1.215 (30.769 - 20)$$

$$q_r = 13.084 \text{ kcal/m h.}$$

B).- Pérdida térmica por convección forzada según la ecuación -  
IV.13.

$$q_{cf} = 18.555 (t_{s2} - t_m) = 18.555 (30.769 - 20)$$

$$q_{cf} = 199.819 \text{ kcal/m h.}$$

Es decir la pérdida térmica total es:

$$q = q_r + q_{cf}$$

$$q = 13.084 + 199.819$$

$$q = 212.903 \text{ kcal/m h.}$$

Que es lo suficientemente aproximada comparada con la de -  
212.915 kcal/m h°C., que se había calculado anteriormente.

#### IV.2.1.- EJEMPLO DE CALCULO DEL FLUJO TERMICO PARA LAS SUPERFI-- CIES FRIAS.

Debido a que el aislamiento térmico de tuberías, acceso-  
rios y equipos a temperaturas elevadas se proyecta generalmente-  
para confinar al calor, la transmisión de tal calor en forma de  
fugas a través del aislamiento se conoce como "pérdida térmica".

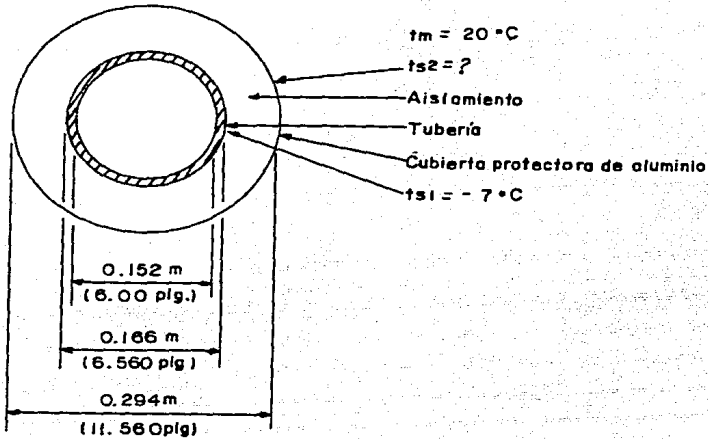
Por otra parte en las aplicaciones a temperaturas bajas el  
objeto estriba en mantener el calor apartado de las salas refri-  
geradas o de las tuberías y accesorios que transportan fluidos -

fríos. En tales casos el calor que pasa hacia el interior a través del aislamiento se denomina "ganancia térmica".

Para el aislamiento a temperaturas bajas se aplican los mismos principios generales que se aplican para el aislamiento a temperaturas elevadas descritos en el apartado IV.1., pueden utilizarse las mismas ecuaciones básicas de transmisión térmica. La única diferencia importante reside en que la temperatura de la superficie exterior del aislamiento ( $t_{s2}$ ) es más baja que la temperatura del aire circulante ( $t_m$ ); es por esta razón que la expresión ( $t_{s2} - t_m$ ) debe reemplazarse por la expresión ( $t_m - t_{s2}$ ) en todas las ecuaciones pertinentes de la (IV.6) a la (IV.14).

Consideramos por lo tanto una tubería de las mismas características de la del ejemplo del apartado IV.2.1., con las mismas condiciones atmosféricas con la única diferencia que ahora el fluido manejado es amoníaco y teniendo temperaturas de  $-7^\circ\text{C}$  en la superficie exterior la tubería.

Resumiendo, tenemos los siguientes parámetros:



### CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA.

Identificación de la tubería:

6" A-2115-B3A.

Tipo de tuberías:

Acero al carbón ASTM A-53 grado B de 6"  $\emptyset$  sin costura, cédula 40 (espesor de pared = 0.280 plg.).

Temperatura de la superficie exterior de la tubería =  $-7^\circ\text{C}$ .

Aislamiento propuesto:

Perlita expandida de 2.5 plg. de espesor.



Cubierta protectora propuesta:

Lámina de aluminio oxidado.

CONDICIONES ATMOSFERICAS.

Velocidad del viento promedio = 3.85 m/m

Temperatura ambiente promedio  $t_m = 20^\circ\text{C}$ .

Resumiendo tenemos que:

$$t_{s1} = -7^\circ\text{C}$$

$$t_m = 20^\circ\text{C}$$

$$t_{s2} = ?$$

$$d_1 = 6.560 \text{ plg.} = 0.166 \text{ m.}$$

$$d_2 = 11.560 \text{ plg.} = 0.294 \text{ m.}$$

De la tabla VII.4 del apéndice, se tiene un valor para con  
ductividad térmica (K) para la perlita expandida a una temperatu  
ra de  $-7^\circ\text{C}$  como sigue:

$$k = 0.031 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \dots \dots \text{ a } 10^\circ\text{C}.$$

$$k = 0.019 \text{ kcal m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} \dots \dots \text{ a } -18.6^\circ\text{C}$$

Interpolando para  $t_{s1} = 7^{\circ}\text{C}$  tenemos:

$$k (-7^{\circ}\text{C}) = 0.031 - \frac{(0.031 - 0.019)(81.6 - 7)}{(81.6 + 7)}$$

$$k (-7^{\circ}\text{C}) = 0.031 - \frac{(0.031 - 0.019)(81.6 - 7)}{(81.6 + 7)}$$

$$k (-7^{\circ}\text{C}) = 0.020 \text{ kcal-m/m}^2 \text{ h.}^{\circ}\text{C.}$$

Según la ecuación IV.3 del apartado IV.1.1., el flujo térmico a través del aislamiento viene dado por:

$$q = \frac{2\pi k (t_{s2} - t_{s1})}{\text{Ln} (d_2/d_1)} \dots \dots \text{kcal-m-h}$$

$$q = \frac{(2) (\pi) (0.020) (t_{s2} - t_{s1})}{\text{Ln} (0.294/0.152)}$$

$$q = 0.190 (t_{s2} - t_{s1})$$

La temperatura  $t_{s2}$  puede calcularse utilizando la ecuación básica del flujo térmico IV.1., es decir:

$$q = q_r + q_c$$

La ganancia térmica por radiación ( $q_r$ ) por metro lineal de aislamiento se obtiene utilizando la ecuación IV.6, es decir:

$$q_r = f_r E \pi d_2 (t_m - t_{s2}) \dots\dots \text{kcal/m h}^\circ\text{C.}$$

Suponiendo que  $t_{s2} = 19^\circ\text{C}$ , el valor del coeficiente de radiación ( $f_r$ ) puede encontrarse de la tabla IV.1 esto es:

$f_r = 4.875$  para una temperatura  $t_{s2} = 19^\circ\text{C}$  y para una temperatura del aire circulante  $t_m = 20^\circ\text{C}$ .

El valor de la emisividad (E) puede ser encontrada de la tabla IV.1 del apartado IV.1.2., esto es:

$$E = 0.20$$

Se tiene entonces que:

$$q_r = f_r E \pi d_2 (t_m - t_{s2}) \dots\dots\dots \text{kcal/m h.}$$

$$q_r = (4.875) (0.20) (\pi) (0.294) (t_m - t_{s2})$$

$$q_r = 4.052 (t_m - t_{s2})$$

La tubería esta expuesta a convección forzada a 3.85 m/s - por esto la pérdida térmica por convección forzada se obtiene - por medio de la ecuación IV.13 a saber.

$$q_{cf} = f_c \pi d_2 (t_m - t_{s2})$$

Del ejemplo del apartado IV.2.1., se tiene un valor de  $(f_c)$  para la velocidad del viento de 3.85 m/s como sigue:

$$F_c (3.85 \text{ m/s}) = 20.09 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C.}$$

Tenemos entonces que:

$$q_{cf} = f_c \pi d_2 (t_m - t_{s2})$$

$$q_{cf} = (20.09) (\pi) (0.294) (t_m - t_{s2})$$

$$q_{cf} = 18.555 (t_m - t_{s2})$$

Entonces según la ecuación IV.1 tenemos que:

$$q = q_r + q_c$$

$$0.190 (t_{s2} - t_{s1}) = 4.052 (t_m - t_{s2}) + 18.555 (t_m - t_{s2})$$

Despejando a  $(t_{s2})$  tenemos:

$$t_{s2} = 19.774$$

Esta temperatura es aproximadamente igual a la temperatura de 19°C. que habíamos supuesto por lo que se considera que el cálculo es correcto.

La ganancia térmica a través del aislamiento por cada metro lineal de tubería cuando  $t_{s2} = 19.774^{\circ}\text{C}$  viene dada por:

$$q = \frac{2 \pi k (t_{s2} - t_{s1})}{\ln (d_2/d_1)}$$

$$q = \frac{(2) (\pi) (0.020) [19.774 - (-7)]}{\ln (0.294/0.166)}$$

$$q = 5.886 \text{ kcal/m h.}$$

#### IV.3.- ESTUDIO PARA ECONOMIZAR MATERIAL.

La principal razón por la cual un inversionista decide utilizar aislamientos térmicos para un objetivo comercial o industrial específico es con el objeto de facilitar la recuperación inicial en su inversión. Esta recuperación de la inversión puede ser obtenida mediante diversas formas.

El inversionista puede simplemente proteger el equipo y personal presente durante la vida útil de la instalación, o bien, un aislamiento apropiado previene la condensación, la corrosión química y el calor excesivo en áreas de riesgos potenciales de incendios. También provee un aumento en el confort humano al utilizar aislamientos apropiados en hoteles, edificios de oficinas, escuelas, fábricas, etc., aumentando considerablemente los-

valores de productividad del personal. La temperatura de un proceso puede ser mantenida a un nivel deseado mediante un aislamiento en vez de utilizar venas de vapor o resistencias eléctricas. Los equipos de producción de calor pueden mantenerse operando a su mínima potencia cuando están diseñados con un eficiente sistema de aislamiento. En algunos casos el aislamiento es esencial para aplicaciones tales como refrigeración y conservación de alimentos y aislamientos térmicos para naves aéreas comerciales.

La recuperación más substancial de una inversión en aislamiento es sin lugar a dudas el ahorro de energía sobre un período de tiempo determinado. Este ahorro toma más importancia cada día en el campo del aislamiento industrial debido al alto costo de la energía.

#### IV.3.1.- CONCEPTO DE ESPESOR ECONOMICO.

El grosor del aislamiento que se requiere para cualquier aplicación específica depende de las características del material aislante y de la finalidad de la instalación o equipo.

Donde el único objetivo sea conseguir un costo total mínimo, el espesor apropiado se conoce como "espesor económico".

Los costos que deberán considerarse son:

a).- El costo de la pérdida térmica del sistema durante su período de uso.

b).- El costo del sistema de aislamiento durante el mismo período (incluyendo la aplicación y el acabado). Cuanto mayor sea la cantidad de aislamiento aplicado, mayor será el costo del propio aislamiento, pero más reducida resultará la cantidad de pérdida térmica. Por lo tanto una determinada instalación existirá algún espesor óptimo del aislamiento, por encima del cual el costo de cualquier incremento posterior no resultará justificable por el calor adicional ahorrado.

Este espesor óptimo se conoce comunmente como el "espesor-económico".

#### IV.3.2.- METODO PARA DETERMINAR UN ESPESOR ECONOMICO.

Las ecuaciones, las figuras, así como las tablas de propiedades de los materiales aislantes que aparecen a lo largo del presente capítulo fueron tomadas del libro "AISLAMIENTO TERMICO-DE TUBERIAS Y DEPOSITOS" de la primera edición (1976) editado por la editorial labor.

Para determinar el espesor económico del aislamiento pueden usarse los dos métodos siguientes:

a).- Amortización progresiva.

b).- Costo mínimo.

AMORTIZACION PROGRESIVA.- Este método implica la determinación del período de amortización para cada incremento del grosor del aislamiento, utilizando la siguiente ecuación para el período de amortización en horas:

$$R(h) = \frac{X}{Y(q_{e1} - q_{e2})} \dots\dots\dots \text{horas} \quad (\text{IV.15.})$$

Donde la definición de cada uno de sus términos puede ser encontrada en la tabla (I.1) del apartado I.2., del capítulo I.

Los valores de  $q_{e1}$  y  $q_{e2}$  deberán obtenerse de las ecuaciones (IV.1) y (IV.2) del apartado IV.1 del capítulo IV. Normalmente se suponen incrementos de 1.3 cm. (0.5 plg.) en el espesor del aislamiento. El grosor seleccionado es aquel para el cual - el valor del período de amortización  $R_h$  se aproxima al período - estimado.

COSTO MINIMO.- Este método implica el cálculo del costo total de aislamiento y el de la pérdida térmica para cada incremento en el grosor del aislamiento. Para esta finalidad normalmente se toman incrementos de 1.3 cm (0.5 plg.). El espesor económico es aquel para el cual este costo es un mínimo.



El valor de la pérdida térmica viene dado por:

$$P = R_h \text{ Y } q_e \dots\dots\dots \text{ Pesos} \quad (\text{IV.16.})$$

Donde la definición de cada uno de sus términos puede ser encontrada en la tabla (I.1) del apartado I.2. del capítulo I.

El costo del aislamiento está basado en la unidad de superficie para las superficies planas y en la unidad de longitud para tuberías.

#### IV.3.3.- DATOS NECESARIOS PARA CALCULAR EL ESPESOR ECONOMICO.

La información que se requiere puede clasificarse ampliamente bajo los tres términos siguientes:

- a).- El costo del calor (Y).
- b).- El período de amortización ( $R_h$ ).
- c).- El costo de aislamiento ( $C_1$ ).

a).- El costo del calor (Y). El costo del calor varía considerablemente y debe calcularse en cada caso utilizando la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{Y}{H (1000)} \dots\dots \text{ Pesos/kcal} \quad (\text{IV.17.})$$

Donde la definición de cada uno de sus términos puede ser encontrado en la tabla 1 del apartado 1.2 del capítulo I.

En el costo del combustible deberá incluirse todos los conceptos debidos a la manipulación del mismo así como la de sus productos o desechos.

b).- Período de amortización ( $R_n$ ). La duración de este período se puede calcular mediante la ecuación:

$$R_n = \frac{\text{(Horas de funcionamiento de la instalación/año)} \cdot \text{(Número de años en que el aislamiento se amortiza por sí mismo)}}{\text{horas}} \quad \text{(IV.18.)}$$

El número de años para la amortización  $a$ , se puede calcular mediante la ecuación:

$$a = \frac{1}{m + 1/Z} \quad \text{(IV.19.)}$$

Donde la definición de cada uno de los términos de las dos ecuaciones anteriores puede ser encontrada en la tabla del apartado 1.2 del capítulo I.

c).- Costo del aislamiento ( $C_1$ ). El costo marginal es la suma de los costos de aislamiento y de su protección expresados sobre la base volumétrica (Pesos/m<sup>3</sup>) o (Dolares/pie<sup>3</sup>). Los datos de este costo normalmente no se expresan así, pero las coti-

zaciones para el aislamiento aplicado a varios espesores. El costo de un incremento del espesor se divide por el incremento en volúmen (ver la figura IV.3.).

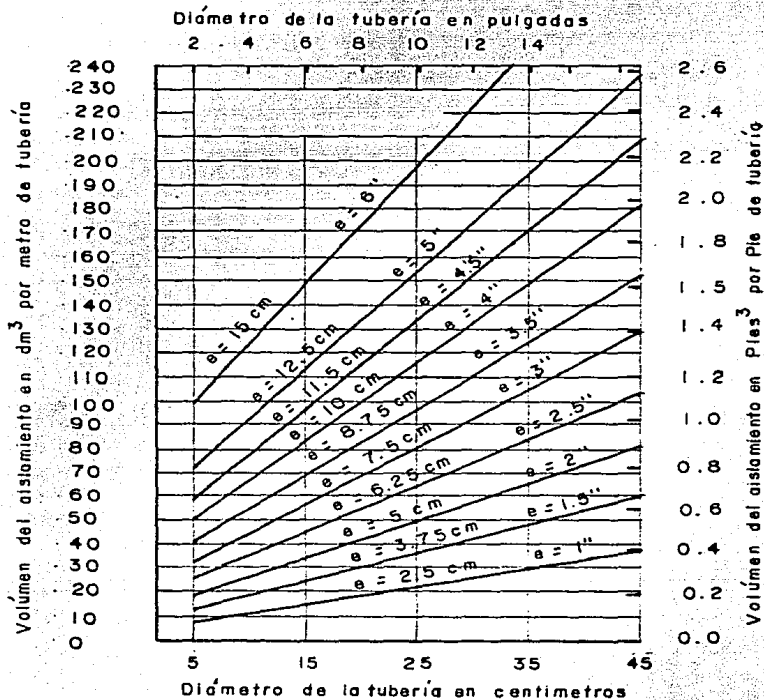


Figura IV.3. Volúmen del aislamiento para los distintos espesores y para los distintos diámetros de las tuberías.

#### IV.3.4.- PREVENCIÓN DE LA CONDENSACIÓN.

El aislamiento que se utiliza para temperaturas inferiores a la ambiental deberá especificarse tanto para economizar energía como para controlar la condensación.

El aire seco puede contener vapor de agua o cualquiera presión y temperatura. Cuanto mayor es la temperatura del aire, mayor es el peso del vapor de agua que puede contener un determinado peso del aire seco, si el aire contiene la máxima cantidad de vapor de agua, se dice que está "saturado". De esta manera, si se enfría el aire saturado éste ya no puede contener entonces la misma cantidad, y es entonces cuando el exceso o sobrante de vapor de agua se condensa y deposita sobre la superficie que ha ocasionado el descenso de la temperatura por debajo del punto de rocío.

Cuanto mayor es la humedad relativa de aire, más pequeña es la diferencia entre el punto de rocío y la temperatura ambiental real, y de esta forma mayor el riesgo de la condensación sobre las superficies frías. Cuando por ejemplo, la temperatura del aire es de 18.3°C (termómetro seco) el punto de rocío varía con la humedad relativa tal como se indica en la tabla IV.5.

TABLA IV.5.- Variación del punto de rocío con la humedad relativa a 18.3°C (65°F).

Humedad relativa	Punto de rocío	Observaciones
en%	°C (°F)	
30	0.5 (23.8)	La relación entre
40	0.4 (40.1)	la humedad relativa del aire ambiental con el punto-
50	7.8 (45.9)	del rocío se puede encontrar graficamente en cualquier carta psicométrica -
60	10.6 (50.8)	en los tratados especializados en aire acondicionado.
70	12.8 (55.0)	
80	14.9 (58.7)	
90	16.7 (62.0)	
100	18.3 (65.0)	

De esta manera, sin tener en cuenta el tipo de aislamiento utilizado, se observa que es especialmente importante obtener un buen sellado o barrera de vapor cuando la temperatura de la superficie externa está por debajo de la temperatura ambiental, y no basta que el aislamiento sea simplemente impermeable al agua.

Una vez que ya se ha deducido el grosor del aislamiento que se precisa, resulta necesario comprobar si la temperatura exterior resultante en la superficie exterior del aislamiento  $t_{s2}$  estará por encima del punto de rocío.

## IV.3.5.- EJEMPLO DE CALCULO PARA DETERMINAR EL ESPESOR ECONOMICO.

Este ejemplo está elaborado en concordancia con cada uno de los dos métodos descritos en el apartado IV.2.2. de éste capítulo.

Se suponen las siguientes condiciones:

Tipo de tubería:

Acero al carbón ASTM A-53 Grado B de 6" de diámetro sin costura, cédula 40 (espesor de pared = 0.280"). Diámetro exterior de la tubería  $d_1 = 6.560$  plg. = 0.166 m.

Temperatura en el lado caliente  $t_{s1} = 270^\circ\text{C}$ .

Temperatura en el lado frío =  $32^\circ\text{C}$ .

Horas de funcionamiento por año = 8000 h.

Periodo de amortización para toda la instalación = 10 años.

Restitución que se requiere sobre el capital = 10%.

Costo de la pérdida térmica =  $150 \times 10^{-5}$  Pesos/kcal.

Tipo de aislamiento:

Aislamiento a base de magnesia al 85% protegida con asbesto-cemento.

Respecto a los precios de los materiales para construcción debido a la situación económica altamente inestable es prácticamente imposible mantener al día las cotizaciones de la mayoría - de los materiales para la construcción. Los precios de los materiales y el costo de la pérdida térmica son vigentes hasta agosto de 1986.

TABLA IV.3.5.a.- Precio del aislamiento en relación a su espesor.

Espesor del aislamiento		Costo (incluye mano de obra)
cm.	(plg.)	Pesos/m-lineal
3.80	(1.50)	8,927.00
5.08	(2.00)	10,764.00
6.35	(2.50)	13,362.00
7.60	(3.00)	15,960.00
8.90	(3.50)	17,800.00
10.15	(4.00)	20,980.00

El número de años para la amortización (a) puede calcularse según la ecuación IV.19 del aparato IV.3.3., de este capítulo es decir:

$$a = \frac{1}{M + 1/2} = \frac{1}{0.1 + 1/10}$$

El período de amortización sobre una base de 8000 hrs., de

funcionamiento por año puede calcularse según la ecuación IV.18- del apartado IV.3.3. de este capítulo es decir:

$$R_n = \frac{\text{(Horas de funcionamiento de la instalación/año)}}{\text{(Número de años en que el aislamiento se amortiza por sí mismo)}}$$

$$R_n = \frac{(80000 \text{ hr/año})}{(5 \text{ años})}$$

$$R_n = 40,000 \text{ Horas.}$$

#### METODO DE AMORTIZACION PROGRESIVA.

La pérdida térmica se calcula según la ecuación IV.3. del apartado IV.1.1. del presente capítulo para cada uno de los seis espesores considerados es decir:

$$q = \frac{2 \pi k (t_{s2} - t_{s1})}{\ln (d_2/d_1)} \dots \text{kcal/h-m lineal}$$

Según la tabla VII.3. del apéndice se tiene un valor para la conductividad térmica (k) igual a:

$$k = 0.062 \text{ kcal -m/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C.}$$

De esta forma la pérdida por cada metro lineal de tubería para cada uno de los seis espesores de aislamiento considerados-



pueden ser representados como sigue:

$$q = \frac{(2) (\pi) (0.062) (270-32)}{\ln (d_2/d_1)} \dots \text{kcal/h-m lineal.}$$

TABLA IV.3.5.b.- Disminución en la pérdida térmica en función del aumento del espesor.

Espesor cm (plg.)	Ln (d <sub>2</sub> /d <sub>1</sub> )	q <sub>e</sub> (kcal/m-h)
3.81 (1.50)	0.376	246.581
5.08 (2.00)	0.476	194.778
6.35 (2.50)	0.566	163.806
7.62 (3.00)	0.649	142.857
8.89 (3.50)	0.726	127.706
10.16 (4.00)	0.797	116.329

Los valores correspondientes del período de amortización se calculan partiendo de la ecuación IV.15 del apartado IV.3.2.- de este capítulo, es decir:

$$R_h = \frac{X}{Y (q_{e1} - a_{e2})}$$

Donde:

X = Diferencia en el precio del aislamiento de acuerdo a su espesor.

$Y = \text{Costo de la pérdida térmica} = 310 \times 10^{-5} \text{ Pesos/kcal.}$

$q_{e1} = \text{Pérdida térmica a través del menor espesor de aislamiento.}$

$q_{e2} = \text{Pérdida térmica a través del mayor espesor de aislamiento.}$

TABLA IV.3.5.c.- Comparación entre el incremento en el costo del aislamiento y el ahorro en el incremento térmico.

Incremento en espesor.  cm.	Incremento en costo X  Pesos / Kcal	Ahorro en incremento térmico.  Kcal / m-h	Período de Amortización $R_h$ .  Horas
3.81 a 5.08	1,837.00	51,803	11,439.11
5.08 a 6.35	2,598.00	30,972	27,058.77
6.35 a 7.62	2,598.00	20,949	40,004.98
7.62 a 8.89	1,840.00	15,151	39,175.52
8.89 a 10.16	3,180.00	11,377	90,164.93

Estos resultados indican que el espesor del aislamiento para un período de 40,000 hrs. reside entre 6.35 cm. a 7.62 cm. (2.5 plg. a 3.00 plg.). En la realidad o en la práctica se seleccionarían un espesor de 7.62 cm. (3.00 plg.).

## METODO DEL COSTO MINIMO.

Según la ecuación IV.16 del apartado IV.3.2. de este capítulo, el valor de la pérdida térmica viene dado por:

$$P = R_h \cdot q_e$$

$$P = (40,000) (310 \times 10^{-5}) (q_e)$$

$$P = 124 q_e$$

Los valores de  $q_e$  y del costo del revestimiento se obtiene de la misma forma que en el método de la amortización progresiva, es decir:

TABLA IV.3.5.d. Variación de los costos totales en función del espesor del aislamiento.

Espesor (cm.)	Costo de la pérdida térmica. Pesos/m	Costo del aislamiento. Pesos/m	Costo Total Pesos/m
3.810	30,527.63	8,927.00	39,454.63
5.080	24,148.37	10,764.00	34,912.37
6.350	20,291.96	13,362.00	33,653.96
7.620	17,700.00	15,960.00	33,660.00
8.890	15,832.65	17,800.00	33,632.65
10.160	14,419.66	20,980.00	35,399.66

Estos resultados indican que se obtiene el costo total mínimo cuando el grosor del aislamiento es de aproximadamente 6.35 cm. (2.5 plg.).

## C A P I T U L O V

## METODOS E ILUSTRACIONES DE APLICACION DEL AISLAMIENTO

## V.1.- OBJETIVO DE LAS ILUSTRACIONES.

Las figuras de este capítulo representan métodos de aplicación aceptados tanto por los fabricantes así como por los diseñadores y contratistas en aislamiento. Estas figuras ilustran los métodos de aplicación de una cierta forma (por ejemplo secciones de tubo rígido, lonas flexibles, etc.) más que por el tipo (por ejemplo vidrio celular, fibra mineral, etc.) de aislamientos para una instalación en particular. Algunos métodos alternativos de aplicación y selección de materiales son presentados para cada tipo de instalación. Por ejemplo, los codos pueden ser aislados usando ya sea sistemas de codos prefabricados o formados. - Secciones cortas para su adaptación o codos de fibra de vidrio - o de PVC.

La combinación de materiales, acabados y accesorios de fijación ilustrados en las figuras no deberán ser interpretados como instalaciones obligatorias. No obstante que el aislamiento de sistemas ilustrados representan prácticas correctas y selección adecuada de materiales compatibles, ellos no representan la única combinación aceptable.

En un esfuerzo para cubrir la mayoría de las posibles aplicaciones en cualquier instalación, muchas figuras describen una aplicación más completa de lo que en realidad requiere.

El propósito de este capítulo es presentar a los diseñadores, montadores y supervisores la correcta aplicación de los materiales aislantes sobre instalaciones específicas. Un ingeniero diseñador puede usar las figuras como información para los contratistas, montadores o inspectores con el objeto de que se enteren de como debe aparecer la instalación terminada, eliminando errores o malinterpretaciones.

#### V.2.- TUBERIAS (FIGURAS Nos. V.1. A LA No. V.8.).

El aislamiento de tuberías representa la mayor parte del trabajo de aislamiento para instalaciones industriales y comerciales. Los sistemas de tuberías que requieren de tratamiento aislante abarcan un rango de temperaturas que va desde  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $538^{\circ}\text{C}$ , e incluyen tuberías de sistemas comerciales de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire, agua caliente y fría para uso doméstico, tuberías para proceso industriales y tubería especial de centrales termoeléctricas y plantas de refinación de petróleo.

### V.2.1.- CLASIFICACION.

a).- Tuberías para temperaturas bajas ( $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $-1^{\circ}\text{C}$ ).

Los sistemas dentro de este rango incluyen:

Tuberías para productos químicos.

Succión de refrigerantes.

Tubería para amoniaco y sosa.

Los materiales usados incluyen:

Vidrio celular (hasta  $-217^{\circ}\text{C}$ ).

Caucho celular (hasta  $-40^{\circ}\text{C}$ ).

Poliestireno (hasta  $-40^{\circ}\text{C}$ ).

b).- Tuberías para enfriamiento ( $0^{\circ}\text{C}$  hasta  $32^{\circ}\text{C}$ ). Los sis

temas dentro de este rango incluyen:

Colectores de agua.

Agua doméstica.

Agua de enfriamiento.

Drenes de tubería.

Tratamiento de agua de alimentación para calderas.

Los materiales usados incluyen:

Vidrio celular (hasta  $-212^{\circ}\text{C}$ ).

Caucho celular (hasta  $-40^{\circ}\text{C}$ ).

Poliestireno (hasta  $40^{\circ}\text{C}$ ).

Espuma de poliuterano (hasta  $-184^{\circ}\text{C}$ ).

c).- Tubería para temperaturas moderadas ( $33^{\circ}\text{C}$  hasta  $100^{\circ}\text{C}$ )

Los sistemas dentro de este rango incluyen:

Agua caliente para uso doméstico.

Agua caliente para calefacción.

Retorno de condensados.

Tuberías de proceso.

Los materiales usados incluyen:

Vidrio celular (hasta  $315^{\circ}\text{C}$ ).

Caucho celular (hasta  $104^{\circ}\text{C}$ ).

Fibra de vidrio (hasta  $343^{\circ}\text{C}$ ).

Espumas fenólicas (hasta  $121^{\circ}\text{C}$ ).

d).- Tuberías para altas temperaturas ( $101^{\circ}\text{C}$  hasta  $538^{\circ}\text{C}$ ).

Los sistemas dentro de este rango incluyen:

Vapor.

Agua caliente alta temperatura.

Procesos de calentamiento.

Tuberías de agua de servicio.

Calentamiento de tuberías por medio de venas de vapor o resistencia eléctricas.

Los materiales usados incluyen:



Silicato de calcio	(hasta 649°C).
Vidrio celular	(hasta 316°C).
Sílice o perlita expandida	(hasta 816°C).
Fibra de vidrio	(hasta 243°C).
Fibra mineral	(hasta 1038°C).

#### V.2.2.- APLICACIONES GENERALES.

Las aplicaciones de los aislamientos preformados para tuberías pueden ser aplicados en una sola capa o en capas múltiples. En la mayoría de las instalaciones, se usan construcciones de una sola capa, sin embargo puede requerirse de una construcción de capas múltiples en tuberías de gran diámetro, en trozos largos de tuberías o en tuberías a temperaturas extremadamente altas o bajas.

El aislamiento para tuberías se fabrica generalmente en forma de secciones de tubo rígido (medias cañas). Las cubiertas protectoras (camisas) para el aislamiento pueden ser aplicadas en fábrica o en campo. Las variaciones en los métodos de aplicación ocurren principalmente debido al tipo de acabados y a los soportes usados.

En aislamientos para aplicaciones a temperaturas bajas, las protecciones contra el medio ambiente constituyen la mayor consideración de diseño. Con el objeto de evitar fallas en las-

barreras de vapor en tuberías a temperaturas bajas es algunas veces necesario aplicar algún sellador extra en las uniones o tope del aislamiento a lo largo de la tubería. Una construcción de capa múltiple es algunas veces necesaria para tuberías a baja temperatura con el objeto de mejorar la eficiencia térmica del ciclo.

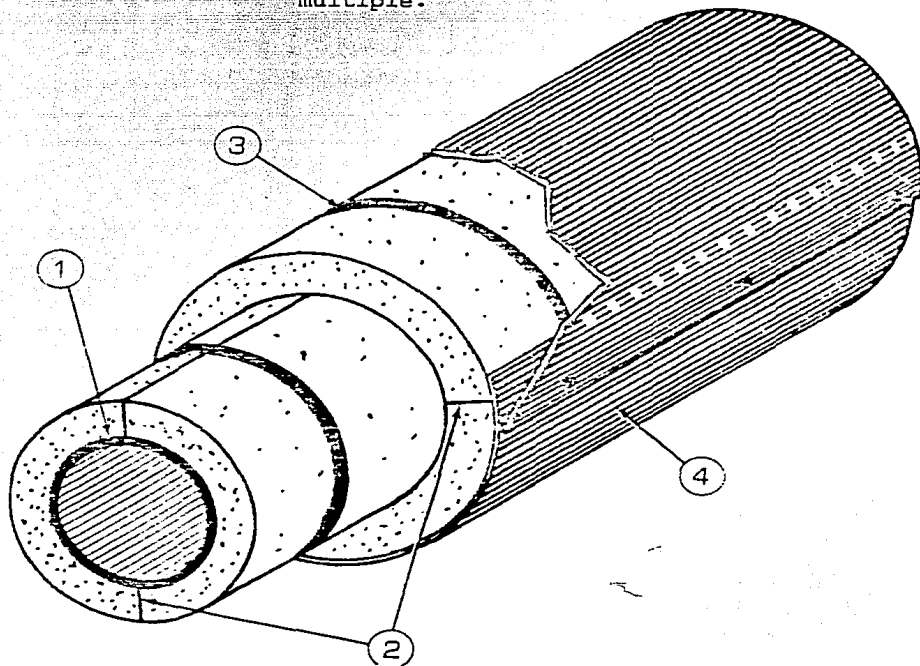
Para aplicaciones a temperaturas moderadas y altas una construcción de una sola capa es suficiente, aunque algunas veces es necesario utilizar construcciones de capas dobles para temperaturas extremadamente altas o para juntas de expansión.

En los puntos de soporte de las tuberías, las secciones de aislamiento deberán extenderse lo suficiente para facilitar el sellado apropiado en las uniones a tope del aislamiento (ver figura No. V.6.). Las varillas o protuberancias de los soportes que estén en contacto con tuberías a temperaturas bajas deberán ser también selladas para prevenir la formación de condensado sobre su superficie. El aislamiento sobre tales varillas o protuberancias deberá extenderse hasta una distancia de aproximadamente cuatro veces el espesor del aislamiento a partir del punto de contacto con la tubería. Sin embargo, generalmente los soportes en forma de abrazaderas unidos directamente a la superficie de las tuberías a temperaturas bajas no son recomendadas. Los métodos adecuados se ilustran en la figura No. V.6.

Los accesorios para fijación del aislamiento a la tubería incluyen el uso de grapas, pegamentos, telas adhesivas, bandas o flejes metálicos o de plástico, tornillos y remaches. El uso de cualquiera de estos accesorios de fijación depende del material de las cubiertas protectoras (camisas) usadas o de las condiciones de humedad y temperatura de la instalación.

FIGURA No. V.1.

Secciones de tubo rígido preformado para construcción de capa múltiple.



CUBIERTA PROTECTORA PREFORMADA PARA  
CONSTRUCCION DE CAPA MULTIPLE

La construcción de capas múltiples implica el uso de una construcción de una sola capa de aislamiento de un espesor total equivalente. La decisión de usar una construcción de capas múltiples puede tomarse por una o más de las siguientes razones.

a).- Para proveer compensación por la expansión o contracción de la tubería.

b).- Para reducir el flujo térmico en las uniones del aislamiento, esto crea una mayor eficiencia térmica de la instalación.

c).- Para lograr espesores de aislamiento que no se consiguen en el mercado.

d).- Para propósitos de rediseño.

Para obtener los valores óptimos de aislamientos en las uniones a tope, cada capa deberá intercalarse cuando se instale con las uniones longitudinales también intercaladas. Cada capa deberá fijarse en su lugar antes de que la siguiente capa sea aplicada. La figura No. V.1. muestra la instalación de una construcción de capa doble. Para construcción de más capas adicionales, deberá procederse de la manera descrita.

Materiales: Aislamiento en forma de secciones de tubo rígido

do (medias cañas), alambre, telas adhesivas y bandas o flejes metálicos o de plástico.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento con uniones transversales y longitudinales intercaladas.
- 3.- Alambre, telas adhesivas, bandas o flejes asegurando cada-capa.
- 4.- Cubierta protectora metálica aplicada en campo fijada con tornillos o remaches.

Figura No. V.2.

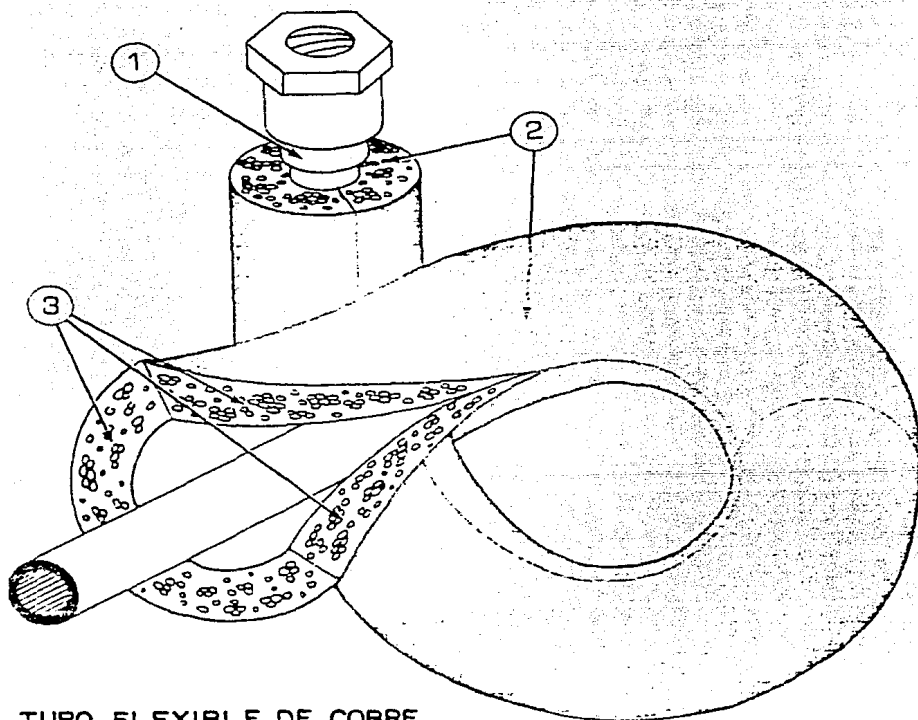
Aislamiento elastómero para tubería flexible.

Los aislamientos de caucho celular (elastómeros) para tuberías flexibles son usados principalmente para tuberías a temperaturas bajas o moderadas. Estos aislamientos se producen como un tubo continuo al cual puede ser embutido sobre tubería de diámetro pequeño antes de que sean cortados o montados en fábrica como el que se ilustra. Las uniones deberán sellarse con un pegamento de contacto en ambas superficies de la unión. Fijadores adicionales a los acabados no son necesarios para aplicaciones en interiores. Deberá referirse a las recomendaciones del fabricante para aplicaciones a la intemperie.

Materiales: Aislamiento de caucho celular (elastómetro) y pegamento de contacto.

- 1.- Tubo flexible (tubing).
- 2.- Aislamiento celular (elastómero).
- 3.- Pegamento de contacto aplicado en ambas uniones longitudinales y en las uniones a tope.

FIGURA No. V.2.



TUBO FLEXIBLE DE COBRE  
(TUBING)

AISLAMIENTO ELASTOMERO PARA TUBERIA  
FLEXIBLE

## Figura No. V.3.

Cubiertas protectoras (camisas) no metálicas aplicadas en fábrica o en campo.

Las cubiertas protectoras no metálicas pueden ser de plástico o de hojas de papel tratado. Las cubiertas protectoras aplicadas en fábrica se proporcionan con un traslape longitudinal (comunmente empapadas con un adhesivo) para propósito de sellado. Para aplicaciones en campo deberán ser cuidadosamente medidas y cortadas para proveer un traslape apropiado en uniones circunferenciales y longitudinales.

a).- Cubierta protectora aplicada en fábrica.

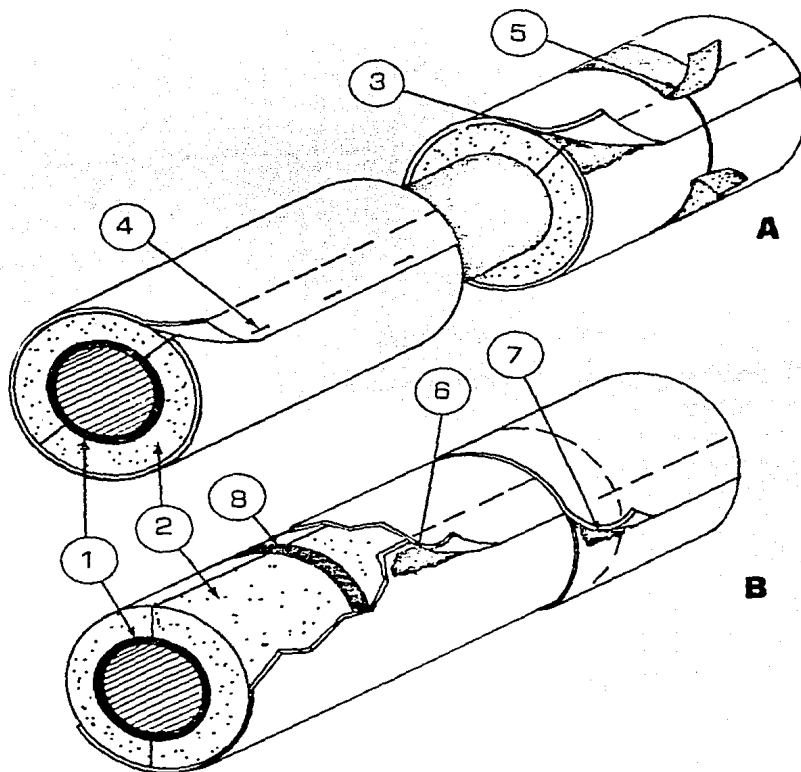
b).- Cubierta protectora aplicada en campo.

Materiales: Material de plástico o papel tratado, pegamento, grapas, tela adhesiva, alambres y bandas o flejes.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento.
- 3.- Traslape longitudinal (autoadherible o asegurado con pegamento) para aplicaciones en el campo.
- 4.- Traslape longitudinal para aplicaciones en fábrica asegurado con grapas (las grapas son recubiertas con masticque pa-

- ra barreras de vapor en aplicaciones a baja temperatura).
- 5.- Tela adhesiva en uniones a tope cuando las cubiertas aplicadas en fábrica no traen traslape para uniones a tope.
  - 6.- Traslape longitudinal en protecciones aplicadas en campo, se adhieren con pegamentos apropiados o selladores.
  - 7.- Traslape sellador en uniones a tope (las telas adhesivas son opcionales en uniones traslapadas para aplicaciones a baja temperatura).
  - 8.- Alambre, tela adhesiva y bandas o flejes para fijar al aislamiento en su lugar antes de que sea aplicada la cubierta protectora.





**CUBIERTAS PROTECTORAS (CAMISAS)  
NO METALICAS APLICADAS EN FABRICA  
O EN CAMPO**

**FIGURA N. V-3**

Figura No. V.4.

Cubierta protectora (camisas) metálicas aplicadas en campo.

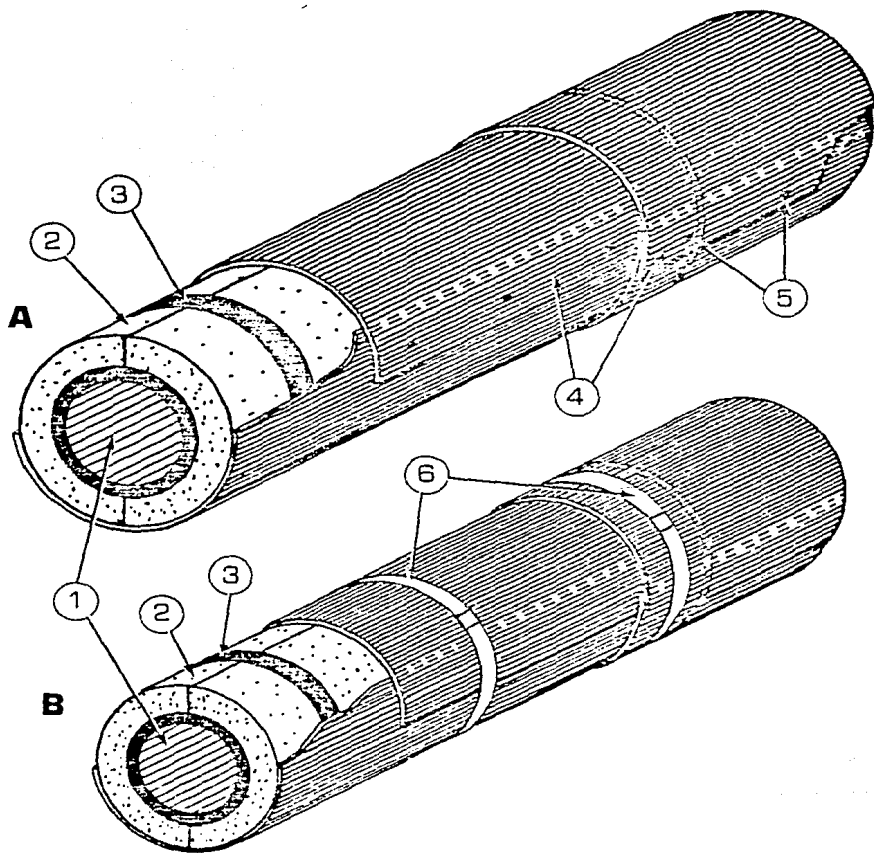
Las cubiertas protectoras metálicas pueden ser de aluminio, acero inoxidable o acero galvanizado. Estas pueden ser para aplicarse en fábrica o en campo. La única diferencia en los métodos de aplicación ocurre en la selección de los accesorios de fijación. Cualquier barrera de vapor o recubrimiento aplicado bajo la cubierta protectora metálica no deberá ser perforada o rota por el uso de tornillos o remaches sobre la cubierta exterior.

A).- Fijación usando tornillos o remaches.

B).- Fijación usando bandas o flejes.

Materiales: Láminas metálicas, tornillos, remaches, grapas, bandas o flejes.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento.
- 3.- Alambre o tela adhesiva para fijar el aislamiento.
- 4.- Traslape colocado para que escurra el agua.
- 5.- Tornillos o remaches.
- 6.- Bandas metálicas en los traslapes de las uniones a tope y espaciadas entre cada unión para fijar la cubierta metálica protectora.



**CUBIERTAS PROTECTORAS ( CAMISAS )  
METALICAS APLICADAS EN CAMPO**

Figura No. V.5.

## Soportes colgantes en forma de aros y medios aros.

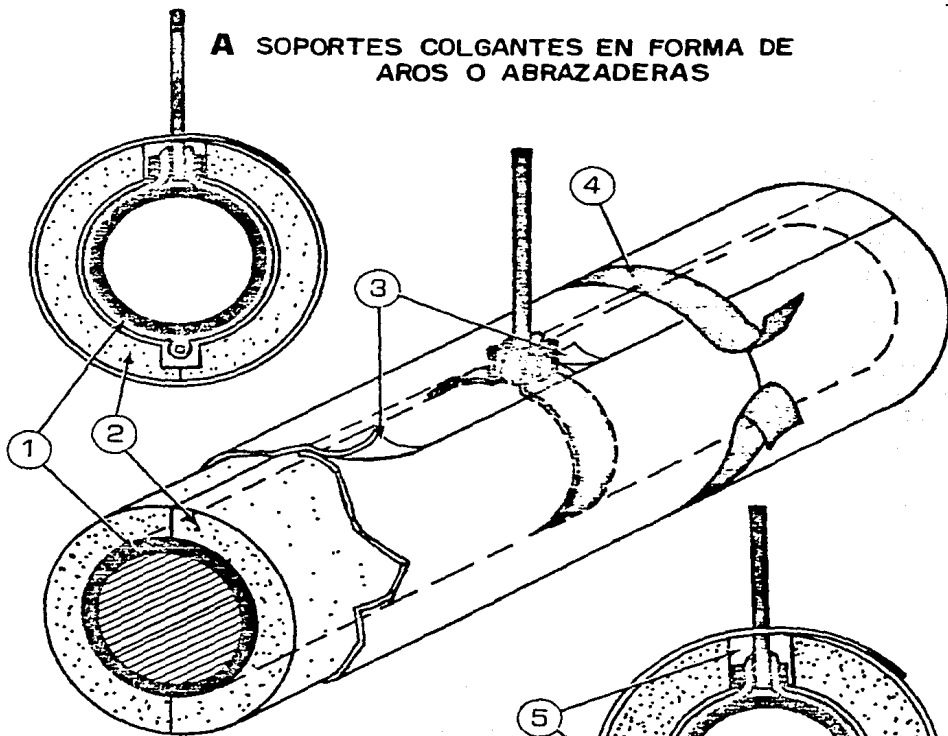
Los soportes colgantes en forma de aros y medios aros son instalados directamente sobre la superficie de la tubería con el aislamiento aplicado cubriendo los soportes. Las tuberías para temperaturas bajas fijadas por soportes colgantes deberán ser aisladas para evitar condensación sobre la tubería o sobre cualquier parte del soporte. El aislamiento deberá extenderse a lo largo de la varilla del soporte lo suficiente para que esta varilla se mantenga a una temperatura arriba del punto de rocío (aproximadamente cuatro veces el espesor del aislamiento de la tubería). Los soportes colgantes en forma de aros no se recomiendan para líneas de agua de enfriamiento o líneas a baja temperatura.

- A).- Soportes colgantes en forma de aros o abrazaderas.
- B).- Soportes colgantes en forma de medios aros.

Materiales: Cubiertas protectoras para tuberías, pegamento, telas adhesivas y grapas.

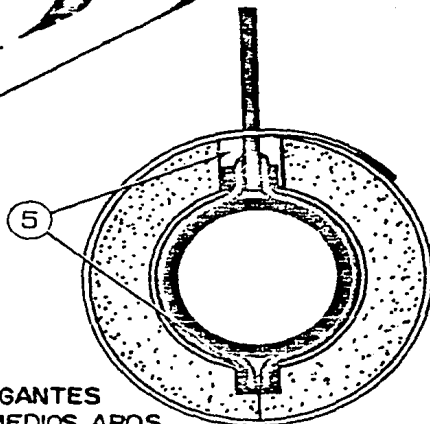
- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento (el mostrado tiene cubierta protectora no metálica aplicada en fábrica).
- 3.- Traslape sobre las uniones longitudinales (cortada para permitir el paso de la varilla del soporte).
- 4.- Tela adhesiva aplicada en las uniones a tope.
- 5.- Aislamiento cortado para compensar las proyecciones de los soportes en forma de medios aros.

**A** SOPORTES COLGANTES EN FORMA DE  
AROS O ABRAZADERAS



**B**

**B** SOPORTES COLGANTES  
EN FORMA DE MEDIOS AROS



**SOPORTES COLGANTES EN FORMA DE  
AROS Y MEDIOS AROS**

Figura No. V.6.

Horquillas soportadoras e insertos de alta densidad.

El recubrimiento de tuberías calientes y frías con un aislamiento de baja densidad requiere algunas veces de inserto de alta densidad en los puntos de soporte para prevenir que el peso de tubería deforme al aislamiento. Estos insertos pueden ser de un aislamiento de alta densidad tales como el silicato de calcio o la perlita expandida usados en aplicaciones a temperaturas altas o algún aislamiento celular o espumoso usados en aplicaciones a baja temperatura. Un método alternativo usado para soportar aislamientos de baja densidad en aplicaciones a baja temperatura es el uso de bloques de madera insertados entre la tubería y la cubierta protectora.

Las horquillas deberán ser de tamaño apropiado para permitir la instalación del aislamiento de un espesor determinado sin problemas de espacio.

La figura No. V.6. ilustra los métodos de aplicación usando insertos en tuberías para aplicaciones a baja temperatura. El uso de estos insertos es también aplicable a tuberías para altas temperaturas.

A).- Insertos de aislamiento de alta densidad.

B).- Insertos de madera.

Materiales: Secciones de aislamiento de alta densidad, Bloques de madera y cubierta protectora.

1.- Tubería.

2.- Aislamiento (del tipo especificado para la línea).

3.- Inserto de aislamiento de alta densidad.

4.- Barrera de vapor aplicado en fábrica para fijar las dos secciones de aislamiento (para aplicaciones a bajas temperaturas).

5.- Cubiertas protectoras metálicas (aplicada en campo).

6.- Protección metálica.

7.- Inserto de madera.

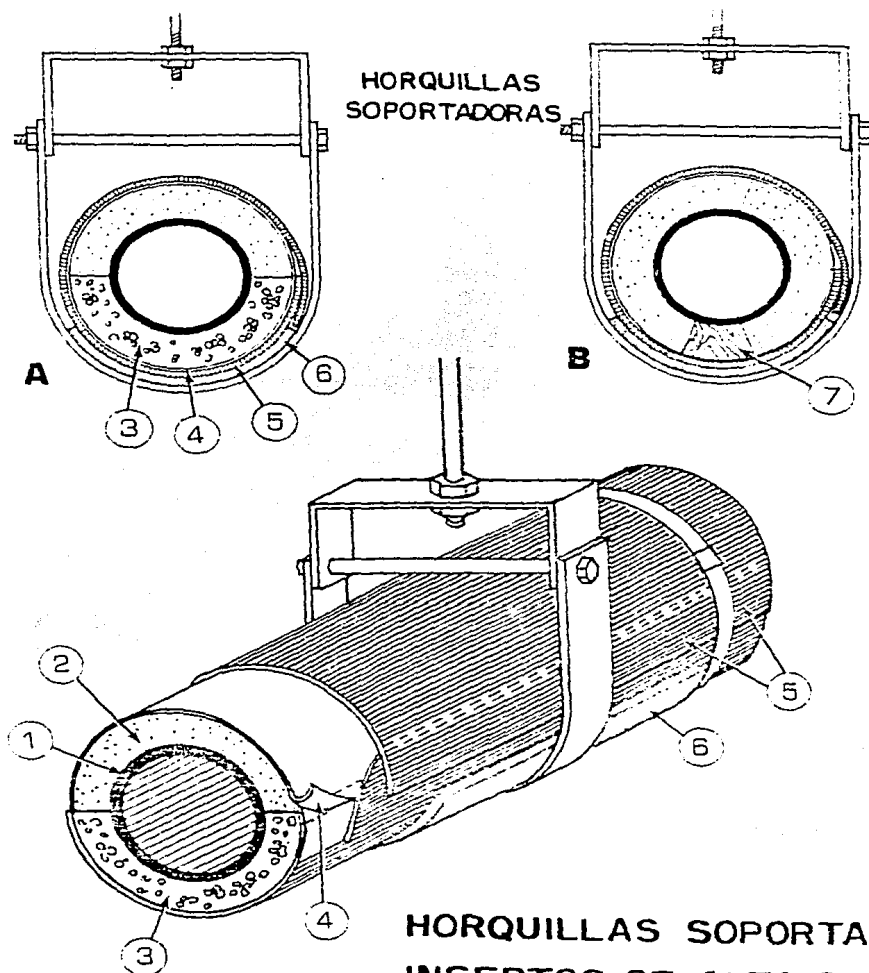


FIGURA N.V-6



Figura No. V.7.

Los patines para soportes o apoyos en forma de rodillos - son usados en tuberías calientes de:

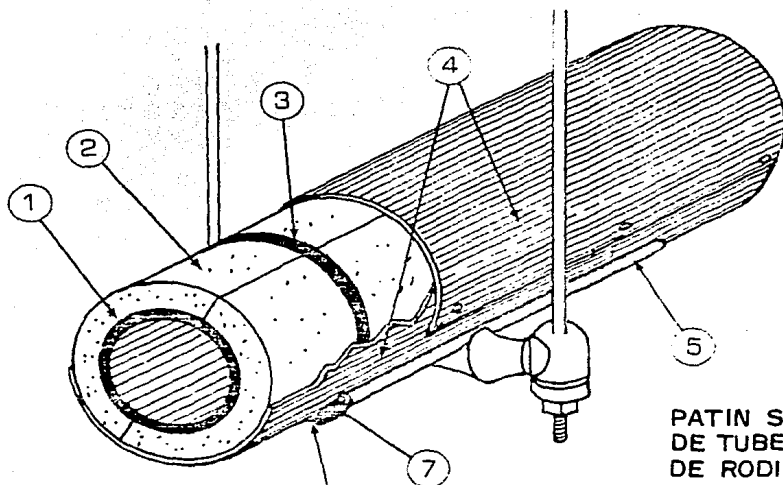
- A).- Diámetro grande.
- B).- Gran peso.
- C).- Alto factor de expansión.

Dichos patines son soldados a la tubería y son usados como soportes o apoyos en forma de rodillos o en vigas metálicas. Su diseño permite el movimiento de la tubería a través del soporte sin destruir el aislamiento o el acabado aislante.

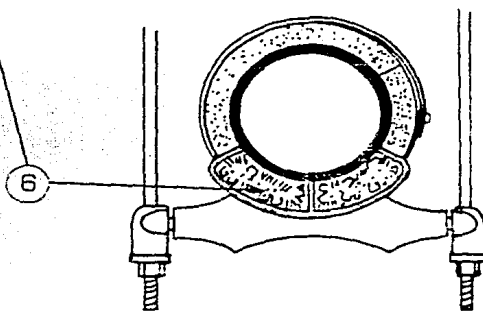
Las varillas colgantes del soporte deberán estar lo suficientemente separadas para permitir el libre movimiento de la tubería con el aislamiento de un espesor determinado.

Materiales: Cubiertas protectoras metálicas, alambres, bandas o flejes. Mastique y aislamiento para rellenar:

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento cortado para permitir la instalación del patin y los segmentos de aislamiento simultáneamente.
- 3.- Cubierta metálica protectora.
- 4.- Patin de la tubería soldada directamente a la pared de la tubería.
- 5.- Relleno de aislamiento insertado dentro de la cavidad del patin.
- 6.- Mastique para sellar los extremos del patin.



PATIN SOBRE SOPORTES  
DE TUBERÍA EN FORMA  
DE RODILLOS



SOPORTE DE TUBERÍA  
EN FORMA DE RODILLO

**PATINES PARA SOPORTES O APOYOS  
EN FORMA DE RODILLOS**

Figura No. V.8.

Venas de vapor y resistencia eléctrica para calentamiento de tuberías.

Las venas de vapor y las resistencias eléctricas proveen calor para tuberías que deben ser protegidas del congelamiento y para tuberías de proceso que deben mantenerse a una temperatura mínima constante. Los dos tipos más comunes son:

- 1) Tubos flexibles (tubing) de acero inoxidable o cobre cuya ruta es horizontal a lo largo de la longitud total de la tubería.
- 2) Resistencia eléctrica o bobina enrollada a lo largo de la tubería.

- Las venas o resistencias eléctricas pueden ser conectadas térmicamente a la tubería por medio de mastiche o simplemente atadas a la tubería por medio de bandas o flejes.

El tipo exacto y tamaño de las venas deberá ser indicado en las especificaciones ya que estas pueden afectar el tamaño del aislamiento necesario o el tiempo de aplicación del mismo.

El material aislante seleccionado deberá aislar efectiva-

mente tanto a la vena de calentamiento como a la tubería misma.- El material de la cubierta protectora deberá ser resistente a la penetración de agua si la instalación se localiza a la intemperie.

- A).- Venas de vapor unidas a la tubería sin masticque.
- B).- Venas de vapor unidas a la tubería con masticque.
- C).- Doble vena de vapor unidas a la tubería sin masticque.
- D).- Resistencia eléctrica o bobina.

Materiales: Cubierta protectora, masticque, canalización metálica y bandas o flejes.

- 1.- Tubería.
- 2.- Venas de vapor.
- 3.- Aislamiento con cubierta protectora apropiada.
- 4.- Masticque.
- 5.- Canalización metálica.
- 6.- Bandas o flejes.
- 7.- Doble vena de vapor.
- 8.- Resistencia eléctrica o bobina.

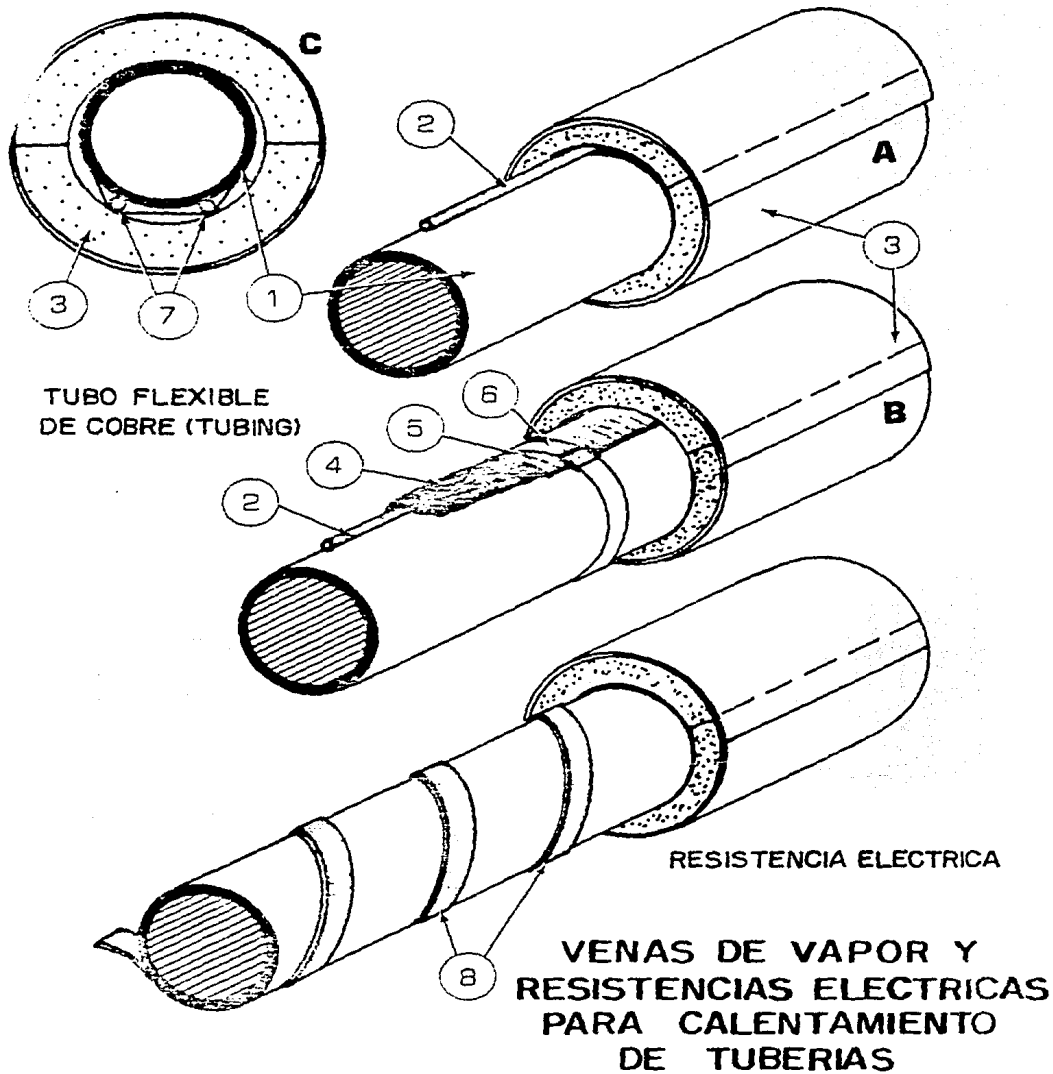


FIGURA N. V-8

Figura No. V.9.

### Aislamiento de juntas de expansión y contracción.

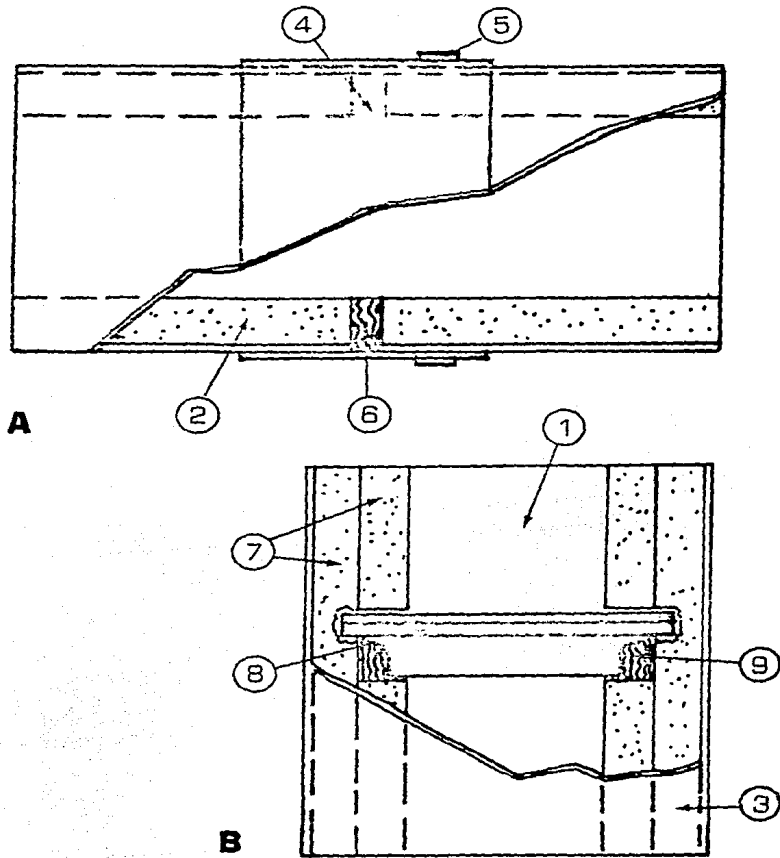
Las juntas de expansión o contracción están diseñadas para compensar los movimientos generados por la contracción o expansión de las tuberías. La construcción de doble capa o de uniones rellenas absorben perfectamente estos movimientos. El número y localización de las juntas de expansión esta determinado por la longitud, temperatura de operación y tipo de metal de la tubería.

El aislamiento de abrazaderas de los soportes puede ser necesario en secciones verticales de tubería para proteger la instalación.

- A).- Tubería horizontal aislada con una sola capa.
- B).- Doble capa para tubería vertical con soporte aislado.

Materiales: Aislamiento para tubería, collar de aislamiento flexible de fibra de vidrio o fibra refractaria, cubierta metálica protectora, juntas metálicas deslizantes, bandas, tornillos o remaches y pegamento.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento (de una sola capa).
- 3.- Cubierta metálica protectora.
- 4.- Junta metálica deslizante asegurada firmemente en uno de sus extremos.
- 5.- Bandas, tornillos o remaches usados para fijar la junta metálica deslizante.
- 6.- Collar de aislamiento flexible de fibra de vidrio o fibra-refractaria.
- 7.- Aislamiento (doble capa).
- 8.- Abrazadera del soporte aislada.
- 9.- Collar de aislamiento flexible insertado directamente bajo la abrazadera del soporte.



**AISLAMIENTO DE JUNTAS DE  
EXPANSION Y CONTRACCION**



### V.3.- CONEXIONES, VALVULAS, BRIDAS Y ACOPLAMIENTOS

(Figuras de la No. V.10 a la No. V.18).

El aislamiento de conexiones, válvulas, bridas y acoplamientos es la parte que más tiempo consume y el aspecto más costoso del aislamiento industrial y comercial.

A) Conexiones.- Dispositivos usados para cambiar de tamaño, dirección del flujo, nivel o ensamble de tuberías, excepto uniones, bridas, válvulas o filtros. Las conexiones pueden ser roscadas o soldables.

B) Válvulas.- Algunos de los varios dispositivos para regular el flujo de líquidos o gases. Las válvulas pueden ser del tipo soldable, roscado o bridado.

C) Bridas.- Dispositivos roscados o soldables usados con conexiones, válvulas, acoplamientos, etc., para tuberías.

D) Acoplamientos.- Dispositivos usados en el ensamble de tuberías.

Las conexiones bridadas sobre válvulas, acoplamientos, etc., requieren usualmente de aislamiento de tamaño más grande para cubrir las protuberancias.

### V.3.1.- APLICACIONES GENERALES.

Dependiendo de las condiciones de diseño, los siguientes métodos de aplicación pueden ser usados sobre superficies calientes o frías.

A) Aislamiento rígido preformado para conexiones.- Producidos en mitades fijado directamente sobre las conexiones, válvulas, etc., (ver las figuras No. V.10 y la No. V.18).

B) Aislamiento de relleno y secciones cortadas.- Puede ser prefabricado o elaborado en campo de piezas cortadas de secciones de tubo rígido y son instalados directamente sobre las conexiones, válvulas, etc., (ver las figuras No. V.11, V.14 y No. V.17).

C) Aislamiento de fibra de vidrio y PVC.- Las cubiertas protectoras de una sola pieza de PVC para conexiones, válvulas y acoplamientos sobre lona flexible de fibra de vidrio se muestran en las figuras No. V.17, V.15 y V.18.

D) Cemento aplicado sobre superficies irregulares.- La aplicación puede requerir de un refuerzo con tela de alambre dependiendo del tamaño de la conexión, del espesor del aislamiento y de algunas otras consideraciones. El cemento de fibra de vidrio es usado para aplicaciones a alta temperatura. Una capa de

cemento para acabados es usado para temperatura moderadas o como acabados para otros aislamientos (ver las figuras No. V.11, V.15- y V.16).

E) Aislamiento de lonas de fibra de vidrio.- Las lonas - aislantes de fibra de vidrio son enrolladas alrededor de las conexiones, válvulas y acoplamientos y son fijadas en su lugar por medio de telas adhesivas. Para aplicaciones sobre superficies - frías deberán contar con barrera de vapor.

F) Poliuretano espumado.- Usado sobre superficies irregulares como relleno aislante dentro de la cubierta protectora de las conexiones, válvulas y acoplamientos.

### V.3.2.- MATERIALES.

El mismo material aislante y tipo de acabado usado para tuberías puede ser usado sobre las conexiones, válvulas y acoplamientos. Además de esta lista se tienen:

----- Lonas flexibles de fibra de vidrio	(hasta 177°C)
----- Lonas flexibles de lana mineral	(hasta 1038°C)
----- Cemento para acabados	(hasta 649°C)
----- Cemento de fibra mineral	(hasta 871°C)
----- Poliuretano espumado	(hasta 110°C)
----- Fibra de vidrio y PVC	(hasta 121°C)

### V.3.3.- CUBIERTAS PROTECTORAS Y ACABADOS.

Los acabados mostrados no son los únicos, la selección estará basada de acuerdo a los requerimientos de temperatura, exposición y apariencia. Los acabados pueden ser prefabricados de metal y de PVC tal y como muestran en las figuras No. V.10, V.11, V.13, V.16 y V.17.

#### Figura No. V.10.

##### Aislamiento preformado para codos.

El aislamiento preformado para codos es producido en una gran variedad de tamaños y ángulos. Los codos son aplicados a las dos mitades del aislamiento preformado con alambres, bandas o pegamentos. Los arreglos mostrados en la figura No. V.10 muestra la aplicación de aislamiento preformado para codos conectados por soldaduras o enchufe. Estos arreglos son apropiados para aplicaciones sobre instalaciones calientes o frías.

A).- Acabado preformado con mastique para aplicaciones sobre instalaciones calientes o frías.

B).- Cubiertas protectoras metálicas preformadas para codos fijados con bandas para aplicaciones sobre instalaciones frías.

Materiales: Codos de aislamiento preformado, alambres mastique, bandas, tela de alambre para refuerzo, codos metálicos - premoldeados para las cubiertas protectoras.

- 1.- Tuberías.
- 2.- Aislamiento (el mostrado en "A" con cubierta protectora - aplicada en fábrica).
- 3.- Dos mitades de codos aislantes preformados asegurados con alambre.
- 4.- Recubrimiento de mastique para barreras de vapor.
- 5.- Tela de alambre para refuerzos dentro del recubrimiento de mastique.
- 6.- Aislamiento (el mostrado en "B" con cubierta metálica protectora).
- 7.- Codo metálico preformado como recubrimiento.
- 8.- Bandas fijadoras para las cubiertas protectoras de los codos con la cubierta protectora de la tubería (en aplicaciones a baja temperatura, las uniones en los cuellos de los codos deberán ser selladas con un sellador para barreras de vapor).
- 9.- Los codos deberán trasladar las cubiertas protectoras de tubería, los traslapes para aplicaciones a la intemperie - deberán ser hechas de tal forma que el agua escurra.

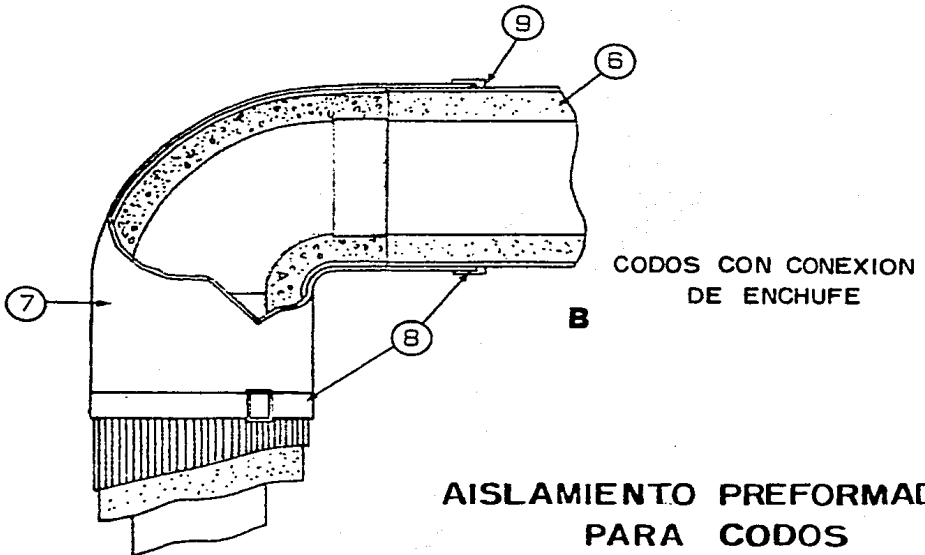
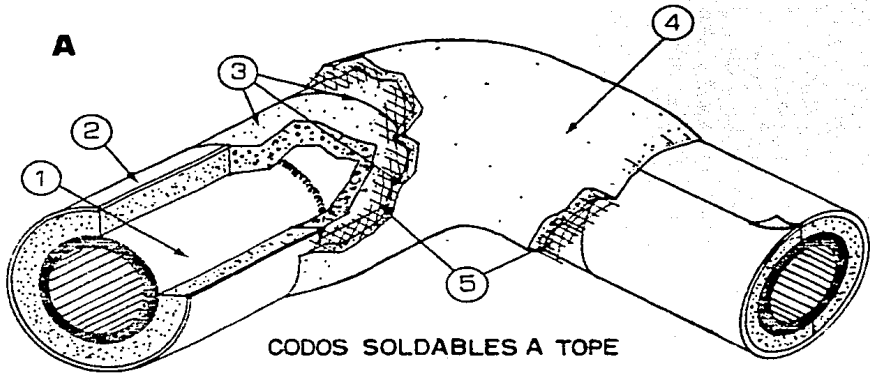


FIGURA N-V-10

## Figura No. VII.

Relleno aislante para codos en aplicaciones extragrandes.

El aislante de relleno para codos puede ser fabricado en campo o prefabricado usando un adhesivo para sellar el relleno simultáneamente con las dos mitades del codo. Cualquiera de los aislamientos en forma de secciones de tubo rígido (medias cañas) pueden ser usados para construir los "gajos", se puede usar también aislamiento de caucho celular (elastómero). El término "Extragrande", indica cualquier aplicación que debe ser mayor con el objeto de compensar las protuberancias en las uniones entre las tuberías y las conexiones. Las aplicaciones mostradas son adecuadas sobre instalaciones a temperaturas altas y moderadas.

A).- Cemento aislante o de acabado con cubierta protectora no metálica.

B).- Cubierta protectora metálica preformada para codos fijada con tornillos para aplicaciones a alta temperatura.

Materiales: Segmentos cortados de secciones de tubo rígido (gajos), alambres, bandas, pegamentos, cemento aislante, lonas aislantes, cubiertas metálicas protectoras premoldeadas para codos y tornillos.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tubería (el mostrado en "A" con cubierta protectora no metálica aplicada en fábrica y el mostrado en "B" con cubierta metálica protectora), la cubierta protectora deberá extenderse bajo el aislamiento y el acabado de la conexión.
- 3.- Segmentos (gajos) cortados del aislamiento para tuberías - unidos herméticamente.
- 4.- Relleno de aislamiento de fibra de vidrio.
- 5.- Alambres o bandas metálicas.
- 6.- Cubierta metálica protectora preformada para codos fijada con tornillos.
- 7.- Cemento para acabados aplicado sobre la superficie lisa.
- 8.- Aplicación en fábrica con pegamento sobre la superficie - del cemento aislante o de acabado.



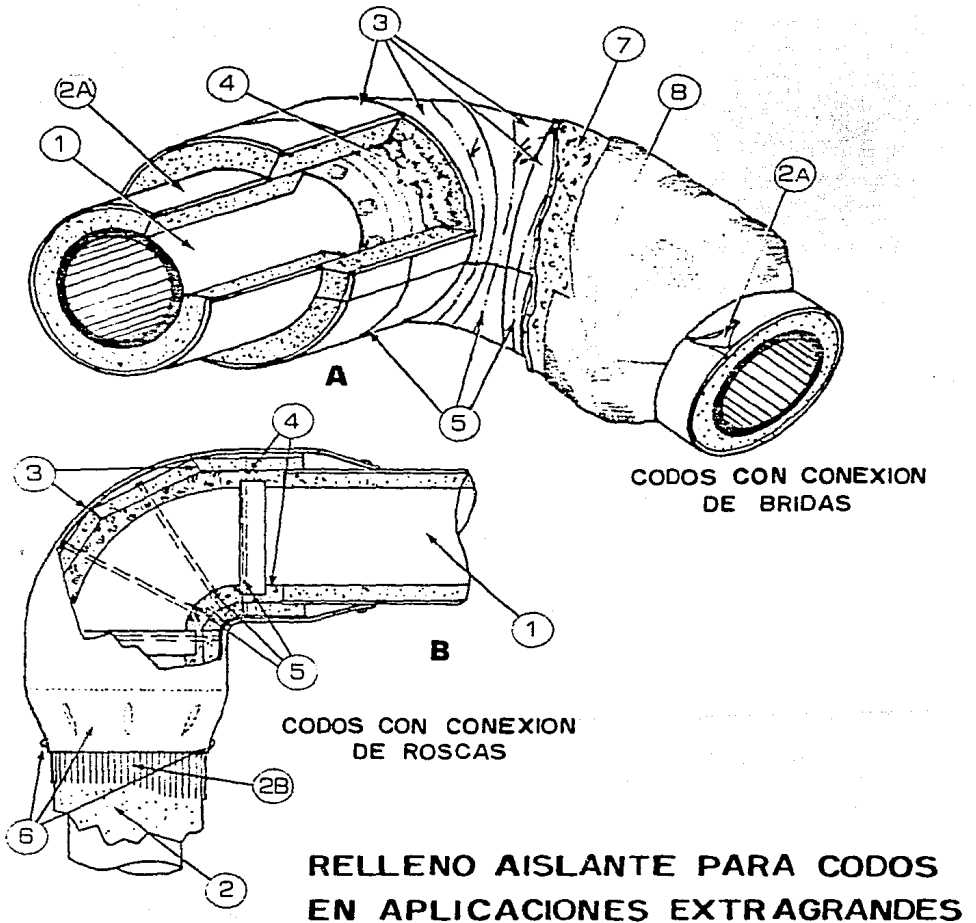


FIGURA N.V-II

Figura No. V.12.

Cubiertas protectoras de PVC y fibra de vidrio para codos.

Las cubiertas protectoras de PVC para el aislamiento de fibra de vidrio para codos son unas cubiertas protectoras premoldeadas de una sola pieza. La fibra de vidrio es enrollada alrededor del codo con la cubierta de PVC instalada sobre el aislamiento.

El PVC puede ser usado para aplicaciones a temperaturas moderadas y bajas. La temperatura superficial a la cual estará aplicada la cubierta protectora de PVC no deberá exceder los  $60^{\circ}\text{C}$ . Cuando la temperatura superficial de la tubería sea arriba de los  $121^{\circ}\text{C}$ . o abajo de los  $2^{\circ}\text{C}$  cuando el espesor del aislamiento de la tubería sea mayor de 2 pulgadas, el espesor del sistema para el codo deberá ser duplicado.

En aplicaciones para temperaturas ligeramente altas, las uniones en los cuellos deberán ser remachadas. Para aplicaciones a baja temperatura se requiere de un sello para prevenir la penetración de vapor de agua en los cuellos y en las uniones. El sello puede lograrse con pegamentos para barreras de vapor o con telas adhesivas.

El PVC puede ser aplicado en tamaño extragrande en conexio

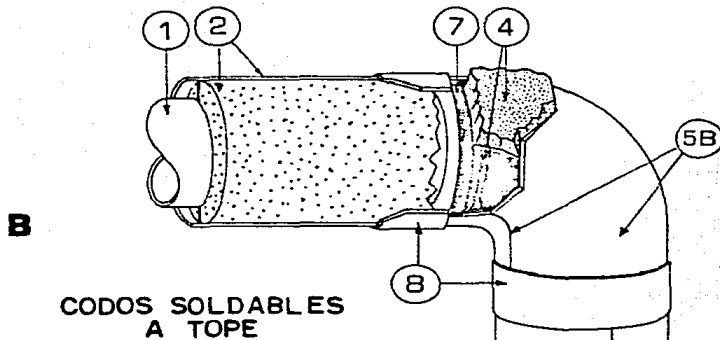
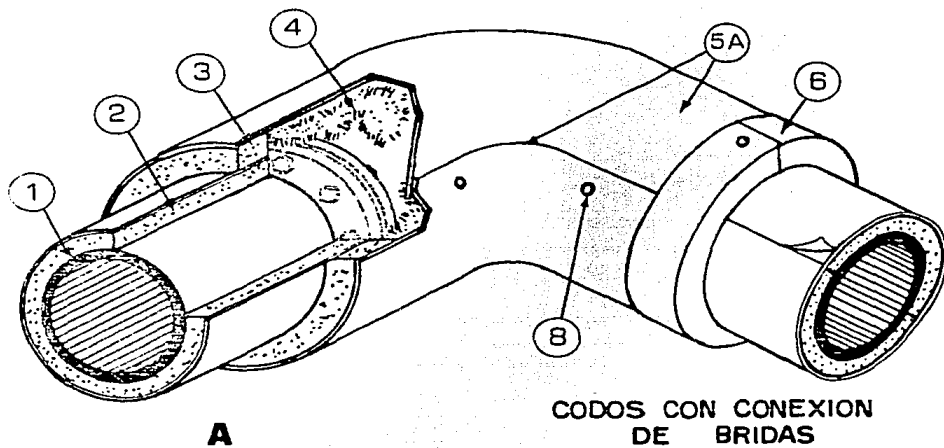
nes bridas o directamente sobre la cubierta protectora de la tubería en conexiones soldables o roscadas.

A).- Aplicación estragrande para temperaturas altas.

B).- Aplicación directamente sobre la cubierta protectora de la tubería en aplicaciones a bajas temperaturas.

Materiales: PVC, remaches, grapas, pegamento y tela adhesiva.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tubería.
- 3.- Collar de aislamiento para tuberías.
- 4.- Inserto de fibra de vidrio enrollado sobre el codo.
- 5.- Cubierta protectora de PVC para codos en "A" remachada y en "B" sellada con pegamento o tela adhesiva.
- 6.- Tapón reductor.
- 7.- Pegamento para barreras de vapor en todas las uniones.
- 8.- Tela adhesiva para barreras de vapor.



**CUBIERTAS PROTECTORAS  
DE PVC Y FIBRA DE VIDRIO  
PARA CODOS**

**FIGURA N.º V-12**

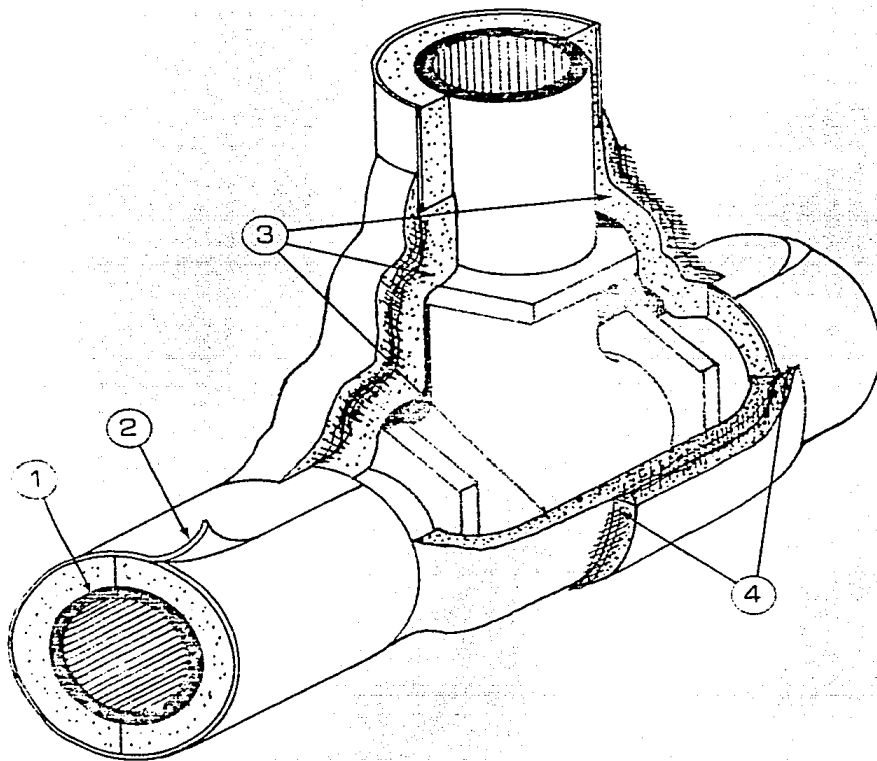
Figura No. V.13.

Aislamiento preformado para conexiones en forma de "T".

El aislamiento preformado para conexiones en forma de "T" es fabricado de materiales aislantes rígidos en una gran variedad de tamaños.

Materiales: Aislamiento preformado para conexiones en forma de "T" en dos piezas, pegamentos, alambres, bandas, telas adhesivas, mastique y tela de alambre.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tuberías (el mostrado con cubierta protectora no metálica aplicada en fábrica).
- 3.- Aislamiento para conexiones en forma de "T" preformado en dos piezas fijados con alambres o pegamento.
- 4.- Tela de alambre para refuerzos embebida entre las dos capas de mastique.



**AISLAMIENTO PREFORMADO  
PARA CONEXIONES EN FORMA  
DE "T"**

**FIGURA N.V-13**

Figura No. V.14.

Aislamiento prefabricado o elaborado en campo para válvulas y conexiones en forma de "T".

El término "Prefabricado" se aplica a la construcción de aislamientos en tamaños y formas determinadas para ser instalados sobre conexiones usando formas de aislamiento comunes tales como bloques rígidos y secciones preformadas de tubo rígido. La fabricación puede ser hecha en campo, en taller o elaborada directamente por el fabricante en aislamientos. Las cubiertas protectoras pueden ser igualmente fabricadas de los materiales para las cubiertas protectoras de tuberías o comprarse de fábrica. Otros acabados incluyen el uso de mastic y cemento o el uso de segmentos de aislamiento en forma de tubos rígidos con cubiertas protectoras aplicadas en fábrica.

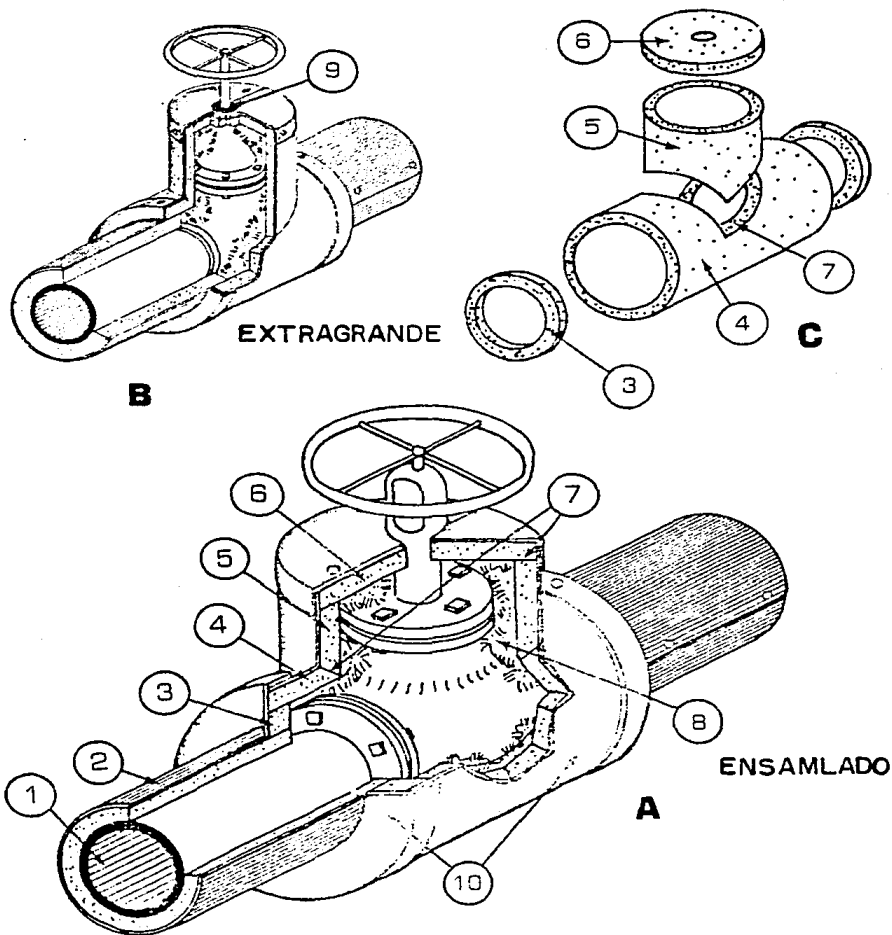
Las uniones deberan ser selladas.

- A).- Aplicación para válvulas bridadas.
- B).- Aplicación para válvulas soldables.
- C).- Componentes prefabricados.

Materiales: Secciones de aislamientos de tubo rígido, aislamiento en bloques, aislamiento de fibra de vidrio o material de relleno, pegamento y cubiertas metálicas protectoras.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tubería con cubierta protectora.
- 3.- Aro de aislamiento rígido para tubería.
- 4.- Sección de aislamiento rígido para tubería cubriendo el cuerpo de la válvula.
- 5.- Sección de aislamiento para cubrir el vástago de la válvula instalado herméticamente sobre el cuello de la válvula.
- 6.- Tapón en forma de disco para cubrir el vástago de la válvula.
- 7.- Uniones espapadas con pegamento.
- 8.- Fibra de vidrio u otro material aislante de relleno.
- 9.- Sellado del vástago con mastique.
- 10.- Cubierta metálica protectora para la válvula.





**AISLAMIENTO PREFABRICADO O  
ELABORADO EN CAMPO PARA  
VALVULAS Y "T"**

Figura No. V.15.

Cubierta protectora de PVC rellena con fibra de vidrio para válvulas y conexiones en forma de "T".

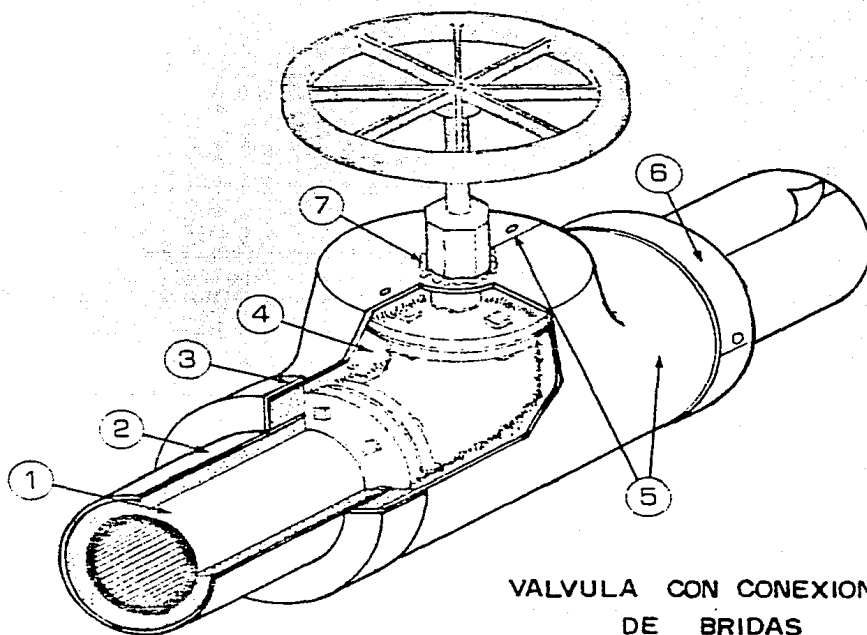
Los sistemas de aislamiento para conexiones con PVC y fibra de vidrio están compuestos por cubiertas protectoras flexibles premoldeadas de una sola pieza rellena con insertos de fibra de vidrio. El inserto de fibra de vidrio es enrollado sobre la válvula o conexión en forma de "T" con la cubierta protectora de PVC instalada sobre el aislamiento.

El PVC puede ser usado en aplicaciones a temperaturas altas y bajas. Cuando la temperatura superficial a la cual estarán expuestas las cubiertas protectoras no exceda de 66°C. Cuando la temperatura superficial de la tubería sea superior a los 121°C menos de 2°C el espesor del aislamiento sea mayor de 2 pulgadas, el aislamiento de las válvulas o conexiones en forma de "T" deberá ser duplicado.

Una instalación apropiada de PVC y fibra de vidrio en instalaciones para bajas temperaturas requiere del uso de telas adhesivas o sellado para barreras de vapor en sus uniones.

Materiales: Cubiertas protectoras de PVC, aros de aislamiento rígido, remaches, grapas y pegamento para sellar.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tubería con cubierta protectora.
- 3.- Aros de aislamiento rígido para tubería.
- 4.- Insertos de fibra de vidrio sobre el cuerpo de las válvulas o conexiones en forma de "T".
- 5.- Cubierta protectora de PVC fijada con remaches.
- 6.- Tapones para los extremos de la cubierta protectora de PVC.
- 7.- Barreno en las cubiertas protectoras de PVC para el vástago de la válvula con sellador para:
  - a) Prever un sello para aplicaciones a baja temperatura.
  - b) Prever un sello contra el medio ambiente para aplicaciones a la intemperie.
  - c) Prevenir daños a la cubierta protectora de PVC por el contacto con metales a alta temperatura.



VALVULA CON CONEXIONES  
DE BRIDAS

**CUBIERTA PROTECTORA DE PVC  
RELLENA DE FIBRA DE VIDRIO  
PARA VALVULAS Y "T"**

**FIGURA N. V - 15**

Figura No. V.16.

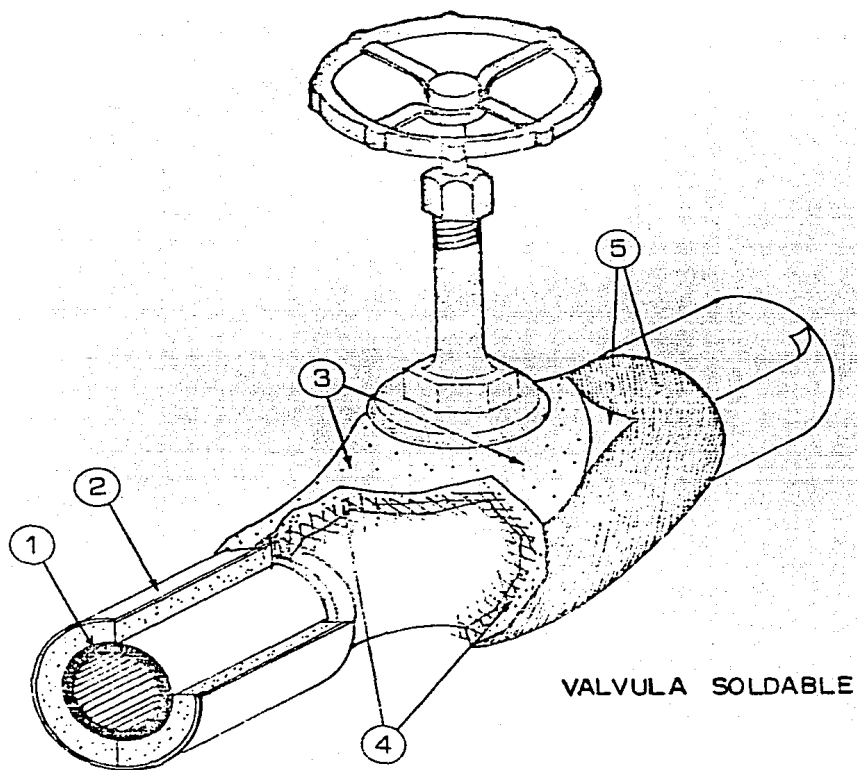
### Cemento aislante para válvulas.

El cemento es muy usado en áreas donde el espacio es mínimo, donde las superficies son irregulares y donde el mantenimiento o reemplazo de las válvulas sea improbable. En la mayoría de las válvulas únicamente el cuerpo es cubierto con el cemento. En ocasiones la aplicación de cemento requiere de refuerzos con telas de alambre dependiendo del tamaño de la válvula, el espesor de la capa de cemento y otras consideraciones.

La aplicación mostrada en la figura No. V.16 muestra un acabado apropiado para temperaturas moderadas y altas.

Materiales: Fibra mineral, cemento, tela de alambre, cubiertas protectoras no metálicas y pegamento.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tubería (el mostrado con cubierta protectora no metálica aplicada en fábrica).
- 3.- Capas de cemento aislante.
- 4.- Tela de alambre o lana mineral para refuerzo embebida dentro del cemento.
- 5.- Cubierta protectora no metálica adherida a la superficie lisa del cemento aislante con pegamento de mastique.



## CEMENTO AISLANTE PARA VALVULAS

Figura No. V.17.

### Aislamiento de uniones con brida.

Se construyen cajas soldadas con algunos materiales aislantes para bridas de tamaño estándar. En otros casos pueden cortarse trozos de aislamiento y darles la forma requerida para su acoplamiento. Los espacios alrededor de la brida deben llenarse con fibra de vidrio o algún otro aislamiento para relleno. Los albergues de la brida no deben ir unidos directamente de la tubería sino fijados separadamente. El biselado (corte diagonal del aislamiento de la tubería) es mostrado como un acabado opcional cuando las bridas no son aisladas.

Las cubiertas protectoras metálicas tales como las que se muestran en este dibujo son usadas únicamente cuando la cubierta protectora de la tubería es también metálica.

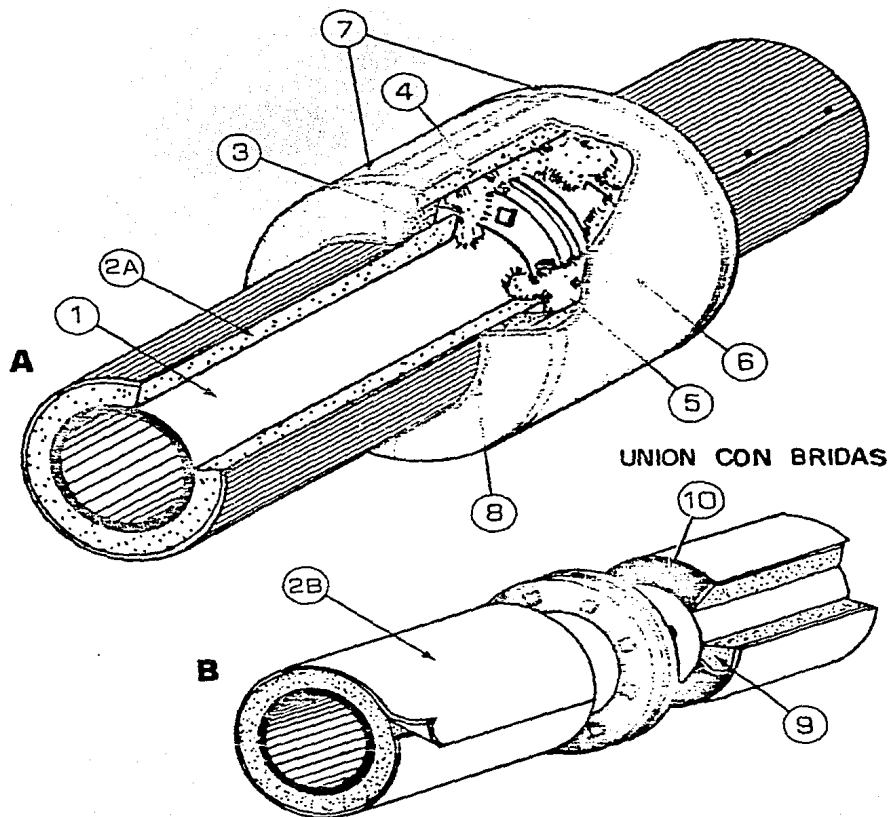
A).- Cubierta metálica para bridas, remachadas o atornilladas.

B).- Aislamiento para tubería biselado y acabado con mastique.

Materiales: Aislamiento para tuberías (dos diámetros) cubiertas metálicas protectoras para bridas, alambres, bandas y mastique.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tubería (en "A" con cubierta metálica protectora y en "B" con cubierta protectora no metálica aplicada en fábrica.
- 3.- Aro de aislamiento rígido.
- 4.- Sección de aislamiento para cubrir las bridas.
- 5.- Aislamiento de fibra de vidrio para relleno.
- 6.- Cubierta protectora metálica preformada para las bridas fijadas con tornillos o remaches.
- 7.- Tapas de los extremos de la cubierta protectora metálica de las bridas.
- 8.- Mastique para sellar.
- 9.- Aislamiento para tuberías biselado a una distancia de las bridas que permite el fácil retiro de los tornillos o pernos roscados de las bridas.
- 10.- Bisel del aislamiento recubierto con mastique o sellador para altas temperaturas cuando las bridas no son aisladas.





**AISLAMIENTO DE UNIONES CON  
BRIDAS**

Figura No. V.18.

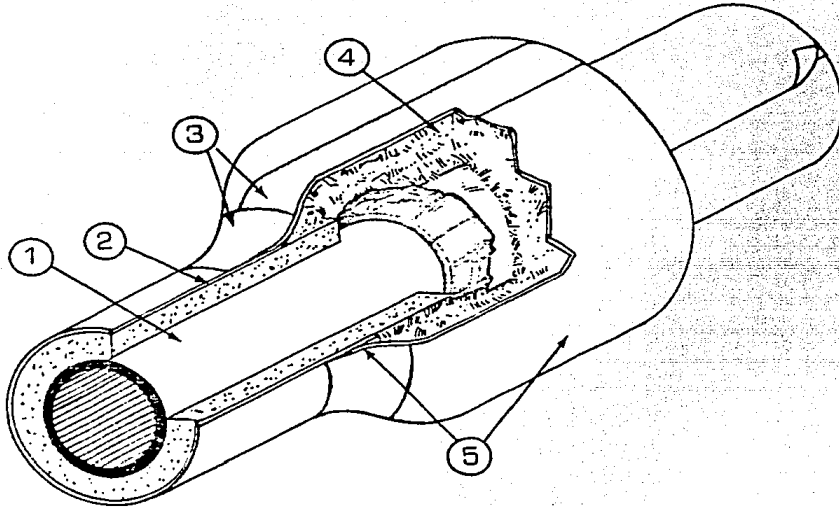
Sistemas aislantes con PVC y fibra de vidrio para cople - de tuberías.

Los sistemas aislantes de PVC y fibra de vidrio para aco- plamiento son cubiertas protectoras premoldeadas flexibles de - una sola pieza de PVC con insertos de lona de fibra de vidrio. - La fibra de vidrio es enrollada alrededor del cople y la cubier- ta de PVC es fijada simultáneamente con tela adhesiva en sus dos extremos y en su unión longitudinal (para aplicaciones a baja - temperatura, sus uniones deberán sellarse con una barrera de va- por apropiada). El PVC puede ser usado en aplicaciones frías o - calientes o donde la temperatura de la superficie exterior del - aislamiento no excede de los 65°C. Cuando la temperatura en la- superficie de la tubería sea mayor de 121°C o menor de 2°C, o el espesor del aislamiento de la tubería sea mayor de 2 pulgadas, - el aislamiento del acoplamiento deberá ser aplicado en dos capas.

La cubierta para cople mostrada en la figura ilustra una- aplicación apropiada para bajas temperaturas. Para instalacio- nes a temperaturas altas deberán usarse bandas metálicas y no re- querirá cinta adhesiva para sellar las uniones.

Materiales: Cubierta protectora de PVC, telas adhesivas - para barreras de vapor.

- 1.- Tubería.
- 2.- Aislamiento para tuberías (el mostrado con cubierta protectora no metálica aplicada en fábrica).
- 3.- Tela adhesiva para barreras de vapor en las uniones longitudinales y circunferenciales.
- 4.- Insertos de fibra de vidrio enrollados alrededor de los codos.
- 5.- Cubierta protectora de PVC extendida sobre el aislamiento de la tubería.



ACOPLAMIENTO

SISTEMAS AISLANTES DE PVC Y  
FIBRA DE VIDRIO PARA COPLES  
DE TUBERIA

FIGURA N. V-18

V.4.- DUCTOS (Figuras de la No. V.19 a la No. V.23.).

El término "Ductos" se refiere a todas aquellas estructuras de lámina metálicas de forma rectangular, ovalada o circular que sirva como canalizaciones para el movimiento a baja, mediana y alta velocidad de aire en instalaciones comerciales e industriales de ventilación, calefacción y acondicionamiento de aire.

La función del aislamiento en los ductos es para:

- a) Retardar la ganancia o pérdida de calor del aire que se mueve a través de los ductos.
- b) Prevenir la condensación sobre los ductos de aire frío.
- c) Prevenir el daño a personal de operación por el contacto con superficies de ductos a altas temperaturas.
- d) Proveer absorción acústica de sonido cuando el aire se mueve a través de los ductos.

Las primeras tres funciones requieren de aplicaciones del aislamiento sobre la superficie exterior de los ductos. Para absorción del sonido, se requiere que los ductos sean forrados con aislamientos de alta densidad. No obstante, el forrado de los ductos con propósitos de absorción del sonido no siempre es sufi

ciente para prevenir la condensación o para cubrir los requerimientos térmicos de las tres primeras funciones.

La clasificación de los ductos ayuda a determinar los rangos generales de temperaturas que pueden ser encontrados y las funciones térmicas que debe desarrollar el aislamiento.

#### V.4.1.- CLASIFICACION.

- a) Ductos para suministros y retorno de aire acondicionado.
- b) Ductos para suministros y retorno de aire para calefacción.
- c) Ductos para succión de aire fresco y aire mezclado.
- d) Ductos para manejo de aire.
- e) Ductos para expulsión de aire o gases.

#### V.4.2.- APLICACIONES GENERALES.

La selección de materiales para forrar en campo y los métodos de aplicación dependen de la velocidad a que fluye el aire a través del sistema.

Las condiciones ambientales son también factores importantes en la selección de los materiales aislantes y los métodos de aplicación.

#### Aplicaciones térmicas.

a) Lonas aislantes para enrollar sobre ductos ovalados o circulares y rectangulares (figura No. V.19 y No. V.21).

b) Tablas o placas de aislamiento fibroso para ductos rectangulares únicamente (figura No. V.20).

c) Caucho celular flexible adherido a la superficie metálica (no ilustrado).

d) Secciones de tubo rígido (medias cañas) para ductos circulares (figura No. V.21).

e) Bloques rígidos para ductos rectangulares y circulares (figura No. V.22 y No. V.23).

Forros acústicos aplicados en campo.- El forro es asegurado a la superficie interior de los ductos rectangulares por medio de pegamentos o broches mecánicos dependiendo del tamaño de los ductos y la velocidad del aire que se mueve a través de ellos (en ductos para aire a alta velocidad deberá aislarse ex--

ternamente para asegurar que ninguna partícula del aislamiento - se mezcle con el aire).

Cubiertas protectoras y acabados.- Las variables para seleccionar las cubiertas protectoras y los acabados incluyen a la temperatura y a las condiciones de exposición en zonas con riesgo de incendios. Los acabados de las barreras de vapor son usualmente aplicados en fábrica al aislamiento.

#### V.4.3.- MATERIALES:

##### Aplicaciones térmicas.

- Lonas flexibles de fibra de vidrio.
- Hojas flexibles de caucho celular.
- Placas o lonas flexibles de fibra mineral.
- Bloques de silicato de calcio.
- Bloques de vidrio celular.

##### Aplicaciones como forros.

- Tablas o placas de fibra de vidrio o lonas flexibles.



Figura No. V.19.

Aislamiento de ductos rectangulares con lonas flexibles fibrosas para aplicaciones en instalaciones bajo techo.

Los ductos para aire caliente o frío pueden ser aislados usando lonas aislantes flexibles fibrosas. Las aplicaciones bajo techo generalmente no requieren de acabados adicionales a las barreras de vapor y telas adhesivas aplicadas en fábrica ilustradas en la figura No. V.19. Las variaciones en los métodos de aplicación ocurren principalmente en el tratamiento de las uniones o traslape de las cubiertas protectoras y en la selección de los accesorios de fijación del aislamiento.

Todos los ductos para aire caliente o frío localizados bajo techo pueden aislarse como se muestra en la figura No. V.19., con la excepción de chimeneas para cocinas, las cuales requieren de un tratamiento especial para resistir altas temperaturas y como se muestra en las figuras No. V.21 y No. V.22.

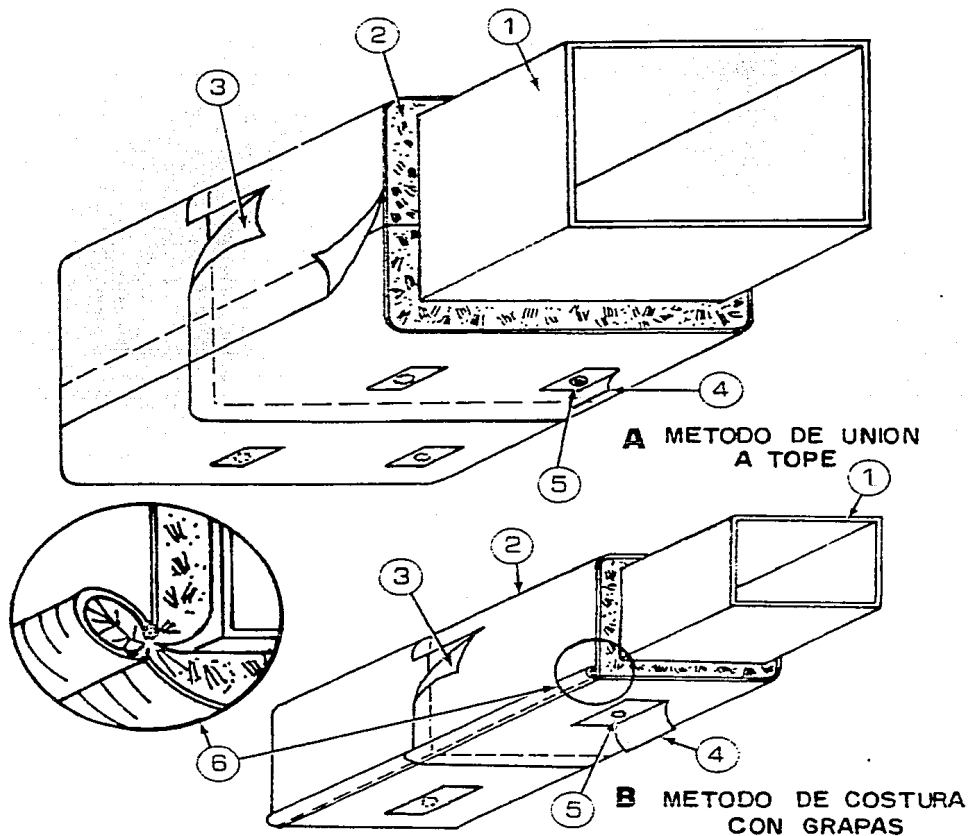
A).- Método de la unión del aislamiento a tope.

B).- Método de unión del aislamiento por costura con grapas.

Materiales: Lonas flexibles de aislamiento de fibra mineral o fibra de vidrio, tela o papel para barreras de vapor, gra-

pas, pegamento retardante al fuego y broches o seguros mecánicos.

- 1.- Ducto rectangular.
- 2.- Lona aislante (la mostrada con cubierta protectora para barrera de vapor aplicada en fábrica).
- 3.- Traslape de fábrica (sellado con pegamento, grapas o tela adhesiva).
- 4.- Tela o papel para barrera de vapor sobre los huecos o penetraciones de la barrera de vapor.
- 5.- Seguro o broches mecánicos para fijar el aislamiento en la parte inferior de los ductos mayores de 24 pulgadas.
- 6.- Método alternativo para la unión longitudinal del aislamiento.



**AISLAMIENTO DE DUCTOS RECTANGULARES  
 CON LONAS FLEXIBLES FIBROSAS PARA  
 APLICACIONES EN INSTALACIONES BAJO  
 TECHO**

Figura No. V.20.

Aislamiento de ductos con tablas o placas fibrosas para aplicaciones en instalaciones a la intemperie.

El aislamiento de ductos con tablas o placas fibrosas puede ser especificado para ductos expuestos. Para instalaciones a la intemperie se requiere de un acabado para protegerlas contra el medio ambiente adicional a la cubierta protectora aplicada en fábrica el aislamiento. Otros medios para reforzar las protecciones contra el medio ambiente incluyen:

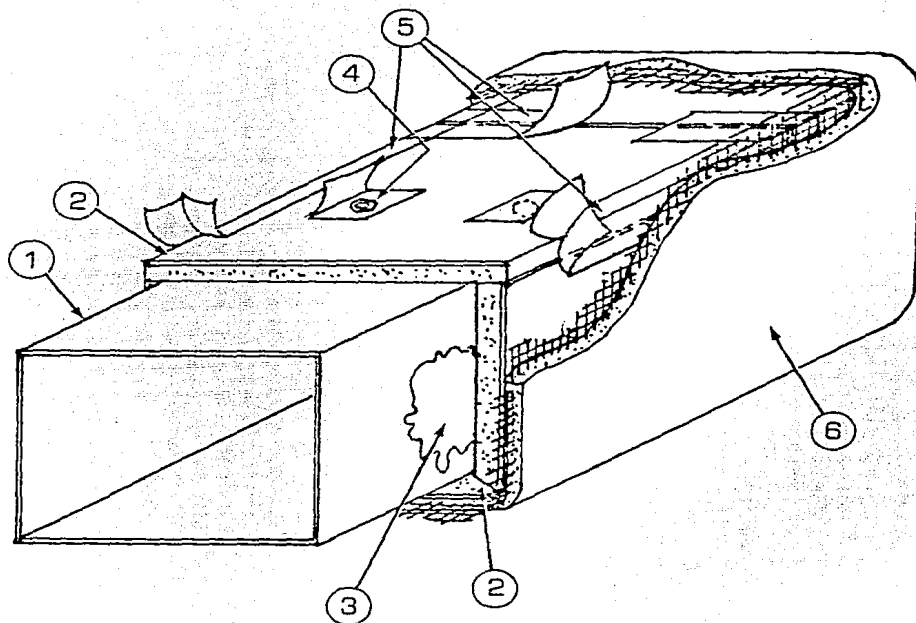
A) Una cubierta protectora la lámina metálica o de plástico con uniones traslapadas y aseguradas con remaches.

b) Una capa de cemento para acabados reforzada con tela de alambre con las esquinas redondeadas.

La selección del acabado depende del abuso mecánico exposición a la intemperie y requerimientos de apariencia de la instalación.

Materiales: Tablas o placas fibrosas aislantes, tela adhesiva para barreras de vapor, grapas, seguros o broches mecánicos, masticque para barreras de vapor y tela de alambre.

- 1.- Ducto rectangular.
- 2.- Tablas o placas fibrosas aislantes.
- 3.- Pegamento para reforzar las uniones de la lámina con el -  
aislamiento.
- 4.- Seguros o broches mecánicos.
- 5.- Tela adhesiva para barreras de vapor.
- 6.- Mastique para protección contra el medio ambiente reforza-  
do con tela de alambre.



**AISLAMIENTO DE DUCTOS RECTANGULARES  
CON TABLAS O PLACAS FIBROSAS PARA  
APLICACIONES EN INSTALACIONES A LA  
INTEMPERIE**

Figura No. V.21.

Aislamiento de ductos cilíndricos, codos y curvas.

Los ductos cilíndricos u ovalados para instalaciones bajo-techo pueden ser instaladas con lonas flexibles de fibras aislantes provistas con barreras de vapor aplicadas en fábrica. Algunos ductos cilíndricos para aplicaciones a la intemperie pueden requerir de una aplicación de aislamiento rígido de fibra de vidrio para enrollar o de secciones de aislamiento preformado para tuberías para cubrir los requerimientos contra abusos mecánicos o de apariencia de la instalación. Las instalaciones expuestas al medio ambiente tienen acabados de mastique contra la intemperie o cubiertas metálicas protectoras. El uso de bloques aislantes rígidos o segmentos de tubo rígido para ductos cilíndricos - expuestos a altas temperaturas se ilustra en la figura No. V.23.

Las curvas o codos cilíndricos pueden ser aislados con aislamientos flexibles de fibra de vidrio o con secciones de tubo rígido cortadas para conformar el forro del codo o de la curva.

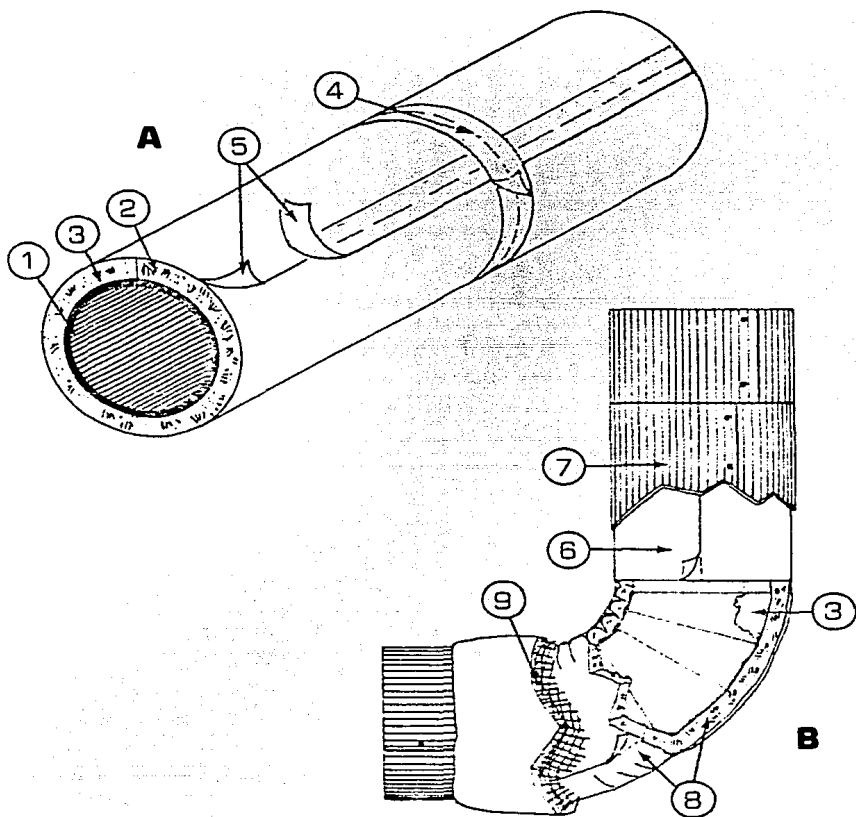
A).- Acabado para ductos cilíndricos para aplicaciones bajo techo.

B).- Ductos cilíndricos con codos o curvas con acabados - contra la intemperie.

Materiales: Lonas flexibles de aislamiento fibroso, pegamento, tela adhesiva para barreras de vapor, fibra de vidrio rígida para enrollar o seccionar de tubo rígido, masticque para barrera de vapor y tela de alambre.

- 1.- Ducto cilíndrico.
- 2.- Lona aislante flexible (la mostrada con barrera de vapor - aplicada en fábrica).
- 3.- Pegamento retardante al fuego.
- 4.- Tela adhesiva para barrera de vapor.
- 5.- Uniones longitudinales o circunferenciales traslapadas y - selladas con tela adhesiva para barreras de vapor.
- 6.- Fibra de vidrio rígida para enrollar o secciones de tubo - rígido preformadas.
- 7.- Cubierta metálica protectora aplicada a campo.
- 8.- Aislamiento de fibra de vidrio para codos o curvas.





**AISLAMIENTO DE DUCTOS CILINDRICOS,  
CODOS Y CURVAS**

## Figura No. V.22.

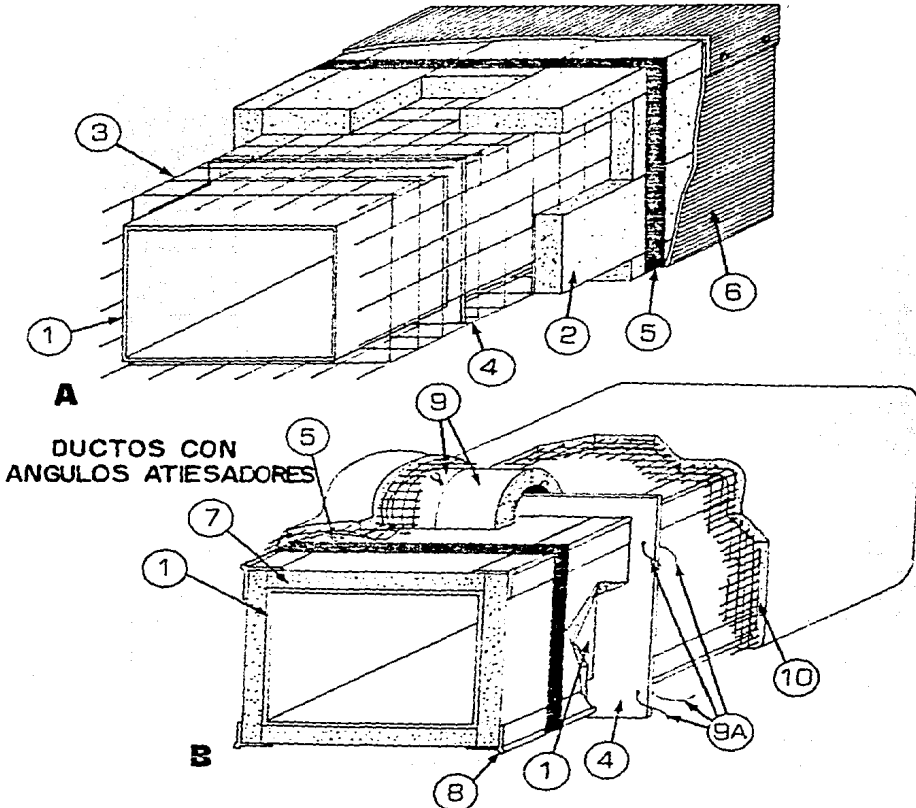
Aislamiento de ductos para chimeneas de cocinas y gases de escapes.

Los ductos metálicos rectangulares que deben ser aislados para altas temperaturas (149°C o más) o para control de riesgos de incendio, caen bajo la categoría general de chimeneas de cocina. La superficie metálica es algunas veces reforzadas con tensores o con uniones bridadas las cuales les pueden proyectar sus protuberancias fuera de la pared aislante. Tales protuberancias pueden ser aisladas como se ilustran en esta figuras o dejarlas sin aislar cubriéndose posteriormente con el material del acabado. El diseño de espacios para aire (cámara de aire) tal como se muestra en "A" es opcional para ductos calientes dependiendo de la temperatura de operación, del tipo de metal y calibre de la lámina del ducto.

A).- Ducto con cámara de aire (bloques aislantes con cubierta metálica protectora como acabado).

Materiales: Bloques y tablas o placas aislantes para alta-temperatura, secciones de tubo rígido preformado, malla metálica o alambre prefabricado, ángulos metálicos, bandas de acero o alambres, tela de alambre y mastique para barreras de vapor.

- 1.- Ducto rectangular.
- 2.- Bloques aislantes.
- 3.- Malla metálica o alambre prefabricado.
- 4.- Tensores o bridas en las uniones de los ductos.
- 5.- Bandas de acero o alambre para fijar el aislamiento.
- 6.- Cubierta metálica protectora.
- 7.- Aislamiento en forma de tablas o placas.
- 8.- Angulos metálicos para proteger las esquinas del aislamiento.
- 9.- Tela de alambre para refuerzo enbebida entre las dos capas de mastique o cemento aislante.



**AISLAMIENTO DE DUCTOS PARA CHIMENEAS  
DE COCINAS Y GASES DE ESCAPE**

Figura No. V.23.

Aislamiento de ductos cilíndricos para escapa de chimeneas con bloques aislantes y secciones de tubo rígido.

Las chimeneas cilíndricas y ductos de escapa de gases de combustión con temperaturas superiores a los  $260^{\circ}\text{C}$  deberán aislarse con bloques rígidos o con secciones de tubo rígido. Una lámina metálica corrugada o una lona amortiguante de aislamiento fibroso puede ser necesaria donde el grado de expansión puede romper el aislamiento.

A).- Bloques aislantes sobre láminas corrugadas de alta resistencia.

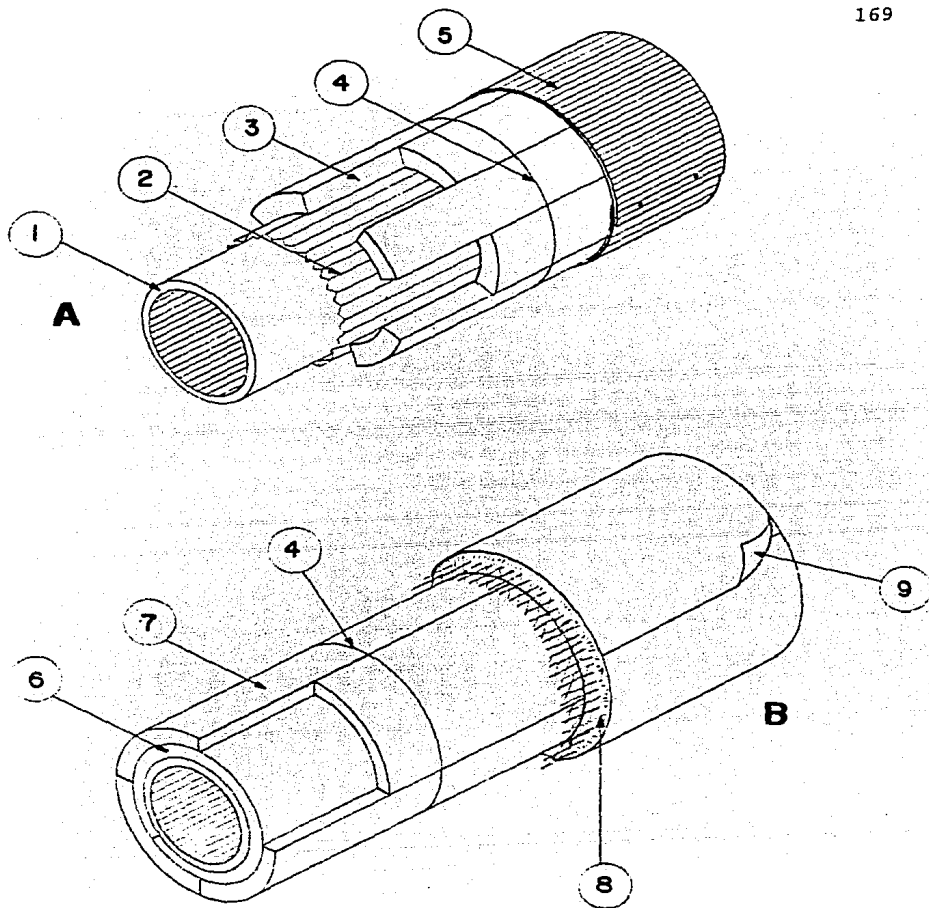
B).- Secciones preformadas de tubo rígido sobre lonas amortiguantes.

Materiales: Bloques aislantes, secciones de tubo rígido, láminas corrugadas de alta resistencia, alambre y bandas metálicas, lonas aislantes fibrosas, cubiertas metálicas protectoras, cemento para acabados y tela de alambre para refuerzo.

1.- Pared del ducto.

2.- Lámina metálica corrugada de alta resistencia.

- 3.- Bloques rígidos aislantes.
- 4.- Alambre o bandas de acero inoxidable.
- 5.- Cubierta metálica protectora.
- 6.- Lona amortiguante de aislamiento fibroso.
- 7.- Secciones de tubo rígido aislante.
- 8.- Dos capas de cemento para acabados reforzadas con tela de alambre.
- 9.- Cubierta protectora no metálica adherida a la superficie lisa del cemento.



**AISLAMIENTO DE DUCTOS CILINDRICOS  
PARA GASES DE ESCAPE Y CHIMENEAS  
CON BLOQUES AISLANTES Y SECCIONES  
DE TUBO RIGIDO**

V.5.- RECIPIENTES, TANQUES Y EQUIPOS (figuras de la No. V.24 a -  
la No. V.35).

El término "Equipo" se aplica a todos aquellos dispositi--  
vos mecánicos de forma irregular, rectangular o cilíndrica que -  
funcionan dentro de procesos de ventilación, calefacción, acondi  
cionamiento de aire, sanitarios o de vapor en sistemas industria  
les y comerciales.

V.5.1.- CLASIFICACION.

A).- Calefacción (desde 22°C hasta 316°C).

- - - Tanques de almacenamiento de agua caliente.
- - - Bombas para agua caliente.
- - - Calentadores de combustible.
- - - Deareadores.
- - - Calentadores.
- - - Intercambiadores de calor.
- - - Equipos para procesos industriales y de centrales termo -  
eléctricas o de refinerías de petróleo.

B).- Enfriamiento (desde 0°C hasta 21°C).

- - - Enfriadores de agua para refrigeración y tanques de agua -  
fría.



- - - Bombas para agua de refrigeración.

C).- Temperaturas extremas (bajo de 0°C y arriba de 316°C).

- - - Calderas.

- - - Equipos de centrales termoeléctricas y refinerías de petróleo (tubinas, chimeneas, etc.).

- - - Escapes de gases de combustión de generadores diesel de emergencia.

#### V.5.2.- MATERIALES.

A).- Bloques rígidos y secciones preformadas en tubo rígido.

- - - Silicato de calcio (hasta 649°C).

- - - Vidrio celular (desde -212°C hasta 316°C).

- - - Fibra de vidrio (desde -29°C hasta 343°C).

- - - Fibra mineral (hasta 1038°C).

- - - Poliestireno de celdas cerradas (desde -40°C hasta 121°C).

- - - Espumas de poliuretano (desde -184°C hasta 121°C).

B).- Tablas o placas aislantes.

- - - Fibra cerámica (hasta 1039°C).

- - - Fibra de vidrio (hasta 454°C).

- - - Fibra mineral (hasta 538°C).

- - - Fibra de vidrio rígida para enrollar (hasta 232°C).
- - - Sistemas de paneles metálicos con fibra de vidrio (hasta 358°C).
- - - Caucho celular (desde -40°C hasta 104°C).
- - - Cementos aislantes (hasta -649°C).

#### V.5.3.- APLICACIONES GENERALES.

- - - Bloques y secciones de tubo rígido (ver figuras No. V.24 y No. V.28).
- - - Tablas o placas fibrosas (ver la figura No. V.25).
- - - Fibra de vidrio rígida para enrollar (ver la figura No. V.26).
- - - Cubierta removible construida con fibra de vidrio y metal (ver la figura No. V.35).
- - - Caucho celular (ver la figura No. V.27).
- - - Lonas flexibles (ver la figura No. V.24).
- - - Sistemas de paneles metálicos con fibra de vidrio aplicados de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- - - Cementos.- Los cementos aislantes pueden ser usados sobre bobinas u otras superficies irregulares de equipos. El ce

mento cubre el cuerpo del equipo, terminado y acabado en las conexiones para permitir el fácil acceso a las mismas. El cemento de fibra mineral es usado en aplicaciones a temperaturas altas. Una sola capa puede ser usada para temperaturas intermedias o como acabado para otros aislamientos. En aplicaciones para temperaturas bajas se requiere de un tratamiento para barreras de vapor adicional.

- - - Fijación.- Los sujetadores o seguros mecánicos pueden usarse sobre superficies de recipientes dependiendo del diseño del recipiente, su temperatura superficial y los riesgos de incendio involucrados. Las bandas de acero inoxidable se recomienda para asegurar bloques, tablas y placas aislantes o cubiertas metálicas protectoras para aplicaciones en los cuales:

A).- No se pueda usar seguros mecánicos sobre la superficie metálica.

B).- Se trate de recipientes de gran diámetro.

C).- Se presentan contracciones o expansiones significativas.

El acero inoxidable es recomendado en estas instalaciones debido a su alta resistencia a esfuerzos mecánicos y a la corro-

sión. El aislamiento de los soportes se recomienda para grandes recipientes y tanques y esto será realizado por el fabricante del recipiente.

- - - Conexiones.- Ver "conexiones" en la sección V.3. para los métodos de aplicación apropiados sobre conexiones de equipos. Las boquillas y tapas de los registros son ilustrados en la figura No. V.32.

- - - Tapas de tanques.- Los aislamientos rígidos especiales para tapas de tanques son fabricados para usarse sobre tanques donde el tráfico de personal es común y no se cuentan con pasillos para evitarlos. El silicato de calcio en bloques y algunos materiales para sellar techos o azoteas son también usados.

Los aislamientos y recubiertas protectoras para tapas o cabezas de tanques se ilustra en la figura No. V.14.

- - - Expansión y contracción.- Los equipos, tanques y recipientes expuestos a temperaturas extremadamente altas o bajas presentan problemas de expansión o contracción además de la necesidad de un alto grado de eficiencia térmica. Estos requerimientos son cubiertos a través del uso de:

A).- Doble capa de bloques y tablas o placas aislantes mon

tadas en forma intercalada.

B).- El uso de un forro amortiguante de lona aislante o el uso de mallas metálicas bajo la capa de aislamiento.

C).- La ausencia de seguros mecánicos los cuales son anexados directamente sobre la superficie del recipiente.

En algunos casos, las uniones metálicas deslizantes rellenas con lona aislante deberán ser incorporadas dentro del diseño del sistema aislante (ver la figura No. V.31).

- - - Escurrideras.- Las escurrideras o desviaciones de agua deberán instalarse en boquillas, registros y otras proyecciones sobre equipos y recipientes localizados a la intemperie.

- - - Cubierta protectora y acabados.- Todas las figuras que ilustran el aislamiento de recipientes están mostradas con una cubierta metálica protectora sobre el aislamiento. Este es el acabado más común en aplicaciones a la intemperie. Otros acabados pueden ser apropiados dependiendo de los requerimientos de temperatura, exposición y apariencia de la instalación.

- - - Aislamiento para turbinas.- Cojines removibles o panales -

hechos de aislamiento para alta temperatura rellenos con fibra cerámica, de vidrio o minerales pueden ser requeridas sobre turbinas para un fácil acceso y conformar las superficies irregulares.

- - - Bases, soportes y faldones.- Las protuberancias y patas de los soportes deberán aislarse a una distancia mínima de cuatro veces el espesor del aislamiento a partir de la unión con el recipiente para prevenir la condensación en aplicaciones a bajas temperaturas y riesgos de quemaduras para el personal de operación en aplicaciones a temperaturas altas. El tipo de material y método de aplicación usado depende de la temperatura del recipiente. La superficie del recipiente o equipos bajo los faldones soportadores serán aislados usando el mismo material utilizado en el resto del recipiente sin importar el tipo o método de aislamiento usado en los soportes (ver la figura No. V.33).

Figura No. V.24.

Bloques y lonas aislantes para recipientes verticales de gran diámetro.

Los recipientes y tanques verticales que tengan un diámetro exterior mayor de 30 pulgadas y un rango de temperatura sobre su superficie desde 43°C hasta 538°C deberán aislarse usando lonas flexibles o bloques aislantes como se muestra en la figura No. V.24. Aplicaciones alternativas incluyen el uso de tablas o placas rígidas aislantes (ver la figura No. V.26). Y fibras de vidrio rígido para enrollar.

A).- Lonas flexibles aislantes fijadas con pernos.

B).- Bloques rígidos aislantes fijados con bandas metálicas.

Materiales: Lonas flexibles aislantes, pernos soldados a la superficie del recipiente, bloques rígidos aislantes, bandas metálicas o alambres, tornillos o pijas para láminas, remaches, láminas metálicas lisas o corrugadas, bandas de acero inoxidable y cubiertas metálicas protectoras prefabricadas para las cabezas o tapas de los tanques o recipientes.

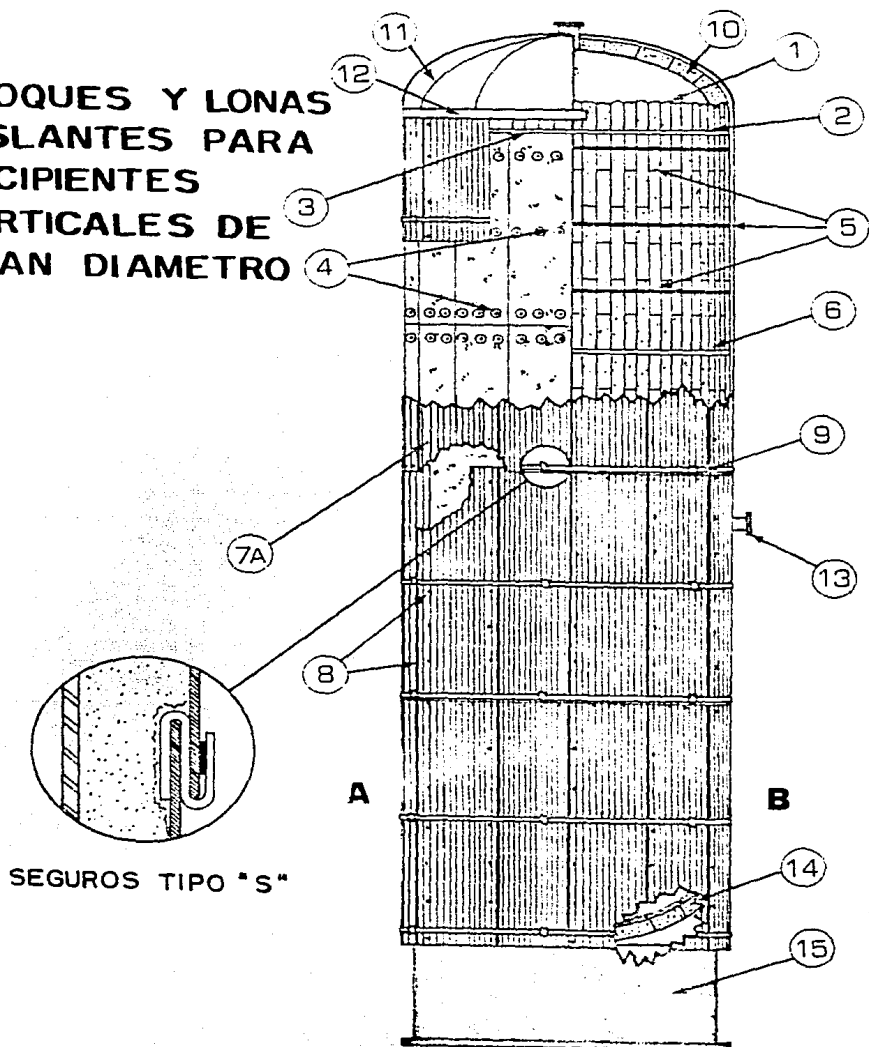
1.- Pared del recipiente.

- 2.- Aro soportador para el aislamiento de la tapa superior del tanque.
- 3.- Lona aislante asegurada con el aro soportador y fijada a la pared del recipiente por medio de pernos soldados a la superficie del mismo.
- 4.- Pernos alineados a cada 24 pulgadas en línea vertical y cada 13 pulgadas en línea horizontal.
- 5.- Bloques rígidos aislantes aplicados con sus uniones intercaladas.
- 6.- Aro soportador intermedio para el aislamiento.
- 7.- Lámina lisa o corrugada con tornillos o pijas (7A).
- 8.- Tornillos o pijas espaciadas a cada 18 pulgadas.
- 9.- Bandas de acero inoxidable y seguro mecánico tipo "S".
- 10.- Bloques aislantes para las cabezas del recipiente (ver la figura No. V.34).
- 11.- Cubierta metálica prefabricada para la cabeza o tapa del recipiente (ver la figura No. V.34).



- 12.- Escurrideras en la unión del cuerpo con la tapa del recipiente.
- 13.- Boquillas del recipiente (ver la figura No. V.32).
- 14.- Bloques aislantes para el fondo del recipiente (ver la figura No. V.33).
- 15.- Faldón soportador del recipiente.

**BLOQUES Y LONAS AISLANTES PARA  
RECIPIENTES  
VERTICALES DE  
GRAN DIAMETRO**



SEGUROS TIPO "S"

**FIGURA N. V-24**

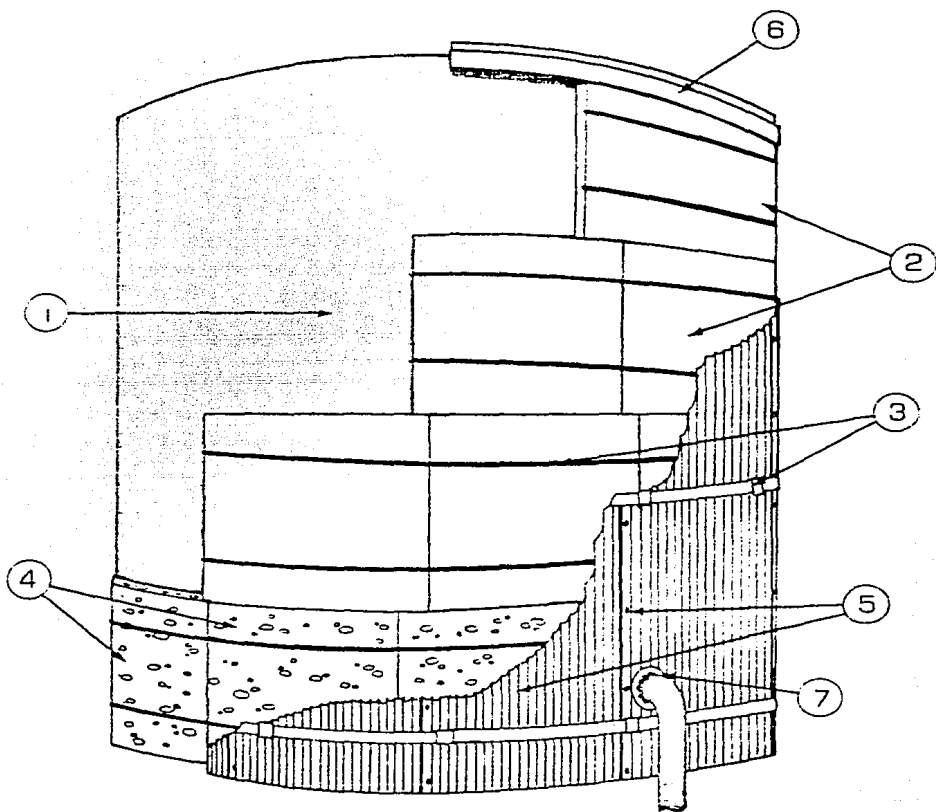
Figura No. V.25.

Tablas o placas rígidas aislantes para superficies curvas.

Las tablas o placas rígidas aislantes de vidrio celular, - fibra de vidrio o fibra mineral son usadas en primer lugar sobre superficies planas, no obstante, cuando se requieren las tablas - o placas rígidas aislantes se pueden fabricar preformadas para - cubrir superficies curvas de recipientes, patas de soportes, fal - dones y otras superficies irregulares.

Materiales: Tablas o placas rígidas aislantes, láminas me - tálicas lisas o corrugadas, tornillos o remaches y bandas de ace - ro inoxidable.

- 1.- Pared del recipiente.
- 2.- Tablas o placas rígidas aislantes.
- 3.- Bandas de acero inoxidable y seguro mecánico tipo "S".
- 4.- Aislamiento de vidrio celular para la primera capa en el - fondo del tanque en áreas de salpicadura de agua.
- 5.- Lámina metálica lisa o corrugada fijada con tornillos o re - maches.
- 6.- Escurridera con sellado de masticado en las conexiones.



TANQUE ALMACENAMIENTO

**TABLAS O PLACAS  
RIGIDAS AISLANTES  
PARA SUPERFICIES CURVAS**

FIGURA N.º V-25

Figura No. V.26.

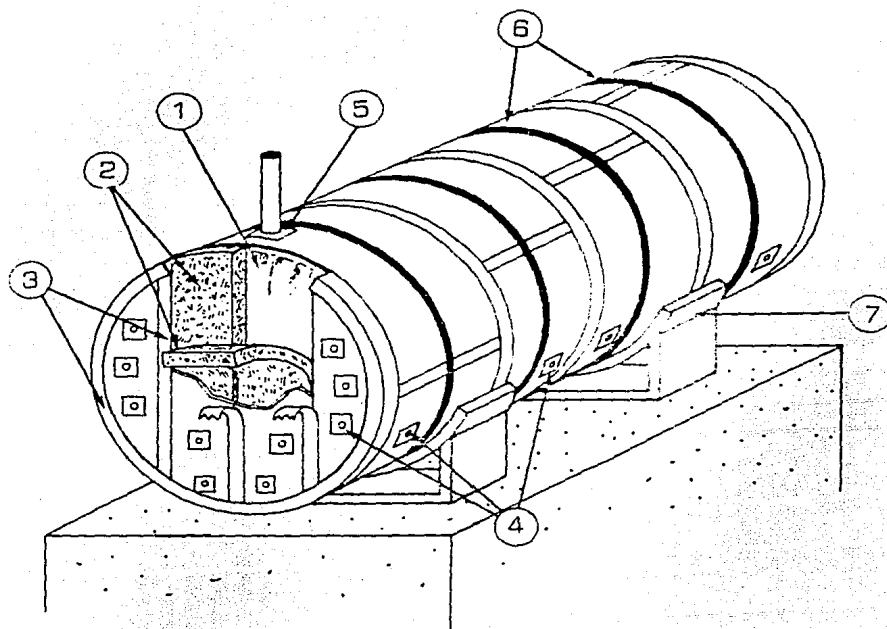
Aislamiento rígido para enrollar.

Los recipientes y tanques que tengan un diámetro mayor de 30 pulgadas deberán aislarse usando un aislamiento rígido para enrollar. Los aislamientos rígidos para enrollar pueden instalarse pegando segmentos de fibra de vidrio, vidrio celular, poliuretano, etc., a la superficie metálica del recipiente o pueden ser adquiridos prefabricados. Para aplicaciones a temperaturas bajas se requiere una barrera de vapor en las penetraciones y en los sujetadores mecánicos.

Materiales: Aislamiento fibroso rígido para enrollar tela o papel para barrera de vapor, bandas de plástico o acero inoxidable, pernos soldados a la superficie del recipiente, grapas y mastique para sellar.

- 1.- Pared del recipiente.
- 2.- Aislamiento rígido fibroso para enrollar provisto de una barrera de vapor en su cara exterior.
- 3.- Tela o papel para barreras de vapor pegada con grapas o pegamento.

- 4.- Fijadores mecánicos (pernos soldados a la superficie del recipiente).
- 5.- Escurridera sellada con mastique (ver la figura No. V.32).
- 6.- Bandas de plástico o acero inoxidable.
- 7.- Soportes y patas del recipiente (ver la figura No. V.33).



TANQUE DE ALMACENAMIENTO

AISLAMIENTO RIGIDO PARA ENROLLAR

Figura No. V.27.

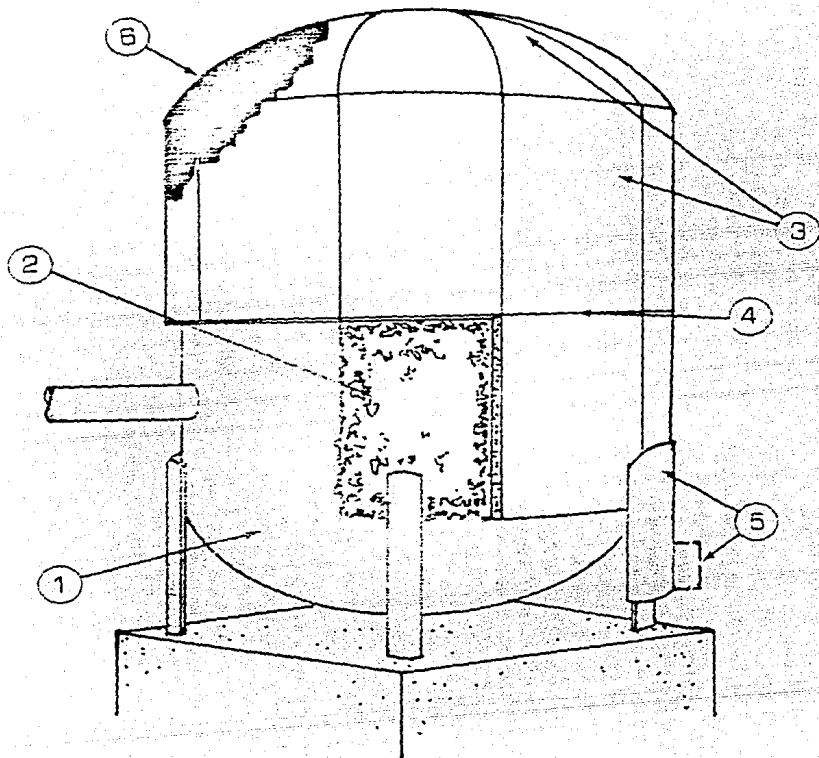
Hojas elastómeras (caucho celular).

Las hojas de caucho celular pueden ser aplicadas en una sola capa o en capas múltiples. Cuando se requiere de acabados protectores, estos deberán ser compatibles con el aislamiento utilizado.

Materiales: Hoja de caucho celular, pegamentos retardantes al fuego y aislamiento de caucho celular para tuberías.

- 1.- Superficie del recipiente.
- 2.- Pegamento de contacto aplicado a la superficie del recipiente y a las hojas de caucho celular.
- 3.- Hojas de caucho celular aplicadas en forma rectangular o triangular.
- 4.- Uniones del aislamiento selladas con pegamento de contacto.
- 5.- Parte del recipiente forradas con una sección de aislamiento de caucho celular para tuberías (las partes y protuberancias deberán aislarse hasta una distancia mínima de cuatro veces el espesor del aislamiento a partir de la superficie del recipiente para prevenir la condensación).
- 6.- Recubrimiento protector cuando se requiere.





TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
A BAJA TEMPERATURA

HOJAS ELASTOMERAS  
(CAUCHO)

FIGURA N. V-27

Figura No. V.28.

Bloques aislantes para recipientes expuestos a temperaturas extremas.

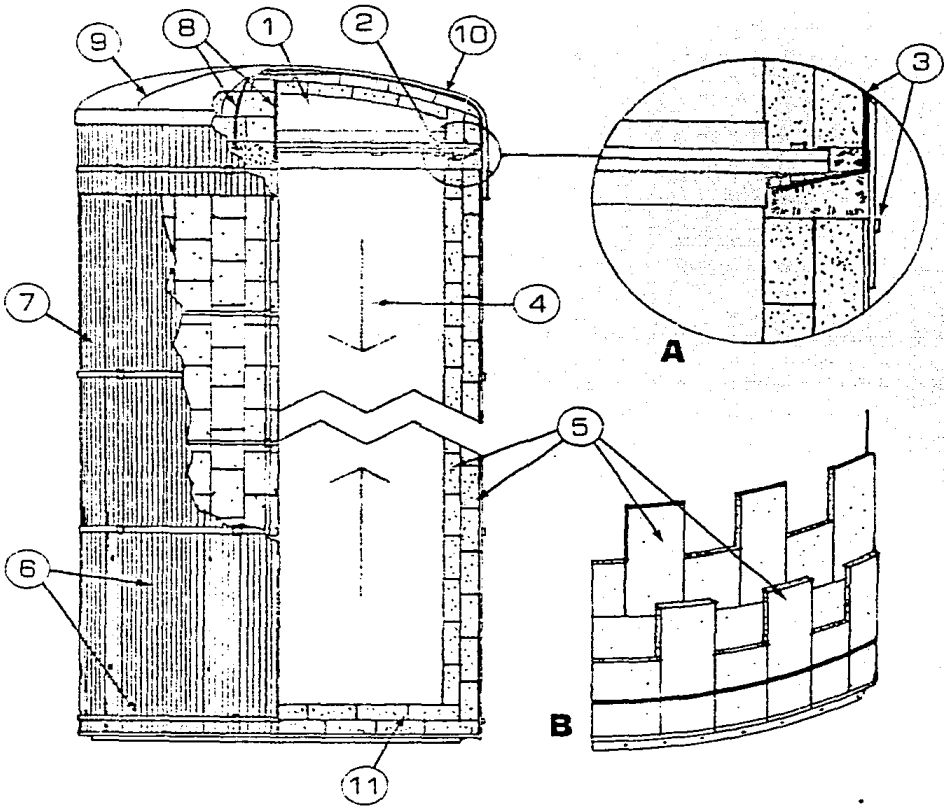
Las instalaciones para temperaturas altas (arriba de  $316^{\circ}\text{C}$ ) o para refrigeración (abajo de  $0^{\circ}\text{C}$ ) tales calderas tanques para refrigerantes y equipos de procesos pueden requerir de una capa doble de bloques aislantes. Fijación del aislamiento con bandas metálicas y el diseño de juntas de expansión o contracción. La figura No. V.28 ilustra el aislamiento para temperaturas extremadamente bajas. Métodos similares son empleados para superficies a temperaturas altas.

Detalle "A".- Junta de contracción en la etapa del recipiente.

Detalle "B".- Construcción de capa doble intercalada.

Materiales: Bloques rígidos aislantes, lonas de fibra de vidrio o fibra mineral, cubiertas metálicas protectoras, bandas de acero inoxidable, cable trenzado y masticado para barreras de vapor.

- 1.- Superficie del recipiente.
- 2.- Juntas de contracción rellena con lona aislante para absorber la contracción lineal del recipiente.
- 3.- Unión entre la junta de expansión fabricada con las cubiertas metálicas protectoras del cuerpo del recipiente y la tapa del mismo.
- 4.- Dirección de la construcción lineal.
- 5.- Construcción del aislamiento en capas dobles intercaladas.
- 6.- Cubierta metálica protectora.
- 7.- Bandas de acero inoxidable.
- 8.- Aislamiento de la tapa del recipiente.
- 9.- Cubierta protectora metálica prefabricada para la tapa del recipiente.



**BLOQUES AISLANTES PARA  
RECIPIENTES EXPUESTOS  
A TEMPERATURAS EXTREMAS**

Figura No. V.29.

Secciones de tubo rígido aislante para recipiente de diámetro pequeño.

Los recipientes, tanques, intercambiadores de calor chimeneas cilíndricas y escapes para gases a alta temperaturas que tengan un diámetro menor de 30 pulgadas podrán aislarse con aislamientos en forma de secciones de tubo rígido para tuberías de diámetro grande.

A).- Aplicación sobre recipientes verticales.

B).- Aplicación sobre intercambiadores tubulares horizontales.

Materiales: Aislamiento en forma de secciones de tubo rígido, discos formados de bloques rígidos aislantes, relleno aislante (cualquier pieza de bloques de fibra de vidrio), cubiertas metálicas protectoras, tornillos, remaches y bandas de acero inoxidable.

1.- Pared del recipiente.

2.- Aro soportador para el aislamiento.

- 3.- Secciones de tubo rígido aislante (medias cañas).
- 4.- Discos de aislamiento rígido.
- 5.- Relleno con desperdicio de aislamiento.
- 6.- Cubierta metálica protectora.
- 7.- Tornillos o remaches.
- 8.- Bandas de acero inoxidable.
- 9.- Boquillas del recipiente.
- 10.- Aislamiento biselado junto a las uniones de las bridas para permitir la remoción de los pernos o tornillos, el bisel deberá recubrirse con masticque para proteger el aislamiento.

SECCIONES DE  
TUBO RIGIDO  
AISLANTE PARA  
RECIPIENTES DE  
DIAMETRO  
PEQUEÑO

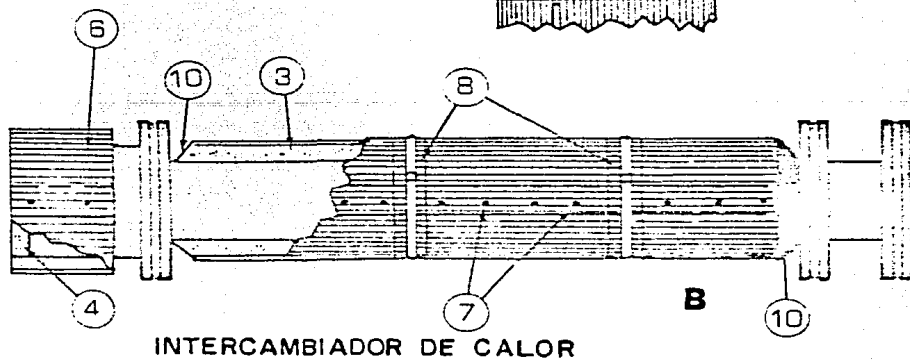
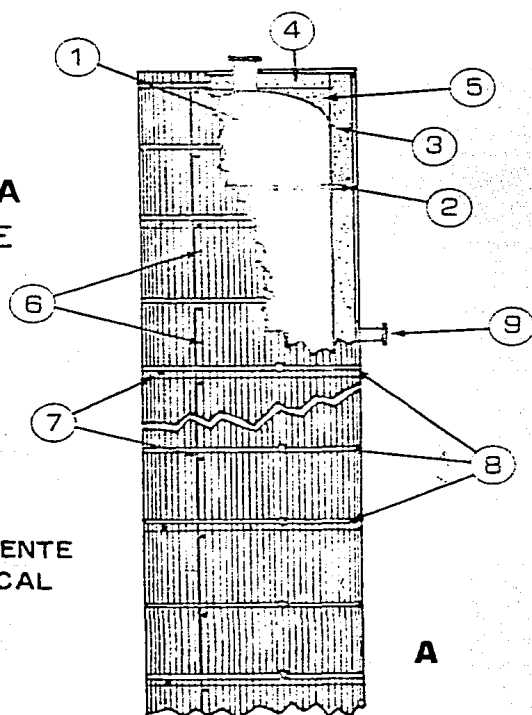


FIGURA N.V-29

Figura No. V.30.

Soportes y fijadores para aislamiento de recipientes horizontales de gran diámetro.

Los recipientes horizontales, dependiendo de la curvatura de su superficie y de los requerimientos de temperatura, pueden aislarse usando los mismos materiales y métodos de aplicación - descritos e ilustrados en las figuras No. V.24, V.25 y V.26. La única diferencia en el procedimiento de aplicación sobre recipientes horizontales es la fijación del aislamiento a lo largo - de la mitad o tercera parte inferior del recipiente. El método - ilustrado en la figura No. V.30. pertenece al aislamiento sobre - recipientes horizontales con un diámetro exterior de 72 pulgadas o mayores (las bandas metálicas son continuas alrededor del aislamiento del cuerpo del recipiente cuando éstos tienen un diámetro menor de 72 pulgadas).

Material: Aislamiento (bloques rígidos, tablas, placas rígidas, lonas flexibles, etc.), bandas de acero inoxidable, varillas soportadoras para el aislamiento (suministradas por el fabricante).

1.- Bloques rígidos aislantes.

2.- Línea de centro longitudinal del recipiente.



3.- Varillas soportadoras fijadas al casco del recipiente en:

A) Línea central del recipiente.

B) 10° o 15° debajo de la línea central del recipiente.

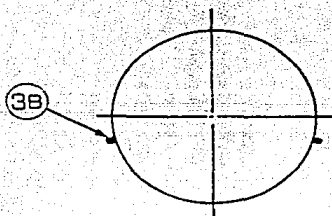
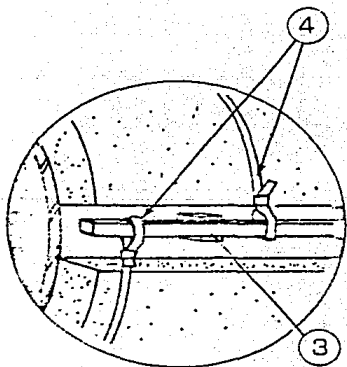
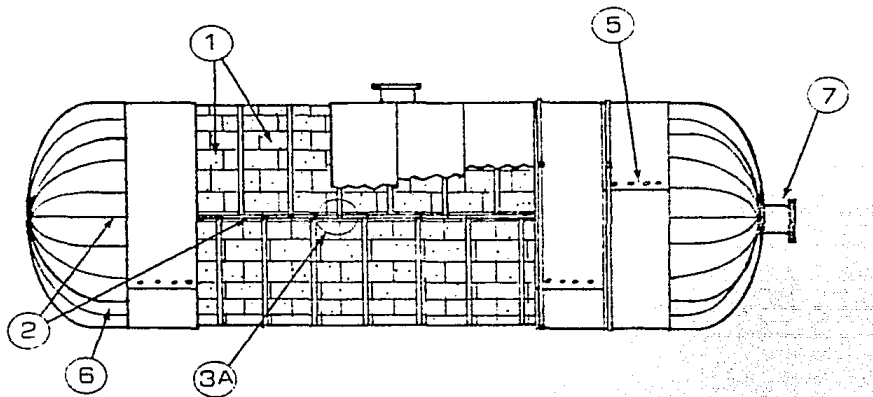
4.- Bandas fijadas a las varillas soportadoras.

5.- Cubierta metálica protectora.

6.- Cubierta metálica protectora prefabricada para las cabezas o tapas del recipiente.

7.- Ver la figura No. 35 para el tratamiento de las boquillas.

# SOPORTES Y FIJADORES PARA AISLAMIENTO DE RECIPIENTES HORIZONTALES DE GRAN DIAMETRO



VARILLAS SOPORTADORAS

FIGURA N. V-30

Figura No. V.31.

Tubería o intercambiadores tubulares encajados.

Las combinaciones de cubiertas metálicas protectora y bloques aislantes pueden ser aplicadas en arreglos de tuberías en forma de enrejados, intercambiadores u otras formas irregulares de enrejados. Cualquier aislamiento rígido para altas temperaturas pueden ser usados.

A).- Intercambiadores de calor dobles.

B).- Intercambiadores de calor múltiples.

Materiales: Bloques rígidos y secciones de tubo rígido aislante, bandas metálicas, mastique, cubiertas metálicas protectoras y tornillos o remaches.

- 1.- Superficie del intercambiador.
- 2.- Boquillas del intercambiado, conexiones de tubos, uniones, cabezas y tapas o extremos del recipiente.
- 3.- Secciones de tubo rígido.
- 4.- Bloques aislantes.

- 5.- Cubiertas metálicas protectoras.
- 6.- Tornillos o remaches.
- 7.- Bandas metálicas.
- 8.- Aislamiento biselado para permitir el acceso a bridas recubierto con mastique para evitar el deterioro del aislamiento.
- 9.- Acabado en los extremos del intercambiador con cemento o mastique.
- 10.- Relleno en los extremos con bloques rígidos aislantes.

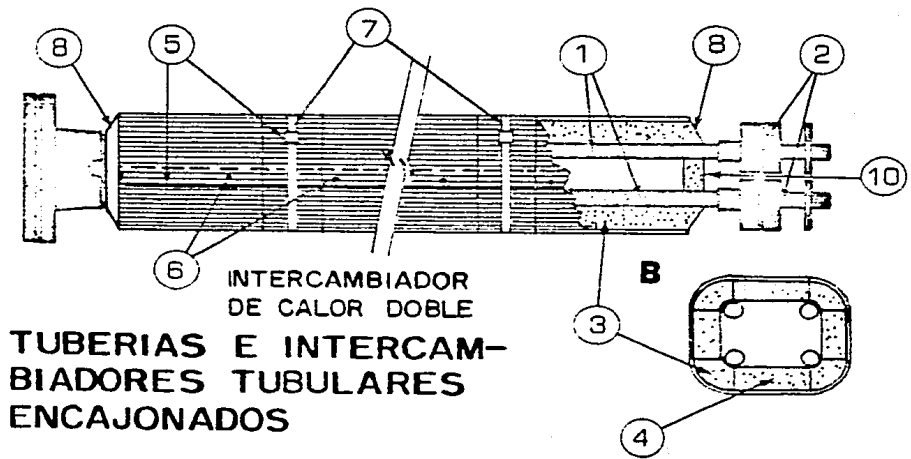
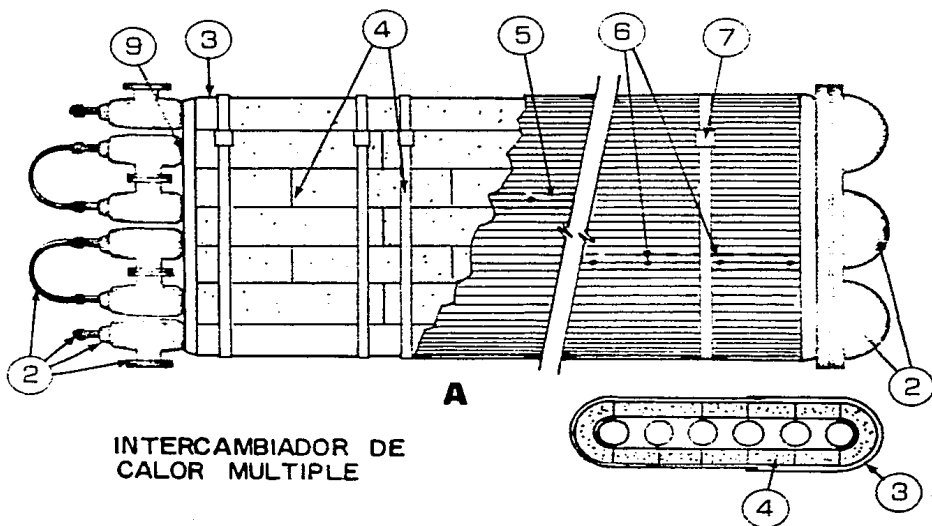


FIGURA N. V-31

Figura No. V.32.

Aislamiento de boquillas, entradas hombre y registros.

Dependiendo del tamaño de la boquilla, de la entrada hombre o del registro, de la orientación con respecto al recipiente y la temperatura del mismo, el aislamiento puede sellarse en una de las siguientes formas:

A).- Escurridera hecha con mastique en boquillas sin aislamiento.

B).- Cubiertas aislantes para entradas hombre o registros fijados con afianzadores mecánicos.

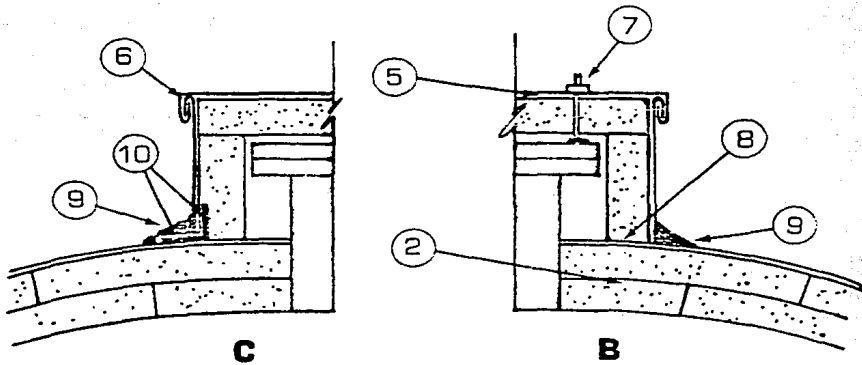
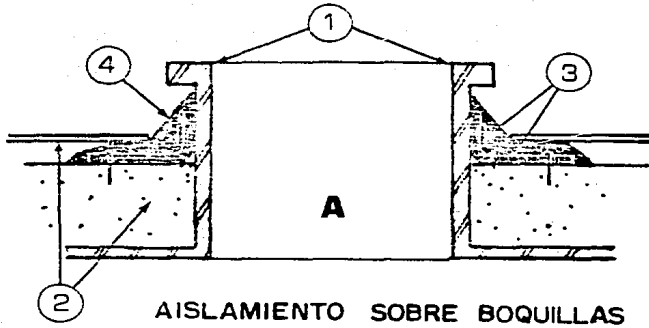
C).- Cubiertas aislantes para entradas hombre o registros fijadas con mastique para aplicaciones a baja temperatura.

Materiales: Mastique para barreras de vapor, escurrideras metálicas preaisladas para entradas hombre o registros, afianzadores mecánicos y bandas metálicas.

1.- Boquillas, entra hombre o registro sin aislamiento.

2.- Material aislante con cubierta metálica protectora.

- 3.- Escurridera metálica enrollada en la boquilla.
- 4.- Mastique para barrera de vapor extendido bajo la cubierta metálica protectora.
- 5.- Cubierta metálica protectora para entrada hombre o registros, rellena con material aislante.
- 6.- Costura metálica o extremos de la tapa.
- 7.- Cubierta metálica protectora fijada con tornillos o pernos soldados a la tapa de la entrada hombre o registros.
- 8.- Cubierta metálica protectora del registro.
- 9.- Sellado con mastique.
- 10.- Escurridera enrollada alrededor del aislamiento de la entrada hombre o registro.



**AISLAMIENTO SOBRE ENTRADAS  
HOMBRE Y REGISTROS**

**AISLAMIENTO DE BOQUILLAS Y ENTRADAS  
HOMBRE Y REGISTROS**



Figura No. V.33.

Aislamiento de cabezas inferiores de recipientes, patas y faldones y accesorios de fijación.

En la figura No. V.33. se ilustran tres métodos para fijar el aislamiento en cabezas inferiores, patas y faldones de recipientes verticales.

A).- Bloques aislantes fijados con alambre atados en anclas.

B).- Aislamiento y acabado con cemento reforzado con tela de alambre al fondo del recipiente.

C).- Lonas, tablas o placas aislantes rígidas para enro-  
llar fijados con pernos o tornillos soldados al fondo del reci-  
piente.

Todos los detalles ilustrados muestran faldones rectos y -  
cubiertas metálicas sobre el aislamiento exterior con una aplica-  
ción de material no combustible en la parte inferior del aisla-  
miento.

El tratamiento aislante del cuerpo y del fondo del reci-  
piente deberá extenderse bajo las patas y faldones hasta aproxi-  
madamente cuatro veces el espesor del aislamiento para normali--

zar la temperatura del metal.

**Materiales:**

**A**

Bloques aislantes, anclas de alambre y alambres.

**B**

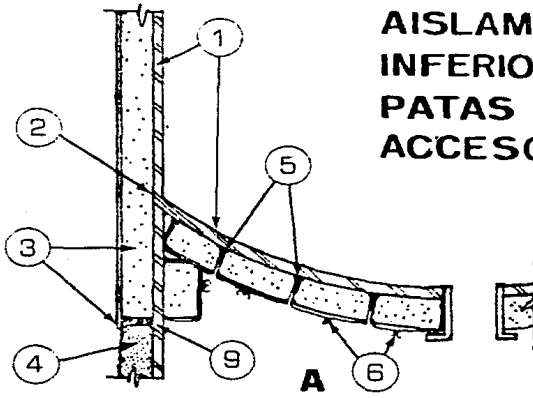
Cemento aislante o para acabados, tela de alambre, anclas de alambre y amarre de alambre.

**C**

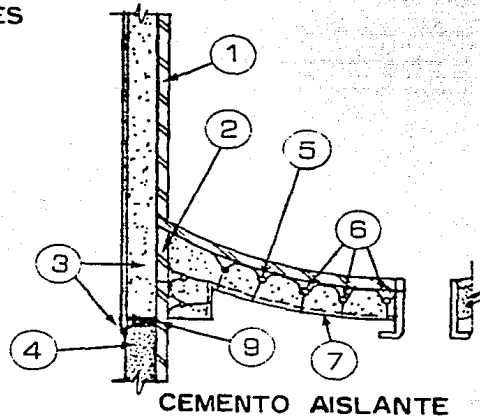
Aislamiento rígido para enrollar y afianzadores mecánicos.

- 1.- Pared del recipiente.
- 2.- Patas o faldones del recipiente.
- 3.- Aislamiento y cubierta metálica protectora.
- 4.- Material aislante resistente al fuego.
- 5.- Anclas de alambre.
- 6.- Amarres de alambre.
- 7.- Tela de alambre.
- 8.- Afianzadores mecánicos.
- 9.- Aro soportador para el aislamiento.

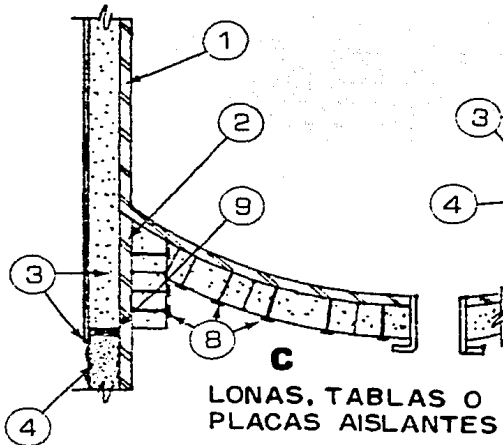
# AISLAMIENTO DE CABEZAS INFERIORES DE RECIPIENTES, PATAS Y FALDONES Y ACCESORIOS DE FIJACION



**A**  
BLOQUES AISLANTES



**B**  
CEMENTO AISLANTE



**C**  
LONAS, TABLAS O  
PLACAS AISLANTES

Figura No. V.34.

Instalación y fijación de aislamiento para tapas o cabezas de recipientes verticales.

El aislamiento de cabezas del recipiente de gran diámetro deberá seguir la curvatura del recipiente al contrario del tratamiento para cabezas de recipientes ilustrado en la figura No. V.29. La aplicación del aislamiento se puede hacer como se ilustra en la figura No. 36, para cabezas inferiores o puede asegurarse con aros flotantes de alambres como se ilustra aquí. La protección contra el medio ambiente para la tapa o cabeza puede ser fabricada de lámina metálica o de capas de mastique.

A).- Aro flotante de alambre o bandas metálicas.

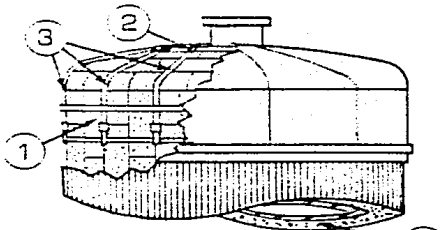
B).- Fabricación de la cubierta protectora metálica de la tapa o cabeza del recipiente.

C).- Aislamiento de tapas o cabezas planas.

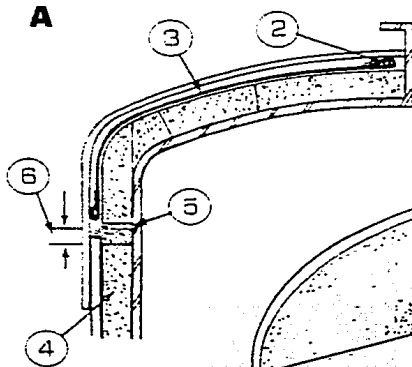
Materiales: Alambre, bandas, láminas metálicas, tornillos, material aislante, mastique y tela de alambre.

1.- Aislamiento de la tapa o cabeza del recipiente.

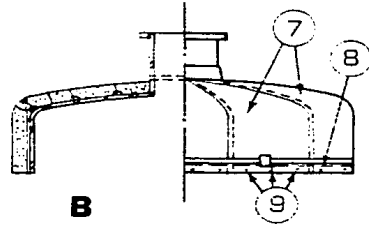
- 2.- Aro flotante del alambre.
- 3.- Bandas metálicas espaciadas a cada 12 pulgadas.
- 4.- Aislamiento del cuerpo del recipiente.
- 5.- Aro soportador para el aislamiento de la tapa o cabeza.
- 6.- Unión de una pulgada entre el aro soportador y el aislamiento del cuerpo del recipiente rellena con fibra mineral o de vidrio.
- 7.- Segmentos de láminas planas cortadas en forma triangular.
- 8.- Bandas metálicas para el aislamiento de la cabeza del recipiente.
- 9.- Láminas metálicas atornilladas cada 3 pulgadas en línea vertical y horizontal.
- 10.- Aislamiento altamente denso para soportar el peso del personal de operación.
- 11.- Mastique reforzado con tela de alambre.
- 12.- Escurridera sellada con mastique.
- 13.- Vigas de acero estructural usadas para reforzar la estructura de la tapa del recipiente.



FIJACION DEL AISLAMIENTO  
CON AROS FLOTANTES



## INSTALACION Y FIJACION DE AISLAMIENTO PARA TAPAS O CABEZAS DE RECIPIENTES VERTICALES



CUBIERTA METALICA PROTECTORA  
DEL AISLAMIENTO DE LAS CABEZAS

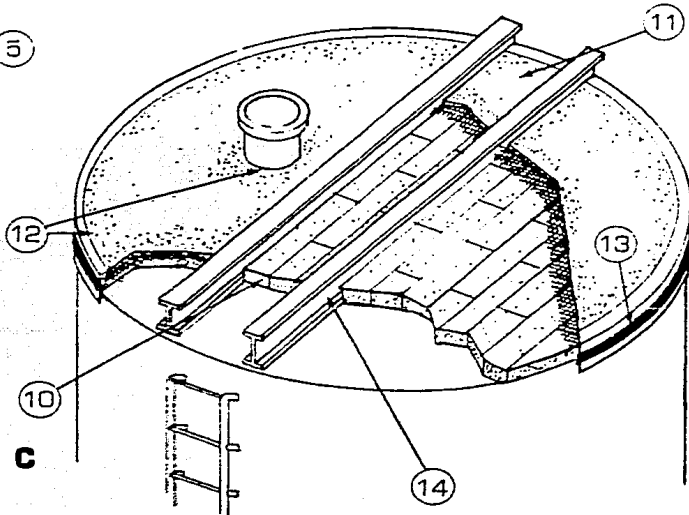


FIGURA N. V - 34

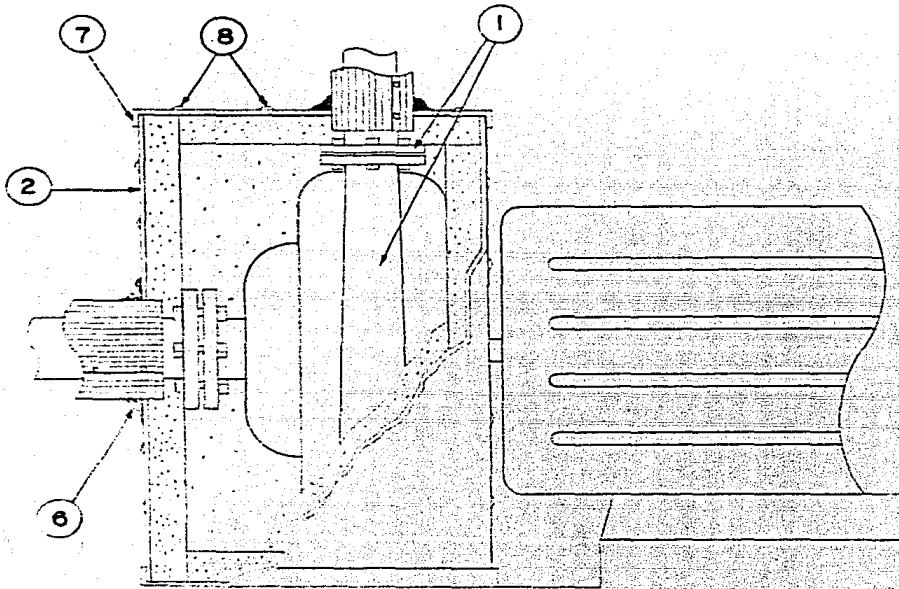
## Figura No. V.35.

Cubierta metálica y aislamientos removibles para equipos.

La cubierta de equipos fabricados en secciones de metal rellenas con varios materiales aislantes tales como fibra de vidrio, hojas de caucho celular, tablas de fibra mineral, etc., las cubiertas deberán encerrar todas las bridas u otras conexiones - al mismo tiempo que al cuerpo del equipo y deberán ser construidas lo suficientemente robustas para soportar vibraciones y manipuleo excesivo.

**Materiales:** Cubierta metálica con el aislamiento adherido a su superficie, tornillos o remaches y masticado.

- 1.- Superficie y bridas de bombas u otros equipos.
- 2.- Cubierta metálica rellena con material aislante.
- 3.- Secciones de la cubierta metálica protectora.
- 4.- Uniones deslizantes o traslapadas fijadas con tornillos o remaches.
- 5.- Huecos o cortes para las protuberancias o conexiones.
- 6.- Sellado con masticado.
- 7.- Costura o unión metálica.
- 8.- Tornillos o remaches.



BOMBA

**CUBIERTAS METALICAS  
Y AISLAMIENTO  
REMOVIBLE PARA  
EQUIPOS**

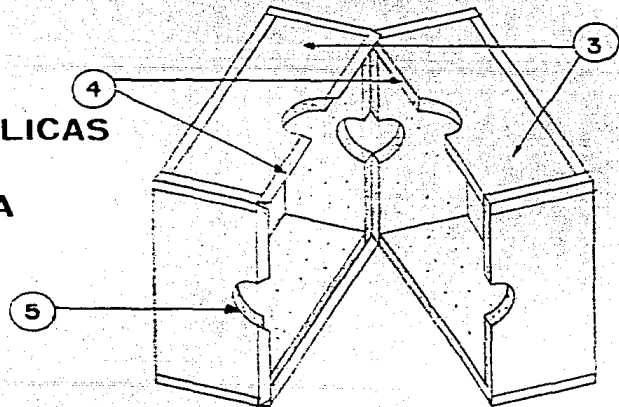


FIGURA N. V-35



## C A P I T U L O VI

## COORDINACION DE UN PROYECTO

## VI.1.- COORDINACION DEL CONTRATO ORIGINAL.

Unas especificaciones perfectamente definidas y una reunión o junta aclaratoria entre los representantes de la Firma de Ingeniería que elaboró el proyecto, el contratista y el cliente precia al inicio de la instalación del aislamiento puede eliminar o evitar gran parte de los problemas que de otra manera podrían desarrollarse durante la fase de construcción del proyecto.

El control de calidad en proyectos industriales y comerciales involucran la representación de arquitectos e ingenieros, mecánicos o personal de mantenimiento y al contratista en aislamiento. Es recomendable que las tres partes trabajen coordinadamente desde el inicio del trabajo hacia la inspección final y liberación en todo el sistema.

Las responsabilidades del contratista en aislamiento consiste básicamente en la inspección apropiada y la organización de sus trabajadores, la coordinación de todos los especialistas involucrados en la preparación de los sistemas que serán aislados y protección de la instalación aislada contra daños que pueda sufrir hasta la inspección final y liberación de todo el sis-

tema aislado.

## VI.2.- INSPECCION PREVIA A LA INSTALACION DEL AISLAMIENTO.

Para eliminar cambios adicionales hechos por el contratista en aislamiento o errores en el diseño de sistemas aislantes, se recomienda realizar una inspección total del diseño y la instalación de los sistemas mecánicos por todas las partes involucradas en el diseño antes del inicio de la instalación del aislamiento. Esta inspección incluye lo siguiente:

- A) Superficies.- Las superficies de todos los equipos y tuberías deberán estar secas, limpias y libres de óxidos.
- B) Soportes.- Todos los soportes deberán ser del tamaño adecuado y localizados correctamente de acuerdo a las normas y especificaciones. Todos los soportes, tensores o guías en tuberías para aplicaciones a temperaturas bajas deberán estar libres de obstáculos para permitir un espacio suficiente para un tratamiento aislante para controlar la condensación.
- C) Espaciamientos.- Deberá disponerse de espacios suficientes para el espesor del aislamiento que será aplicado y para el personal que lo aplicará.
- D) Venas de vapor.- Las venas de vapor o las resistencias-

eléctricas para calentamiento deberán instalarse tal y como lo indiquen las especificaciones antes de la instalación del aislamiento.

### VI.3.- INSPECCION FINAL Y LIBERACION DE LOS SISTEMAS.

La inspección final deberá ser hecha por todas las partes involucradas en el proyecto cuando la instalación sea completada o tan pronto como sea posible después que se haya terminado de instalar el aislamiento. Un período de garantía o fecha de liberación oficial deberá ser acordado al mismo tiempo que la responsabilidad de la protección del aislamiento contra daños deberá ser transferido al personal de operación a quien corresponda tanto en los sistemas comerciales como en los industriales. En ese momento la instalación completa es aceptada en su totalidad.

La instalación deberá ser inspeccionada para determinar que el aislamiento es del espesor apropiado, que sus acabados es tan de acuerdo a como lo marcan las normas o especificaciones y que todos los puntos del contrato han sido cumplidos.

### VI.4.- RESUMEN.

La coordinación con el contratista en el aislamiento y una inspección apropiada antes del inicio de la instalación del aislamiento y al final de la misma son las protecciones más impor--

tantes que puede darle a su inversión el cliente tanto en lo que respecta a la instalación comercial o industrial como en lo que respecta al sistema aislante mismo.

## C O N C L U S I O N E S

El diseño y la instalación de sistemas aislantes en instalaciones industriales y comerciales siempre ha sido un factor importante para propósitos de ahorro de energía, para la seguridad de las instalaciones industriales y comerciales y para la seguridad del personal que los operará o que hará uso de ellas. Tal importancia se ha incrementado debido a los altos costos de los energéticos y a que las normas de seguridad se han ido depurando haciéndose más estrictas en su aplicación.

Por lo anterior observamos que es necesario que todas aquellas personas relacionadas con el diseño y construcción de instalaciones industriales y comerciales tengan a la mano toda la información posible acerca de sus especialidades.

Con el presente trabajo pretendemos contribuir a ello con la información que presentamos, así como con las sugerencias que hacemos a lo largo del texto basadas en la experiencia que hemos adquirido en el poco tiempo que tenemos de haber egresado de esta Universidad en nuestros respectivos trabajos en Petróleos Mexicanos y en la Comisión Federal de Electricidad.

**VII.- APENDICE**

**LAS TABLAS DE LA No. VII.1 A LA VII.6  
FUERON TOMADAS DEL LIBRO "AISLAMIENTO  
TERMICO DE TUBERIAS Y DEPOSITOS" DE LA  
PRIMERA EDICION (1976) EDITADO POR LA  
EDITORIAL LABOR.**

Tabla VII.1. Forma física e idoneidad en general de los materiales aislantes

Forma física	Necesario para			
	Tuberías	Tanques y equipos	Bridas y válvulas	Formas irregulares
Rígido	Se recomienda para el uso en general	No se recomienda cuando es probable que se produzcan excesivas contracciones o expansiones	Aconsejable	No se recomienda
Relleno suelto	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda	Se recomienda si puede encerrarse la forma en una caja
Flexible	Solamente se recomienda cuando va a utilizarse cubiertas protectoras metálicas	Se recomienda para el uso en general	Se recomienda especialmente cuando se requiere un acceso frecuente	Puede utilizarse pero resulta menos satisfactorio que el aislamiento plástico o el relleno suelto
Banda flexible	Solamente se recomienda para las instalaciones muy pequeñas y para los trabajos temporales	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda
Plástico	Solamente se recomienda para los pequeños sistemas complejos	Se recomienda en forma pulverizada para los grandes depósitos	Se recomienda para las válvulas pequeñas cuando van a utilizarse materiales rígidos para el resto del sistema	Se recomienda cuando resulta difícil el cerramiento; se aconseja la forma pulverizada o pistola para las canalizaciones rectangulares
Lámina	No se recomienda	Puede usarse en el caso que se requiera una gran ligereza	No se recomienda	No se recomienda

Tabla VII. 2.- Materiales aislantes y cubiertas protectoras que se recomiendan  
( I.- Impermeable P.M. - Protección contra abuso mecánico )

		Recubrimiento					
		Lámina metálica	Asbesto-cemento	Composición aislante de endurecimiento duro	Compuesto Asfáltico bituminoso <sup>3</sup>	Cinta impregnada con PVC y lámina de poli-isobutileno	Cartón alquitranado
Uso		I. y P.M.	I. y P.M.	P.M. solamente	I. y P.M.	I. solamente	I. solamente
Forma física del aislamiento	Rígido	Muy buena. Normalmente resulta cara	Muy bueno sobre tela metálica	Bastante satisfactorio encima de tela metálica. Necesita ser impermeable en exteriores <sup>2</sup>	Bueno encima de tela metálica <sup>4</sup>	Bueno	Bastante satisfactorio cuando se fija con tela metálica
	Relleno suelto	Recomendable	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda
	Flexible	Muy buena	Puede usarse sobre metal bajo condiciones atmosféricas corrosivas	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda
	Plástico	Muy buena. Normalmente resulta cara <sup>1</sup>	Muy bueno sobre tela metálica	Bastante satisfactorio sobre tela metálica. Necesita ser impermeable en exteriores <sup>2</sup>	Muy bueno sobre tela metálica	Bueno	Bastante satisfactorio cuando se fija con tela metálica
	Lámina	Muy buena	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda	No se recomienda

- 1 Las cubiertas protectoras metálicas pueden resultar más económicas que el asbesto-cemento sobre los tramos largos de tuberías rectas
- 2 El producto asfáltico se recomienda para utilizarlo sobre la composición aislante de naturaleza rígida.
- 3 Pueden utilizarse varios tipos, pero los que generalmente resultan más adecuados son las emulsiones asfálticas acuosas
- 4 Puede aplicarse una pintura asfáltica sobre la tela de refuerzo si solo se requiere que resulte impermeable



Tabla VII 3.- Propiedades de algunos materiales aislantes para aplicaciones sobre superficies calientes

(E = Excelente; B = Bueno; R = Regular; M = Malo)

Forma física	Máxima temperatura admisible en el lado caliente (°C)	Composición o nombre corriente	Estructura	Peso específico aproximado en la forma aplicada (kg / m <sup>3</sup> )	Intervalo de conductividad térmica a la temperatura media que se indica en °C (kcal-m/m <sup>2</sup> -h-°C)	Resistencia a			Cubierta protectora que se prefiere	Observaciones
						Infiamabilidad	Absorción	Abuso mecánico		
Placas y trozos de tubos rígidos	315 - 343	Magnesia 85% y amianto	Mixta	102 - 216	0.050-0.052 a 38 0.064-0.068 a 205	B	M	R	Asbesto-cemento y tela metálica	
	427	Vidrio celular	Celular	128 - 160	0.066 a 150	B	E	B		
	536	Amianto	Fibroso	136 - 192	0.038-0.045 a 38 0.063-0.071 a 260	B	M	B	Asbesto-cemento	El asbesto-cemento tarda bastante más en secar sobre el amianto que sobre la magnesia al 85%.
RIGIDA Placas	536 - 1010	Diatomita y amianto	Mixta	240 - 720	0.021-0.092 a 36 0.063-0.097 a 260 0.087-0.156 a 425	B	M	R	Normalmente se cubre con un material para temperaturas más bajas	Normalmente se emplea como un aislamiento mixto con magnesia al 85%, cuando la temperatura en el lado caliente es elevada
	076 - 025	Silicato de calcio y amianto	Mixta	176	0.051 a 36 0.067 a 260	B	M	B	Asbesto-cemento	El uso del silicato de calcio evita la necesidad de un aislamiento compuesto para muchas aplicaciones
Placas y trozos de tubos rígidos	204 - 260	Fibra de	Fibroso	68 - 160	0.030-0.032 a 36 0.051 a 149	B	M	R	En interiores no se requiere. Para exteriores, asfalto modificado con caucho. Cubierta metálica donde se requiere resistencia contra abuso mecánico	En condiciones corrosivas puede usarse el asbesto-cemento sobre el aislamiento como un recubrimiento protector para las densidades más pequeñas, y sobre la tela metálica para las densidades más elevadas.

Tab la VII. 3.- (Continuación)

Forma física	Máxima temperatura admisible en el lado caliente (°C)	Composición o nombre corriente	Estructura	Peso específico aproximado en la forma aplicada(kg/m <sup>3</sup> )	Intervalo de conductividad térmica a la temperatura media que se indica en °C (kcal-m/ m <sup>2</sup> -h-°C)	Resistencia a			Cubierta protectora que se prefiere	Observaciones	
						Int (flamabilidad)	Absorción	Abuso mecánico			
RÍGIDA	Placas y trozos de tubos rígidos	232	Fibra de vidrio	Fibrosa	40-100	0.032-0.035 a 38 0.036-0.045 a 93 0.050 a 260	B	M	R	—	En condiciones corrosivas puede utilizarse el asbesto-cemento sobre el metal
		286	Lana de escorias (Impregnada con resinas)	Fibrosa	100-256	0.031-0.038 a 38 0.043-0.056 a 149 0.066 a 260	B	M	M	En interiores no se requiere. Pa exteriores, asfalto modificado con caucho. Cubierta metálica donde se requiere resistencia contra abuso mecánico	como un recubrimiento protector para las densidades más pequeñas y sobre tela metálica para las densidades más elevadas
		315	Lana de escorias	Fibrosa	266-320	0.066 a 260	B	M	M	—	En condiciones corrosivas puede usarse el asbesto-cemento sobre el metal con un recubrimiento protector. No resulta tan rígido como otros materiales en este grupo
RELLENO SUELTO	104-271	Roca cálcica	Granular	640	0.056-0.074 a 105 271	B	B	B	No se precisa ninguna	Se emplea para tuberías subterráneas por encima de las 04°C. Requiere una aplicación especial	
	452-538	Fibra de Vidrio	Fibrosa	44-144	0.030-0.031 a 38 0.051-0.056 a 149	B	M	M	Cubierta metálica	—	
	760	Fibra mineral	Fibrosa	80	0.026 a 0 0.032 a 38 0.042 a 149 0.053 a 232	B	M	M	Cubierta metálica	—	
	550-515	Lana de escorias	Fibrosa	100-192	0.031-0.035 a 38 0.055-0.066 a 260	B	M	M	Cubierta metálica	—	
	675	Perlita expandido	Granular	48	0.013 a 38 0.056 a 149 0.081 a 260	B	R	M	Cubierta metálica	Normalmente requiere relleno se o causa de la sedimentación.	

Tabla VII.3. (Continuación)

Forma física	Máxima Temperatura admisible en el lado caliente (°C)	Composición o nombre corriente	Estructura	Peso específico aproximado en la forma aplicada en (kg/m <sup>3</sup> )	Intervalo de conductividad térmica a la temperatura media que se indica en °C (Kcal-m/m <sup>2</sup> -h-°C)	Resistencia a			Cubierta protectora que se prefiere	Observaciones	
						Inflamabilidad	Absorción	Abuso mecánico			
Relleno suelto	1050	Diatomita	Granular	320-500	0.068 a 38 0.088 a 205 0.118 a 427	B	M	M	Cubierta metálica	En las cavidades verticales se precisa en densidades elevadas para impedir la sedimentación	
BANDA FLEXIBLE	Lonos	400-538	Amianto	Fibrosa	100-270	0.048-0.047 a 38 0.066-0.076 a 205	B	M	B	Tela metálica y asbesto-cemento	En condiciones corrosivas puede utilizarse el asbesto-cemento como recubrimiento protector
	Lonos y trozos de tubos	482-538	Fibra de vidrio	Fibrosa	96-144	0.030-0.036 a 38 0.056-0.064 a 205	B	M	R	Cubierta metálica	
		538-595	Lana de escorias	Fibrosa	100-192	0.031 a 38 0.052-0.056 a 205	B	M	R	Cubierta metálica	
		700	Fibra mineral	Fibrosa	112-144	0.031 a 38 0.063 a 205	B	M	R	Cubierta metálica	
	Bandas	260-538	Fibra de vidrio	Fibrosa	128-144	0.030-0.051 a 38	B	M	M	Cubierta metálica	
Cordones	343-510	Amianto	Fibrosa	—	0.100-0.154 a 38 0.133-0.195 a 260	B	M	B	Cubierta metálica	Si solo se utiliza temporalmente no necesita cubierta protectora	
P.LASTICA	329-343	Magnesia 65% y amianto	Mixta	176-200	0.050-0.061 a 38	B	M	R	Cubierta metálica	—	
	454	Amianto (aplicado a pistola)	Fibrosa	96-240	0.042 a 38 0.074 a 260	B	M	B	Tela metálica y asbesto-cemento	Puede usarse para fanques de almacenamiento, ductos y formas irregulares	
	538	Amianto	Fibrosa	352	0.042 a 38 0.074 a 260	B	M	R	Tela metálica y asbesto-cemento	Puede utilizarse para las formas irregulares	
	538-1010	Diatomita y amianto	Mixta	216-480	0.050-0.091 a 38 0.063-0.066 a 260	B	M	R	—	—	
	816	Fibra mineral y cemento	Mixta	448	0.078 a 38 0.097 a 260	B	B	B	—	—	
LAMINA	538	Lámina de aluminio	Láminas reflejantes fijas o corrugadas	3-12	0.026-0.036 a 10 0.074 a 260	B	B	M	—	—	

Tabla VII.4: Propiedades de algunos materiales aislantes adecuados para superficies frías

(E = Excelente; R = Regular; B = Buena; H = Elevada; L = Baja; M = Mala;

N = No inflamable; I = Incombustible)

Forma física	Máxima temperatura admisible en el lado caliente en (°C)	Composición o nombre corriente	Estructura	Densidad aparente aproximada en la forma aplicada en (kg/m <sup>3</sup> )	Intervalo de la conductividad térmica a la temperatura media que se indica en (kcal·m/m·h·°C)	% de absorción de agua en volúmen	Permeabilidad al vapor de agua en (g·cm/cm <sup>2</sup> ·h·mm Hg)	Resistencia a			Observaciones	
								Inflamabilidad	transmisión del vapor de agua	Abuso mecánico		
RIGIDA	Placas	49	Urea formaldehído	Celular	12.8	0.022 a 24 °C	H	H	I	M	M	————
	Placas y trozos de tubos	50	Ebonita expandida	Celular	64	0.024 a 0 °C 0.013 a -120 °C	1.5	0.12 x 10 <sup>-5</sup>	I	B	B	Se encoge cuando se expone al calor o a la acción directa de la luz solar
		76-79	Poliestireno expandido	Celular	16-32	0.024-0.026 a 0 °C 0.017 a -120 °C	1.5	(116-232)x10 <sup>-5</sup>	M	R	R	Pueden obtenerse cualidades no combustibles
		65	Corcho	Celular	112.1-192.2	0.032-0.034 a 0 °C 0.026 a -112.6 °C	12	(6.28-5.37)x10 <sup>-5</sup>	R	R	B	————
	Placas	65	PVC expandido	Celular	64-112	0.029 a 10 °C 0.019 a -120.5 °C	L	(0.04-0.07)x10 <sup>-5</sup>	I	E	B	————
	Placas y trozos de tubos	149	Poliuretano	Celular	32-40	0.029 a 0 °C 0.019 a -120 °C	L	(2.09-11.16)x10 <sup>-5</sup>	M	R	B	Pueden obtenerse cualidades no combustibles
427		Vidrio celular	Celular	126.1-160.2	0.043 a -18 °C	0.2	L	N	E	R	Resulta bastante quebradizo y fácilmente erosionable	
RELLENO SUELTO	482-537	Fibra de vidrio	Fibrosa	8-112	0.029-0.031 a 30 °C	H	H	N	M	M	————	
	593	Lana de roca	Fibrosa	10-160	0.026 a 0 °C	H	H	N	M	M	————	
	649-815	Lana de escorias	Fibrosa	46-112	0.038 a -5.6 °C 0.022 a -81.6 °C	H	H	N	M	M	————	
	704	Sílice	Granular	80	0.016 a 15.5 °C 0.013 a -101 °C	H	H	N	M	M	Posee muy baja conductividad térmica	
	871	Perlite expandida	Granular	48	0.031 a 10 °C 0.016 a -81.6 °C	H	H	N	M	M	Posee elevada fluencia libre. Tiene muy baja conductividad térmica	
	65	Corcho	Granular	104	0.032 a 0 °C	H	H	R	R	B	————	
FLEXIBLE	Placas	65	PVC	Celular	64-112	0.029	—	—	I	—	B	————
		46	Caucho celular	Celular	160-224	0.034-0.049 a 10 °C	5	L	M	B	B	Adecuada hasta 65 °C y hasta -56 °C para el uso intermitente

Tabla VII. 4.- (Continuación)

Forma física	Máxima temperatura admisible en el lado caliente en (°C)	Composición o nombre corriente	Estructura	Densidad aparente, aproximada en la forma aplicada en (kg/m <sup>3</sup> )	Intervalo de la conductividad térmica a la temperatura media que se indica en (kcal-m/m <sup>2</sup> -h-°C)	% de absorción de agua en volumen	Permeabilidad al vapor de agua en (g-cm/cm <sup>2</sup> -h-mm Hg)	Resistencia a			Observaciones
								Infiamabilidad	Transmisión del vapor de agua	Abuso mecánico	
FLEXIBLE Placas y trozos de tubos	140	Poliuretano	Celular	32-48	0.032 a 10°C	H	H	I	M	B	Si es necesario se forra con dos capas de PVC
PLASTICA	100	Poliuretano (aplicado a pistola.)	Celular	48-95.1	0.029	L	—	M	B	R	Pueden obtenerse cualidades no combustibles
	150	Espuma de poliuretano	Celular	32-40	—	L	(2.09-1.6) x 10 <sup>-5</sup>	B	R	B	

Tabla VII.5.- Propiedades de algunos materiales aislantes adecuados para la prevención y protección contra la condensación y congelación en tuberías

(B = Buena; R = Regular; M = Mala; H = Elevada; L = Baja; I = Incombustible)

Forma física	Máxima temperatura admisible en el lado caliente en (°C)	Composición o nombre corriente	Estructura	Densidad aparente aproximada en la forma aplicada en (kg/m <sup>3</sup> )	Intervalo de la conductividad térmica a la temperatura media que se indica en (kcal·m/m <sup>2</sup> ·h·°C)	% de absorción de agua en volúmen	Permeabilidad al vapor de agua en (g·cm/cm <sup>2</sup> ·h·mm·Hg)	Resistencia a			Observaciones
								Transmisión al vapor de agua	Inflamabilidad	Abuso mecánico	
R I G I D A de tubos rígidos	50	Ebonita expandida	Celular	64	0.024 a 0°C 0.013 a -129°C	1.5	0.012-10 <sup>-5</sup>	B	I	R	Se encoge cuando queda expuesto al calor o a la luz solar directa
	76.5-79.3	Poliestireno expandido	Celular	16-32	0.024-0.028 a 0°C	0.6-3	(1.16-2.32)·10 <sup>-5</sup>	R	M	R	Pueden obtenerse cualidades no combustibles
	65.6	Corcho	Celular	112-192	0.032-0.034 a 0°C 0.026 a -56.7	12	(6.26-8.37)·10 <sup>-5</sup>	R	R	B	-----
	149	Poliuretano	Celular	32-40	0.018-0.031 a 0°C 0.012-0.018 a -135°C	L	(2.09-11.16)·10 <sup>-5</sup>	R	M	B	Pueden obtenerse cualidades no combustibles
	260	Fibra de vidrio (impregnada con resina)	Fibrosa	112-100	0.032 a 38°C	Repelente al agua	H	M	B	R	Puede quemarse el ligante
	260	Fibra mineral (impregnada con resina)	Fibrosa	112-100	0.032 a 38°C	Repelente al agua	H	M	B	R	Puede quemarse el ligante
F L E X I B L E	616	Lana de escoria (impregnada con resina)	Fibrosa	144-160	0.033 a 38°C	Repelente al agua	H	M	B	R	Puede quemarse el ligante
	136	Poliuretano	Celular	32-48	0.032 a 10°C	H	H	M	M	B	Pueden obtenerse cualidades no combustibles
	149	Lana de escoria	Fibrosa	112-144	0.032 a 38°C	H	H	M	B	M	Puede quemarse el ligante
	482	Fibra de vidrio	Fibrosa	128	0.035 a 38°C	H	H	M	B	M	Puede quemarse la cobertura de papel o de algodón
	760	Fibra mineral	Fibrosa	96-144	0.031 a 38°C	H	H	M	B	M	

Tabla VII.5 - (continuación)

Descripción	Tiempo de secado promedio (en horas)	Densidad en (kg/litro)	Disolvente	Permeabilidad en (g-cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> -h-mmHg) x 10 <sup>-8</sup> excepto en donde se especifica de otra forma	Recubrimiento (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ) en una capa	Usos	Intervalo de temperatura (en la superficie exterior) en (°C)
Hojas de poliestir (mylar), Hojas tenaces, resistentes al desgarro, impermeables y flexibles en grosores de: 25 micras 50 micras 75 micras	—	—	—	0.001	Permite un traslape de aproximadamente 10 cm	Puede usarse en interiores y pegarse con adhesivos o mediante el sellado térmico. Resiste al aceite, a los disolventes y a los productos químicos, pero no resiste a la luz solar	Hasta 105°C
Tela revestida con PVC sellada con un copolímero de PVC / PVA	0.25	—	—	100	Permite un traslape de aproximadamente 10 cm	Se aplica en dos capas	Hasta 71°C
Recubrimiento lavable y tenaz a base de un copolímero de PVC/PVA en agua para aplicar a brocha	2.15	1.24	Agua	1 permio a 38°C y 90% de humedad relativa	1025 - 2000 (100-200 micras de espesor)	Se utiliza como un sistema de recubrimiento de dos capas, vidrio sobre lana para conseguir un acabado tenaz, resistente a la abrasión y al fuego	—
Cinta de polietileno (autofundible). Rollos tenaces y flexibles, en grosores de: 75 micras 100 micras 125 micras	—	—	—	0.625 (a 40°C y a 100% de humedad relativa)	Permite un traslape de aproximadamente 12 mm	Algunas veces se utiliza como envoltura de espiral sobre el aislamiento. Resulta inadecuado para utilizarlo sobre una tubería cercana a una pared o a otras tuberías	-6.7°C hasta 82°C
Mástique sellador del vapor relleno con aluminio	35	1.35	Hidrocarburo	2.5	348-676	Se utiliza en donde resulta importante la resistencia contra el fuego	Hasta 54.5°C

$$1 \text{ permio} = \frac{\text{grano}}{\text{hora} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{pulg Hg}} = 0.027459 \frac{\text{grano}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mm Hg}}$$

Tabla VII.6 - Propiedades de algunos materiales sellantes de vapor

Descripción	Tiempo de secado promedio (en horas)	Densidad en (kg/litro)	Disolvente	Permeabilidad en (g-cm/cm <sup>2</sup> -h-mm Hg) x 10 <sup>-8</sup> excepto en donde se especifica otra forma	Recubrimiento (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ) en una capa	Usos	Intervalo de temperatura (en la superficie exterior) en (°C)
Emulsión asfáltica con material fibroso para aplicar a paleta	24 - 28	1.1	Agua	9.0	104 (para un espesor de 3.2 mm)	Como impermeabilizante y para el sellado de vapor	—
Asfalto modificado con caucho para aplicación a brocha	24	1.01	Agua	1.95	1435 - 2000	Para el sellado de vapor; debe protegerse de la luz solar mediante una pintura de aceite	—
Asfalto modificado con caucho. Recubrimiento tenaz de baja permeabilidad para la aplicación con paleta. Es muy duradero	48	1.04	Agua	13	359 - 410	Adecuado para el sellado de vapor en el aislamiento por corcho, etc., en las instalaciones a bajas temperaturas.	Hasta 38° C
Asfalto modificado con caucho. Emulsión de consistencia gruesa para aplicar a paleta o a brocha. Después del secado queda totalmente inodora	24-28	1.02	Agua	0.5	615	Un sellador de vapor que se utiliza generalmente sobre el lado caliente del aislamiento en los almacenes frigoríficos	Hasta 38° C
Mezcla de asfalto con aceite para aplicar a paleta	—	—	Hidrocarburo	—	1845 - 2214 (para espesores entre 3.2 y 4.8 mm)	Se aconseja para la aplicación a la intemperie o en condiciones de elevada humedad. El aislamiento debe estar seco antes de aplicar el sellado	—
Emulsión de asfalto modificado con caucho para aplicar a paleta	48	1.03	Agua	—	Aprox. 615	Para el sellado de vapor; la superficie tenaz y la flexibilidad del material incrementan su resistencia al deterioro mecánico y al cuarteamiento	—
Hojas de polibutileno Disponible en hojas con espesores de: 1 mm 1.5 mm 2 mm	—	—	—	—	Permite un traslape de aproximadamente 10 cm	Se aplica en forma de lámina con un adhesivo adecuado. Es inflamable	-20 °C hasta 65 °C



## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aislamiento Térmico y Acústico  
Miguel Payá  
Ediciones C E A C 1983.
- 2.- Aislamiento Térmico de Tuberías y Depósitos  
Engineering Equipment Users Association  
Editorial Labor 1976.
- 3.- Especificaciones C F E - P N I - 77 - M - 32  
Insulation for Heat, Antisweat and Process Heating  
Laguna Verde Power Station Units 1 & 2  
Ebasco Service Inc. 1977.
- 4.- Especificación C F E - P N I - 77 - N - 19 B  
Insulation for Pipe Drywell  
Laguna Verde Power Station Units 1 & 2  
Ebasco Service Inc. 1977.
- 5.- Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones  
Richard A. Flinn Paul K. Trojan  
McGraw - Hill 1979.

6.- Principios de Transferencia de Calor

Frank Kreith

Herrero Hermanos Sucesores S.A. 1970.

7.- Procesos de Transferencia de Calor

Donald Q. Kern

Compañía Editorial Continental S.A. 1981.