

PAGINACION VARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CUAUTITLAN



**“AISLAMIENTOS TERMICOS: TEOBIA,
APLICACIONES, USO Y BENEFICIOS
PRACTICOS”.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
CARLOS BETANCOURT MORALES

ASESOR DE TESIS: ING. JESUS GARCIA LIRA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1984

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
"Aclaramientos técnicos: teoría, aplicaciones, uso y beneficios prácticos".

que presenta el pasante: Carlos Betancourt Morales
con número de cuenta: 7201556-3 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 5 de Julio de 1994

PRESIDENTE	<u>Ing. Ma. Soledad Alvarado Martínez</u>	<u>5/7/94</u>
VOCAL	<u>Ing. José Luis Buenrostro Rodríguez</u>	<u>5/7/94</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Jesús García Lira</u>	<u>5/11/94</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Jaime Rodríguez Martínez</u>	<u>6/11/94</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Enrique Cortés González</u>	<u>6/11/94</u>

A mis hijos Karen y Carlos,
espero que el presente los
motive a considerarlo como
un objetivo personal en su
realización.

Con todo mi amor.

Si sientes haber perdido
y sólo haber sufrido, y
sin embargo recuerdas que
siempre te acompañó un amigo
y que en más de una ocasión
has reído, es momento de
aferrarte a tus más profundos
anhelos que te hacen ser un
individuo y concluiras que
nada se ha perdido.
Simplemente maduraste por
todo lo vivido.
Sigue siempre adelante.

C. B. K.

En el mundo existen muchos
hombres que tienen dinero,
bienes materiales, poder
político, lujos, atenciones;
pero son pocos los que entre
todo ésto pueden contar con
un amigo.
Con mucho orgullo puedo decir
que cuento con un amigo.
Gracias "Pascual" por ser mi
amigo.

Con cariño.

A mis padres Olga y Carlos,
con todo cariño y admiración
y como agradecimiento por su
apoyo total y desinteresado.

Uno de mis más grandes anhelos
y por el cual siempre lucharé
para que se acrecente y se man-
tenga firme, reconociendo mis
errores y debilidades, y apren-
diendo a perdonar, es dedicar
mi esfuerzo al objetivo de mi
vida y fuerza que generó el -
presente trabajo y se resume
en lo siguiente:

Mas Amor, Menos Odio.

A mis hermanos Elizabeth y
Guahtémoc con mucho cari-
ño y respeto.
Gracias por ser como son.

Con todo mi agradecimiento a todos mis maestros y profesores que de alguna manera, en mayor o menor medida participaron en mi formación profesional.

"El hombre cuerdo encubre la ciencia, más el corazón de los necios publica la necesidad".

Pr. 12:23

Especial agradecimiento al Ing. Jesús García Lira por la confianza depositada en mí y su apoyo para la culminación de éste importante logro en mi vida.

I N D I C E

- I.- INTRODUCCION.

- II.- PROPIEDADES DE LOS AISLANTES TERMICOS.

- III.- DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AISLANTES TERMICOS.

- IV.- TERMINOLOGIA USADA EN LOS AISLANTES TERMICOS.

- V.- APLICACION PRACTICA DE LA TEORIA TERMICA A LOS AISLANTES TERMICOS.

- VI.- BENEFICIOS ECONOMICOS CON EL USO DE AISLANTES TERMICOS.

- VII.- MATERIALES AUXILIARES Y CRITERIOS BASICOS DE INSTALACION.

- VIII.- CONCLUSION.

- IX.- ANEXO.

- X.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

I.- I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo está enfocado a cubrir la necesidad de tener una guía práctica de selección de los diferentes tipos de aislantes y aislamientos térmicos que pueden ser usados en la industria en general para diferentes equipos y necesidades.

En estos tiempos en los que la computación está en gran auge, facilita la tarea de información de cualquier negocio, para saber o conocer cualquier dato en cualquier momento, basta con apretar unas teclas para que en forma instantánea aparezca dicha información en una pantalla o impresa, de acuerdo con nuestros fines.

Mediante esta guía se podrá disponer de una herramienta que nos permita tomar una decisión más rápida de lo que necesitamos en materia de aislamientos térmicos, sin tener que meterse en cálculos engorrosos, busca de parámetros y constantes que en un momento dado no son de fácil obtención y que sólo ocasionan pérdida de tiempo.

Por otra parte, hay que dar a conocer lo importante que es el uso de aislantes y aislamientos térmicos para el ahorro de energéticos.

Haciendo un análisis podemos detectar que existen muchos problemas de orden mundial, entre los cuales se encuentra el relacionado con los energéticos.

Antiguamente se pensaba que los energéticos nunca se agotarían y por lo tanto éstos eran muy baratos, lo que llevaba

a que el usuario, sea: Industria, Comercio, Hogar; tanto Oficial como Privado, realizaban sus operaciones productivas, sin importarles el gran desperdicio de energéticos que se daban en sus procesos, todo ésto debido a falta de conocimiento o por indiferencia a la aplicación de aislantes y aislamientos térmicos.

Pero esa fuente de energía llamada PETROLEO que en un tiempo parecia inagotable, se tornó en un articulo definido como RECURSO ENERGETICO NO RENOVABLE, y al ser no renovable, se convirtió en una preocupación mundial el hacer buen uso de este energético.

Dentro del marco social y como patrimonio familiar, la reducción del consumo de energéticos por medio de técnicas, como aislamientos térmicos, no se encuentra al alcance de las grandes mayorías, por lo que ese consumo gigantesco de energía se realiza indiferentemente ya que con aplicaciones de aislamientos térmicos se obtendrían ahorros de energía que se podría canalizar a otros usos.

Fuentes productoras de energéticos y organismos de control, se han dado a la tarea de difundir el uso racional de los mismos, lo cual es una labor de considerable envergadura, ya que crear conciencia en el consumidor es algo muy difícil y bastante delicado.

En lo que respecta al grupo Industrial y Comercial, el panorama presente es halagador y el futuro bastante prometedor, debido a que las empresas de servicio cuentan con personal capa

citado y esto genera beneficios y utilidades a las empresas que contratan dichos servicios, teniendo entre ellos el ahorro de energéticos por medio del uso de aislamientos térmicos bien diseñados y aplicados correctamente.

Dentro de la industria los energéticos son un factor clave, el cual debe analizarse y hacerse un seguimiento muy cercano, ya que la mayoría de los insumos que se elaboran, están ligados en gran parte, al costo de los energéticos consumidos.

Se realizan estudios de fuentes alternas de energía y se buscan mayores abastecimientos de energéticos, pero para lo anterior, se necesita mas investigación y tiempo, lo cual requiere un mayor suministro de dinero para lograr dicho objetivo.

No puede haber duda alguna de que todo ésto se está realizando y que además se están obteniendo resultados positivos, sólo que, a pesar de estos resultados, no podemos decir que están solucionadas las necesidades, ya que cada día estas necesidades son mayores que los resultados obtenidos, por lo tanto, es difícil alcanzar el objetivo deseado a corto plazo.

Que mejor aportación para el mejoramiento en el aprovechamiento de la energía que difundir y poner el satisfactor y la herramienta que tenemos en nuestro poder, al cual se le conoce como AISLAMIENTO TÉRMICO, en una forma accesible a todo el consumidor que lo requiera, sin importar su preparación técnica o profesional.

Dentro de las empresas fabricantes de aislamientos térm-

micos, es un dato conocido que por cada unidad de energía consumida para la fabricación de un aislante, serán ahorradas 22 unidades de energía en el lapso de un año por el consumidor que haga uso de él. Por lo que la cantidad de energía ahorrada a mediano y largo plazo es asombrosa.

Las empresas productoras o industrializadoras de recursos energéticos anteriormente centraban su objetivo en vender grandes volúmenes a bajos precios, en la actualidad, las empresas tratan de conservar estos recursos, debido a la escasez, ya que la demanda aumenta considerablemente al ritmo que crece la población y ésta aumenta día con día a pasos agigantados.

En cada país, existen toda clase de leyes, ordenanzas, requisitos, normas, manuales, etc., para una serie de controles tales como: LEY DE HACIENDA, LEY DEL SEGURO SOCIAL, LEY DEL I. V. A., LEY DEL ACTIVO, LEY DEL 2% SOBRE EROGACIONES, LEY DEL IMPUESTO SOBRE PRODUCTOS DEL TRABAJO, LEY PARA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS, LEY DE LOCALIZACION DE INDUSTRIAS y COMERCIOS (USO DEL SUELO), INSPECCION DE EQUIPOS, INSPECCIONES DE S.T.P.S.; - INSPECCIONES DE LA S.S.A., INSPECCIONES DE-SEDUE, ETC.

Pero no existe ninguna norma para el control amplio y efectivo para la conservación de energéticos.

Teniendo este control, podemos tener la firme creencia de que no se dejaría pasar sin tomar en cuenta el aislamiento térmico en el ámbito social, comercial e industrial, para de esta manera atacar mejor y con bases más firmes los problemas de

energéticos, y esto también nos llevaría a formar una disciplina para toda aquella persona que por alguna razón, no cuenta - con los conocimientos necesarios para obtener los beneficios - que proporciona este satisfactor que en el futuro debe ser obligatorio.

II.- PROPIEDADES DE LOS AISLANTES TÉRMICOS.

Tenemos por definición de aislante lo siguiente:

"Material o cuerpo que evita o intercepta el paso de la electricidad, calor, ruido, fuego, polvo, agua, etc., de cualquier sistema al ambiente y viceversa",

de lo anterior podemos considerar que existen varios tipos de aislantes, de los cuales tres son los mas importantes y éstos son:

- a.- TÉRMICOS
- b.- ELÉCTRICOS
- c.- ACÚSTICOS

De estos aislantes nos ocuparemos del grupo (a) que en lo sucesivo llamaremos AISLANTES TÉRMICOS.

En el resto del desarrollo del presente trabajo, al referirnos a los aislantes térmicos, sólo usaremos el termino aislante, el cual sera suficiente para saber a que grupo hacemos referencia.

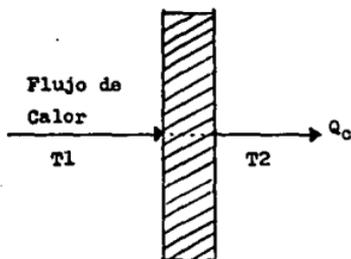
Por lo que la definición correspondiente será:

"Material o cuerpo que evita la transferencia de calor de cualquier sistema al ambiente y viceversa".

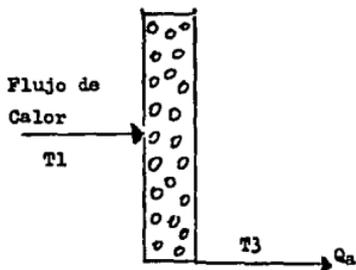
Cabe aclarar que la definición anterior, es puramente -

teórica, ya que la transferencia de calor prácticamente no se puede evitar en su totalidad, ya que todos los materiales sea cual fuere su naturaleza conducen el calor, unos menos que otros pero siempre existe una cantidad de energía térmica liberada o transmitida.

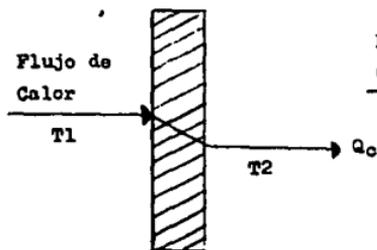
De lo anterior es preciso mencionar que el término opuesto al de aislante es el de CONDUCTOR y que de la misma forma, no existe conductor ideal capaz de transmitir en su totalidad la energía aplicada en él, ver figuras:



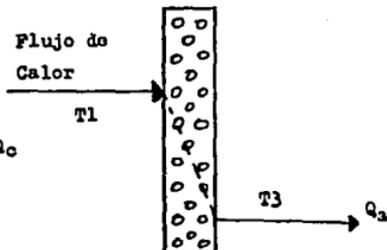
CONDUCTOR IDEAL



AISLANTE IDEAL



CONDUCTOR REAL



AISLANTE REAL

La principal característica de un material aislante es su resistencia al flujo de calor a través de su cuerpo, lo cual es posible debido a la gran cantidad de gas, que generalmente es aire, atrapado en su interior en pequeñas celdillas o cavidades formadas por el propio material.

El fenómeno de la convección no es provocado al aplicar calor al cuerpo, debido al volumen tan pequeño de aire que contiene cada celdilla o cavidad, el cual se encuentra en estado estático lo cual ocasiona que el flujo de calor de una cara del aislante a la otra sea interrumpido.

Por la razón anterior la eficiencia de un aislante - - prácticamente sera determinada por los dos factores siguientes

a.- La relación de aire con respecto al sólido:

MAS AIRE ----- AISLANTE BUENO

MEHOS AIRE ----- AISLANTE DEFICIENTE

b.- Estado en que se encuentre el aire:

ESTATICO ----- AISLANTE BUENO

DINAMICO ----- AISLANTE DEFICIENTE

En renglones anteriores se hizo referencia al término convección, el cual representa una de las tres formas en que se efectúa la transferencia de calor.

Ampliando la información es conveniente definir estos mecanismos de transferencia de calor, que son:

a.- **RADIACION.**- Para que la transferencia de calor se efectúe en esta forma, es necesario tener un emisor y un receptor separados una determinada distancia.

En la transmisión de energía por este medio, parte es absorbida por el receptor y parte es reflejada por el mismo.

El calor es transmitido por medio de ondas electromagnéticas de longitud de onda larga a través del espacio.

Ejemplo: Calor del sol a la tierra.

b.- **CONDUCCION.**- La energía es transmitida de una parte de un cuerpo a otra parte del mismo, o de un cuerpo a otro cuerpo los cuales se encuentran en contacto directo por medio de vibración molecular.

Ejemplo: Un metal sumergido en un recipiente de agua hirviendo, transmitirá el calor del agua a la mano que sostenga el metal.

c.- **CONVECCION.**- Este mecanismo de transferencia de calor opera inicialmente a nivel molecu

lar. Se realiza entre un fluido y un medio o superficie sólido, por la circulación o movimiento del fluido. El movimiento molecular inicial se ve aumentado proporcionalmente hasta que los dos medios alcanzan la misma temperatura.

Ejemplo: Ebullición del agua.

Haciendo referencia a las propiedades o características que debe reunir un buen aislante, mencionaremos las siguientes:

- a.- Alta eficiencia térmica
- b.- Estabilidad dimensional
- c.- Incombustible
- d.- Anticorrosivo
- e.- Baja capilaridad
- f.- Baja higroscopia
- g.- Bajo peso específico
- h.- Resilente
- i.- Inodoro
- j.- Antibacteriano
- k.- No tóxico
- l.- Fácil de instalar
- m.- Versátil
- n.- Económico

a.- Alta eficiencia térmica.- Para que un aislante pueda reunir este requisito el material que lo integra deberá tener un factor o coeficiente de conductividad bajo.

b.- Estabilidad dimensional.- Esta condición es de suma importancia, ya que como los aislantes son materiales sometidos a cambios de temperatura drásticos y muy variables, el material no debe sufrir cambios en su estructura física, contracciones o dilataciones, las cuales ocasionarían problemas y deterioro tanto en las instalaciones como en el propio material aislante.

Estas dilataciones o contracciones podrán ser mínimas, pero el material deberá tener la capacidad de absorberlas por sí mismo.

c.- Incombustible.- Debido a que los materiales son sometidos a altas temperaturas y diversos procesos, en los cuales existe el riesgo de derrame de solventes o líquidos altamente inflamables existen las posibilidades de incendio, y - dado el caso, el material aislante no contribuirá a la propagación del mismo.

d.- Anticorrosivo.- Deben ser materiales que no provoquen o aceleren la oxidación de los equipos en los

cuales vayan a ser instalados, por lo cual deberan estar libres de cloro o agentes reductores.

- e.- Baja capilaridad.- Esta característica les permite evitar la transmisión de la humedad.
- f.- Baja higroscopia.- Esto le permite no absorber agua y si el aislante se encuentra expuesto en un ambiente húmedo, el aumento de peso por absorción de agua es despreciable.
- g.- Bajo peso específico.- Esta característica se encuentra inter-relacionada con el coeficiente de conductividad térmica, ya que si tiene un buen coeficiente indicará que la relación existente aire/sólido es baja, lo que ocasiona bajo peso específico al tener más aire.
- h.- Resilente.- Es la propiedad que tiene un material, que al ser sometido a una fuerza externa que lo deforma, al cesar dicha acción, el material recupera su forma original, lo cual evita que queden espacios sin aislar.
- i.- Inodoro.- Esta propiedad es requisito para poder manejar un material libre de malos olores o simplemente con olores desagradables, lo cual facilita su almacenaje, transporte e instalación.

ción, a la vez que evita la atracción de animales o insectos nocivos para la higiene del entorno.

j.- Antibacteriano.- Esta propiedad se obtiene por su carácter inorgánico, lo cual da un material libre de hongos y bacterias..

Esta característica no debe afectarse por el tiempo de almacenaje, ni por el medio en el cual se instale el material.

k.- No tóxico.- No deberá desprender vapores o polvos que puedan afectar la salud del personal cuya área de trabajo sea donde se vaya a aplicar, ni del personal de instalación.

Esta condición debe cumplirse cuando el material se encuentre en almacenaje o bajo las condiciones de trabajo a que se someta.

l.- Fácil de instalar.- Esto nos lleva a un beneficio económico por concepto de mano de obra, al poder cubrir mayores áreas de trabajo en menos tiempo con el mínimo de personal.

m.- Versátil.- Que pueda ser aplicado o instalado en diferentes equipos, sin la necesidad de manejar formas especiales y particulares para cada equipo por aislar.

n.- Económico.- Este aspecto dependerá particularmente del uso

que se le da al aislante, ya que podemos encontrar aislantes sumamente caros cuyo campo de aplicación es muy específico. Pero como regla general los aislantes son económicos, considerando al uso al que se les destina.

No todos los aislantes reúnen todas las propiedades anteriormente enunciadas, pero entre mayor sea el número de éstas, mejor y más eficiente será el aislante en particular.

III.- DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AISLANTES TERMICOS

Dentro del mercado de los aislantes, existe una variedad extensa de materiales para tal fin, de los cuales puede considerarse que son formados por un grupo de materiales, básicos y de uso común.

Lo que se debe tener en cuenta y bastante claro, es que cada fabricante, maneja su material con su nombre de marca o comercial, es obvio que su material debiera tener ciertas diferencias con respecto a los demas competidores-fabricantes, ya sea diferencias en el proceso de fabricación, en las materias primas, forma, color, empaque, etc.

Lo anterior solo será para evitar problemas legales con otro competidor-fabricante, que en un momento dado lo demande por el uso no autorizado de su formulación o de su material sin el pago de las regalías correspondientes por el uso de su patente.

Pero al tener diferencias, no se puede hablar del mismo material, lo cual lo libera de todo problema legal.

Esto es para aclarar el porque podemos tener materiales tales como:

MASA PV
HT BLANK ROCK
MONO-BLOCK
PV SUPER-TEMP

Todos los materiales anteriores representan un grupo - en el cual el aislante es el mismo, con diferencias que no son de trascendencia para el funcionamiento del aislante.

Estamos hablando de la LANA MINERAL con sus características propias, tales como:

Rango de aplicación (Temperatura)

Densidad

Forma

Color

Elaboración

Usos

Cabe aclarar que es la primera vez que se hace referencia a nombres de marca o comerciales, y esto se hizo con el objetivo de poder aclarar y definir la situación anterior.

De la misma manera esta será la última ocasión en que se mencionen, ya que no es de interés propio y motivo de este trabajo hacer labor de publicidad y mercadotecnia para ninguna empresa o material en particular.

Por lo que en lo sucesivo se hablará y se hará referencia a los materiales aislantes como material representativo de cada grupo y con su nombre técnico más conocido y aceptado por los especialistas del ramo.

Aclarado lo anterior, se dará principio a la descripción de los materiales aislantes que más uso tienen dentro de la industria en general.

El orden seguido no es representativo del grado de importancia de cada material ni de su aplicación, se sigue un orden aleatorio, y de no ser así, sólo cumple el capricho del autor que así lo determina.

Una clasificación amplia de los aislantes esta basada en la siguiente relación:

<u>TEMPERATURA</u>	<u>AISLANTE</u>
Arriba de 1100°C	Refractarios
651°C - 1100°C	Granulados
301°C - 650°C	Celulares
91°C - 300°C	Silicatos y Magnesio con Asbesto
0°C - 90°C	Fibra de Vidrio
- 70°C - 0°C	Polímeros y Vidrio Celular
Abajo de - 70°C	Perlitas y Polímeros Espumados

Lo anterior da una muestra de qué tan amplia puede ser la clasificación de los aislantes y a su vez qué tan selectiva ya que para cada rango de temperaturas, nos refiere a un material aislante diferente.

Una clasificación más concreta la podemos obtener refiriendonos a la constitución del aislante, tenemos los siguientes grupos:

Refractarios
Granulares

Fibrosos

Celulares

Dentro del grupo de los refractarios se tienen aislantes tales como:

Silicatos

Oxidos Minerales

Cementos Monolíticos a base de Vermiculita

Vermiculita

En el grupo de granulares, se tienen los siguientes materiales:

Tierras Diatomáceas (toda su variedad)

Siguiendo con el grupo de aislantes fibrosos se encuentran materiales tales como:

Lanas Minerales

Fibras de Vidrio

Fibras de Asbesto

Fibras Cerámicas

Terminando con el grupo de aislantes de constitución celular, cuyos materiales son:

Perlita expandida

Silice expandido

Espuma de Poliestireno expandida

Espuma de poliuretano expandida

Vermiculita expandida .

Con lo anterior se obtuvo una clasificación reducida, pero se puede tener una clasificación más práctica si se atiende a las características de los materiales aislantes en cuanto a su máxima temperatura de trabajo y a las temperaturas que son aplicadas en la industria en general.

La nueva clasificación en base a la temperatura de trabajo quedará reducida a lo siguiente:

Sistemas de Alta Temperatura

Sistemas de Media Temperatura

Sistemas de Baja Temperatura (Criogénicos)

En los sistemas de alta temperatura estarán todos los materiales que su rango de temperatura de trabajo cubra desde 251°C en adelante.

Los sistemas de media temperatura incluye todos los materiales cuyo rango de trabajo abarque desde -21°C hasta 250°C.

Por último los sistemas de baja temperatura o criogénicos comprenderán todos los materiales aislantes que sus características les permitan ser aplicados en el rango de -20°C hasta -200°C.

DESCRIPCION DE LOS AISLANTES BASICOS.

Aislantes Refractarios.- Los materiales refractarios o semirefractarios que se utilizan para cubrir este rango de temperaturas, están compuestos de una relación variable de cristales y productos amorfos en donde la conductividad térmica es ta definida por la relación que mantengan dichos cristales con los productos amorfos.

Los cristales son afectados por la temperatura de cocimiento y a su vez por la velocidad de enfriamiento que se maneje en su fabricación.

En su mayoría los refractarios se obtienen a partir de aluminios-silicatos o de alúminas livianas, una característica muy importante en estos materiales es la estabilidad dimensional y la estabilidad fisico-química al ser sometidos a tan altas temperaturas.

En su mayoría los refractarios se obtienen a partir de aluminios-silicatos o de alúminas livianas, una característica muy importante en estos materiales es la estabilidad dimensional y la estabilidad fisico-química al ser sometidos a tan altas temperaturas.

Fibra Cerámica.- La fibra cerámica está fabricada de una composición altamente pura de alúmina-silica, con un punto de fusión de —

700°C a 1260°C

1760°C.

Las fibras cerámicas tienen las siguientes características sobresalientes: estabilidad dimensional a altas temperaturas, baja conductividad térmica, bajo almacenamiento o retención de calor, excelente resistencia al choque térmico, es ligero, resistente a la corrosión y excelente en lo referente a absorción de sonido.

La fibra cerámica presenta una resistencia óptima al ataque de agentes corrosivos, con excepción de los álcalis fuertes, ácido fosfórico y ácido hidro-fluorico.

La fibra también tiene una resistencia efectiva contra la oxidación y reducción, si ésta se llegara a mojar, sus propiedades térmicas y físicas no serían afectadas, pues éstas se restablecerían al secar el material.

La fibra cerámica no contiene agua o humedad, y se acepta dentro de los materiales incombustibles y es resi-

lente a pesar de las altas temperaturas a que sea sometido.

Es resistente al abuso mecánico y a las vibraciones, y el material es factible de manejarse en una amplia variedad de formas lo cual se refleja por su versatilidad.

Vermiculita. - Este material es el nombre geológico de un grupo de minerales laminados e hidratados, que están formados por silicatos de hierro, magnesio, potasio y calcio

teniendo una apariencia semejante a la mica.

El material cuando es tratado aumenta su volumen considerablemente, lo cual ocasiona que quede aire atrapado entre sus capas, con lo cual obtenemos un material con un excelente coeficiente de conductividad térmica.

El material cuenta con las propiedades siguientes: buen aislante, refractario, incombustible, moldeable, no abrasivo, no tóxico, inerte y con un punto de fusión superior a 1800°C.

Silicato de Calcio.- Es un material aislante obtenido por la reacción de tierras infusorias y un compuesto que aporta Iones Ca^{++} con un refuerzo que es inorgánico (fibra de asbesto) o puede ser mixto con fibra de vidrio textil y fibra orgánica tipo poliéster, dicha reacción se lleva a cabo en un medio húmedo, con presión atmosférica, temperatura y velocidad del reactor controladas.

Teniendo como último paso el moldeo y eliminación de agua en exceso y circulándolo por un horno continuo para sus resistencias y eliminación de la humedad restante producto de la reacción.

Algunas de sus caracterfsticas principales son: baja conductividad térmica buena resistencia mecánica, resistencia a la compresión, estadilidad dimensional, excelente de acuerdo a las temperaturas a las cuales se somete, no se ve afectado en gran medida por la humedad, no envejece y es compatible con cualquier otro aislante.

Lana Mineral.- Este material es fabricado a partir de sustan -
50°C a 650°C

cias minerales como roca, escoria o -
vidrio, procesados en estado de fusión
en alto horno, para de esta manera ob
tener las fibras o filamentos.

Estas fibras son flexibles, de color
oscuro(verde), inertes e incombusti-
bles.

Las fibras son aglutinadas con una re
sina termofijadora o en su defecto —
con aceite de origen mineral.

El material tambien es anticorrosivo,
resistente a la humedad, antibacteria
no y dimensionalmente estable.

En lo que respecta al coeficiente de
conductividad del material podemos a-
firmar que es muy bajo, lo que nos lle
va a tener un buen aislante.

Fibra de Vidrio.- Este material aislante está formado por fi-
20°C a 540°C
20°C a 232°C

lamentos largos producto de la alimen
tación de las materias primas a un -
horno de fundición (1200°C), donde el
material es llevado a su punto líqui-
do y posteriormente maniado a un disi
ficador donde el material es desaloja

do por la acción de la fuerza centrífuga que genera el dosificador al estar girando.

Debido a esta fuerza centrífuga y al paso del material por el dosificador, es como se obtienen las fibras o filamentos, al tener las fibras y de acuerdo con los rangos de temperatura que son dos, se concluye que existen dos tipos de materiales para diferente rango de trabajo.

Esta diferencia se debe a la conformación de dichas fibras o filamentos.

Si el material es aglutinado con resinas fenólicas de fraguado térmico, tendrá una temperatura de trabajo máximo de 232°C y su color será amarillo; en cambio si el material es aglutinado a base de aceites, el material será de color blanco y su temperatura de trabajo será de 540°C máximo.

El material es de alta eficiencia térmica por tener un coeficiente de conductividad bajo, es flexible y pueda ser semifrío o frío de acuerdo a

Las necesidades de uso.

Es inorgánico, resiliente, anticorrosivo, antibacteriano, resistente a la vibración y no absorbe humedad.

Espuma de Poliestireno. - Es un material de estructura celular cerrada, rígido y de color blanco fabricado a base de poliestireno expansible.

- 50°C a 80°C

Aislante de características inigualables, que conserva sus propiedades indefinidamente, siempre y cuando el proceso de fabricación se haya realizado correctamente.

Es resistente a la transmisión de vapor de agua y su coeficiente de absorción de agua es muy bajo.

Como es un material inócuo totalmente no desarrolla hongos, mohos, bacterias ni representa un alimento para los animales o insectos, debido a que no contiene nutrientes.

Es estable frente al agua, agua salada ácidos y álcalis, con excepción del ácido nítrico concentrado, solventes y pegamento de contacto.

Su coeficiente de conductividad es muy bajo, y si se considera su bajo peso volumétrico (98 % de aire), se tiene un material con una resistencia mecánica excelente a lo cual se puede agregarle que es muy económico.

Poliuretano Espumado. - Este material es de amplio uso por tener - 200°C a 100°C

características especiales, color amarillo, conductividad térmica muy baja, no es tóxico, es anticorrosivo, antibacteriano, estable dimensionalmente, inodoro, con resistencias mecánicas excepcionales a pesar de su bajo peso específico, además de ser autoextinguible.

Este material es resultado de la mezcla de dos resinas básicamente, poliester e isocianato, la cual se presenta en forma líquida.

Teniendo la característica de poderse aplicar en formas prefabricadas, por medio de vaciado "In Situ" o aplicarse por esprayado.

Lo anterior nos brinda la facilidad de poder solucionar cualquier problema de

instalación, ya sea con una de estas tres técnicas o la aplicación de las tres en el mismo problema para su solución, que proporciona flexibilidad de aplicación.

Vidrio Celular. - El material es puramente vidrio soplado, des -
- 178°C a 121°C

pués de ser licuado, obteniendo su forma característica de la cual se origina el nombre.

Es celular debido a su infinidad de células o celdas que contiene o de que está formado.

Es característica del proceso, que estas celdas sean continuas e independientes, estructura que se obtiene sin agentes de aglutinamiento ni rellenos ni espumantes.

Es incombustible, es impermeable a cualquier agente que le pueda atacar, es estable dimensionalmente y tiene propiedades mecánicas inigualables.

El material presenta gran resistencia a los roedores, depredadores y a los insectos, esto es debido a que el vidrio celular es totalmente inorgánico,

razón por la cual no permite el desarrollo de bacterias, hongos u mohos. El vidrio celular no absorbe agua, ni vapor de agua, a si mismo no lo transmite, por lo que sus propiedades térmicas no se ven afectadas de ninguna manera.

La única desventaja que presenta este material es que es excesivamente costoso y que no se fabrica en el país, - por lo que es necesario importarlo, impidiendo tener existencias en diversas variedades y medidas.

Esto se puede evitar haciendo un programa en base a las necesidades y el tiempo de entrega del proveedor.

IV.-TERMINOLOGIA USADA EN LOS AISLANTES TERMICOS

La ley de la conservación de la energía, establece que la energía no se crea ni se destruye, por lo que el total de la energía que existe en el Universo permanece constante.

Todos los cuerpos poseen energía mecánica debido a cualquiera de las dos causas siguientes:

1a.- Cuando el cuerpo se encuentra en movimiento y es por lo tanto, capaz de efectuar algún trabajo.

Este tipo de energía, debido al movimiento es llamada energía cinética.

2a.- Es la energía que tiene un cuerpo de acuerdo a su posición, esta energía se denomina energía potencial, la cual permite que un cuerpo pueda realizar un trabajo debido a su posición que pueda ocupar.

En tiempos pasados se llegó a pensar que el calor era un fluido de poco peso que estaba presente en todos los materiales (Gases, Líquidos y Sólidos) en mayor o menor proporción, teniendo este fluido la característica de poder pasar de un cuerpo - más caliente a otro menos caliente, produciéndose el fenómeno - de la transmisión de calor.

Al paso del tiempo, con estudios avanzados sobre la materia en particular, se concluyó que el calor no podía ser una

substancia; que el calor deberfa estar relacionado con alguna forma de movimiento.

Con las conclusiones anteriores y en base a un sin número de experimentos que se realizaron sobre este punto, se determinó la actual teoría en la que se reconoce que el calor es una forma de energía.

Al aplicar calor a un cuerpo, a las moléculas de que esta formado se les incrementa su energía cinética, y se aplica el termino incrementa debido a que éstas siempre estan en movimiento.

En cuerpos sólidos y líquidos, el calor que se les aplica se encuentra como energía potencial de sus moléculas.

En conclusión, ya sea debido a un incremento de energía cinética o de energía potencial, el calor que se aplique a cualquier cuerpo o materia, indistintamente traerá como resultado un aumento de energía en el propio cuerpo.

De los efectos que el calor produce, dos son de primera importancia:

a.- Cambio de Estado Físico

b.- Cambio de Temperatura

Para medir la cantidad de calor y establecer unidades de comparación, cualquiera de los dos efectos anteriores son útiles.

LA TEMPERATURA NO ES UNA MEDIDA

COMPLETA DE CALOR



Si usted vacia agua hirviendo en dos tazas, una llena y otra a la mitad, en ambas el termómetro indicará los mismos grados de temperatura, pero en la taza a la mitad de líquido sólo contendrá la mitad de calor (Btu) de lo que tendrá la taza que se encuentra llena.

Por conveniencia se ha adoptado que las unidades de calor estén referidas a un determinado cambio de temperatura de una cantidad determinada de agua.

Si se inicia desde una misma temperatura y se aplica calor a dos volúmenes de agua diferentes, para alcanzar la temperatura de ebullición, será necesario aplicar una mayor cantidad de calor al recipiente con mayor volumen de agua, que la aplica al recipiente con menor cantidad de agua.

La cantidad de calor necesaria para producir un incremento de temperatura, es proporcional a la cantidad de agua que se pretende calentar.

Por otro lado, si se tiene la misma cantidad de agua a determinada temperatura y se pretende elevar la temperatura al doble, se necesitará el doble de cantidad de calor.

Lo que se ha determinado como unidad de calor es la cantidad de calor necesario para elevar en un volumen unitario de agua, la temperatura en un grado.

Tomando en consideración la definición anterior se tiene que las unidades más comunes son:

CALORIA.- Cantidad de calor necesaria para elevar 1°C la temperatura de 1 gr. de agua.

B.T.U.- Cantidad de calor necesaria para elevar 1°F la temperatura de 1 lb. de agua.

De acuerdo con la definición de cantidad de calor, será suficiente la multiplicación de la cantidad de agua, ya sea en gramos o libras, por los grados Celsius o Fahrenheit que se pretenda elevar la temperatura, para conocer la cantidad de calor necesaria.

Ejemplo: Elevar 75 gr. de agua de 24°C a 180°C ,
para esto será necesario:

$$75 \times (180 - 24) = 75 \times 156$$

$$= 11,700 \text{ CALORIAS}$$

Elevar 250°F un volúmen de 80 lb. de -
agua, que calor se aplicará:

$$250 \times 80 = 20,000 \text{ B.T.U.}$$

La unidad más común que se encuentra con mayor frecuencia es la de B.T.U., es la que se utiliza, sin hacer a un lado las calorías la siguiente relación permitirá obtener la equivalencia entre B.T.U. y Calorías en una forma práctica:

$$1 \text{ B.T.U.} = 252 \text{ Calorías}$$

$$1 \text{ Caloría} = 0.00397 \text{ B.T.U.}$$

Cuando se aplica calor a un objeto, trae como consecuencia inmediata el aumento en su temperatura, por lo tanto la palabra temperatura se usa para determinar que tan caliente es el estado del cuerpo.

En lo concerniente a la determinación del grado de tem-

peratura de un cuerpo, se han establecido diferentes escalas de temperatura, para contar con la misma base de medida y unificar el lenguaje de interpretación se han definido las siguientes escalas:

"Centigrada"

"Fahrenheit"

"Kelvin"

"Rankine"

Con lo anterior la temperatura quedará definida de la siguiente manera en:

Grados Centigrados (°C)

Grados Fahrenheit (°F)

Grados Rankine (°R)

Grados Kelvine (°K)

Las escalas de mayor uso por convenir a los cálculos e información son las de:

(°F) y (°C)

Conductancia Térmica.- (C) .- Determina la cantidad de calor que puede pasar a través de un material homogéneo de cualquier espesor sin tomar en cuenta las películas de aire adyacentes a sus caras.

Sus unidades de medida son:

B.T.U./ hr. ft² °F

Conductividad Térmica (K).- Determina la cantidad de calor que puede pasar a través de un pie cuadrado (ft²) de un material homogéneo de una pulgada (1") de espesor cuando existe un grado fahrenheit (1°F) de diferencia.

Sus unidades son:

B.T.U. in./ hr. ft² °F

Conductancia de la Pelicula de Aire (f).- Determina la cantidad de calor que puede pasar a través de la pelicula de aire o de cualquier otro fluido, que esté en contacto con la superficie del cuerpo, ya sea por convección, radiación o conducción.

Sus unidades de medida son:

B.T.U./ ft² hr. °F

La pelicula de aire puede ser interior

(f_i)

o puede ser exterior

(f_e)

Conductancia Térmica de un espacio de Aire.(a).- Mide la cantidad de calor que fluye a través de un determinado espacio de aire, el cual -

este definido entre dos superficies.

Sus unidades de medida son:

B.T.U./ hr. ft² of

Resistencia de Superficie.- Es la resistencia que presenta la -
película de aire que rodea las superfi-
cies de todos los sólidos, al flujo de
calor.

Es de gran importancia entender que la
resistencia de superficie no guarda -
ninguna relación en proporción con la
resistencia del aislante.

Para fines prácticos, es común y acep-
tado tomar como valor de la resisten-
cia de superficie 0.17, cuando el ai-
re se encuentra en movimiento a una ve-
locidad media de 24 Km/hr.

Cuando el aire se encuentra en reposo
el valor a tomar en cuenta sera de 0.5
Concluyendo, se pueda hacer referencia
a dos resistencias de superficie re-
sistencia interior y exterior.

Resistencia Térmica (R).- Este término es el recíproco de la -
conductancia térmica, la cual se defi-
nió con anterioridad.

Puede obtenerse con la siguiente expre

sión:

$$R = \frac{L}{K} = \frac{L}{C}$$

Teniendo como:

R = Resistencia Térmica

L = Espesor del Aislante

K = Coeficiente de Conductividad
Térmica

C = Conductancia

Eficiencia.- La eficiencia de un aislante esta determinada por la relación entre el calor ahorrado - con aislante y el calor perdido sin - aislante, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Efic. } \% = \frac{P_c \text{ sin } A_s - P_c \text{ con } A_s}{P_c \text{ sin } A_s} \times 100$$

donde:

P_c = Pérdidas de Calor

A_s = Aislante

Cuerpo Negro.- Es aquel cuerpo que en teoría es capaz de absorber toda la energía radiante que incide sobre él, sin reflejar nada de esta energía.

Si asignáramos valores a esta energía,

teniendo como 1 (uno) la energía radiante, la energía absorbida por el cuerpo será de 1 (uno) y la reflectividad será de 0 (cero).

Absorción.- Es la parte de energía que puede absorber o retener un cuerpo cuando la energía radiante incide en él.

Reflexión.- Como ya vimos en anterior definición, parte de la energía radiante que incide en un cuerpo, es absorbida por el mismo cuerpo, pero existe una parte la cual es rechazada, a este fenómeno se le llama reflexión.

Transmisión.- Existen cuerpos como el caso particular del cristal, en el cual la energía radiante, - pasa casi en su totalidad a través de éste, dándose con esto el fenómeno de la transmisión.

Emisividad.- Es la relación que existe entre el calor radiante de una superficie de un material cualquiera con la de un cuerpo negro a la misma temperatura.

La absorción de un cuerpo es igual a su emisividad, por lo que un buen radiador es un buen absorbente y contra-

rio a esto un pobre radiador es un buen reflector.

Capacidad Calorífica.- Es la cualidad de una sustancia (sólida, gas o líquido) de retener calor.

Esto es igual al calor específico multiplicado por su densidad.

Cuando se desean cambios de temperatura rápidos, se tendrá que usar un material con capacidad calorífica baja, mientras que si por el contrario se quieren cambios de temperatura lentos, se usarán materiales con capacidad calorífica alta.

Calor.- Es una forma de energía y se expresa en cualquier forma de unidades de trabajo.

Calor Latente.- Es el calor que una sustancia desprende o absorbe, en el cual varía su estado físico sin cambiar su temperatura.

Temperatura.- Esta es una propiedad de comparación y no puede ser ni es una medida del calor.

Temperatura Media.- Es la suma de las temperaturas interior y exterior del aislante dividida entre dos (2).

Presión Atmosférica.- Es aquella debida a la simple acción ejercida por la gravedad (atracción de la tierra).

Presión Manométrica.- Es la presión existente en un sistema referida a la atmósfera como base y se mide en lb/in²

Presión Absoluta.- Es la suma de la presión manométrica y la presión atmosférica.

Punto de Rocío.- Es la temperatura en la cual se inicia la condensación del vapor de agua, bajo ciertas condiciones de presión y humedad específicas.

Tonelada de Refrigeración.- Es la extracción de calor equivalente a 12,000 B.T.U./ hr.

Permeabilidad.- Es la medida de la cantidad de vapor de agua que pasa por un material determinado de una pulgada (1") de espesor.

Permeancia.- Es la medida de la cantidad de vapor de agua que pasa por un material determinado de cualquier espesor.

Perm.- Es la medida o unidades para la transmisión del vapor de agua.

Esta definida como el paso de 1 gr. de agua a través de 1 ft² durante 1 hr., cuando existe una diferencia de presión entre las dos caras del material de 1 in.Hg. (una pulgada de mercurio)

Barrera de Vapor.- Es aquel material que tiene la caracterís-

tica especial de poseer una alta resistencia al paso del vapor de agua.

Impermeabilizante.- Es aquel material que impide el paso del agua, pero no detiene el paso del vapor de agua, por lo que no podrá ser considerado como material barrera de vapor.

V.- APLICACION PRACTICA DE LA
TEORIA TERMICA A LOS
 AISLANTES TERNICOS

Dentro de la teoria térmica y en concreto en el caso de la transferencia de calor, ya se determinó que los mecanismos o medio en que se puede dar este fenómeno son: CONDUCCION, RADIA-
CION Y CONVECCION.

Por comodidad, la transferencia de calor, se clasifica en estos tres mecanismos. En la realidad los problemas de con-
ducción pueden incluir radiación y convección; y los proble-
mas de convección invariablemente implican la presencia de la -
conducción y la radiación.

En algunos casos es posible aislar el calor transmitido por cada uno de los mecanismos, sin embargo en otro solo es po-
sible cuantificar la transferencia de calor total.

Para tener una mayor comprensión de los factores que in
tervienen en la transferencia de calor, trataremos por separado
cada mecanismo.

De acuerdo a la segunda ley de la termodinámica; "El ca
lor se transmite de la región de temperatura superior de un -
cuerpo sólido a otra región de temperatura inferior del mismo -
cuerpo".

Esta transferencia de calor se presenta por el mecanis-
mo de "CONDUCCION".

En general, las partículas elementales de materia de la

región de alta temperatura, en virtud de estar a niveles mas al tos de energía, transmitirán parte de esta energía a las regio- nes adyacentes de menor temperatura.

En el caso de la conducción de calor en los gases, el - mecanismo predominante es debido al intercambio de energía ciné tica por choques molecular.

En líquidos no metálicos, se da por propagación de on- das de vibración reticular y choques molecular.

En sólidos no metálicos, el principal medio es debido a la propagación de ondas de vibración reticular, mientras que en sólidos metálicos, el principal agente para la transferencia de calor se presenta por el flujo de electrones libres.

La ley que rige el fenómeno de transferencia de calor por conducción es la LEY DE FOURIER (1822).

El calor puede transmitirse de un cuerpo de temperatura superior a otro de menor temperatura, a través de una cierta - distancia, sin que sea necesario que el espacio ocupado en esa distancia se caliente.

A este fenómeno se le llama "RADIACION" y opera en vir- tud de un movimiento ondulatorio, en forma semejante a la radia ción luminosa.

La radiación calorífica puede darse a través del vacío, a través de ciertos gases y algunos líquidos.

La ley que rige el fenómeno de transferencia de calor - por radiación es la LEY DE STEFAN-BOLTZMANN.

El mecanismo de transferencia de calor por convección sólo se presenta en los líquidos o fluidos y se explica de la siguiente manera:

El calor se transmite de la región de mayor temperatura del fluido a otra región de menor temperatura del mismo fluido por el desplazamiento de la masa del fluido, aun cuando no sea aparente el movimiento del fluido.

A éste mecanismo se le conoce como convección natural, cuando el desplazamiento es producido por diferencia de densidades motivadas por las diferencias de temperaturas.

Si el desplazamiento es motivado por medios mecánicos, se tiene entonces una transferencia de calor por convección forzada.

La ley que rige el fenómeno de transferencia de calor por convección es la LEY DE ENFRÍAMIENTO DE NEWTON.

Dentro de los aislantes térmicos, no tendremos en cuenta el mecanismo por convección, ya que no tratamos con fluidos o líquidos como materiales aislantes.

En cuanto a la contribución de energía por radiación ésta quedará incluida en el coeficiente de conducción, sin que se pierda la exactitud de los resultados y esto es aceptado en la práctica generalizada, ya que esta contribución es mínima.

Al tratar con el diseño de los aislamientos se tratará en gran parte con la transmisión de calor por conducción, por lo que los párrafos siguientes, se hará referencia a este tipo

de fenómeno y se establecerán las ecuaciones para la solución de los problemas que en la práctica se presentan.

La ecuación de FOURIER establece bajo las condiciones de un estado estacionario y flujo unidireccional, lo siguiente:

$$Q = - K A (dT/dL) \quad \text{Kcal/hr} \quad (\text{B.T.U./ hr})$$

donde:

Q = Gasto o velocidad de conducción de calor normal a la superficie

A = Superficie (m^2) (ft^2)

dT = Caída de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) ($^{\circ}\text{F}$)

dL = Espesor de pared (cm) (in)

A la relación dT/dL se le conoce como gradiente de temperaturas a lo largo de la trayectoria.

El signo negativo se adopta por conveniencia, para que el gasto sea positivo de acuerdo con el sentido del flujo.

El simbolo K representa la conductividad térmica, que es la cantidad de calor transmitida por unidad de tiempo a través de una unidad de área por unidad de espesor, por unidad de cambio de temperatura.

$$K \text{ ————— } \text{Kcal-cm/ m}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C hr}$$

$$K \text{ ————— } \text{Btu-in/ ft}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F hr}$$

La transmisión de calor a través de un cuerpo, es proporcional al área de superficie, a la diferencia de temperatura

entre sus superficies y la conductividad térmica del cuerpo mismo.

Esto es, cuando aumenta el valor de cualquiera de estos factores mencionados, aumenta en la misma proporción la facilidad con que el calor puede fluir a través de un cuerpo.

La ecuación matemática de lo expresado anteriormente queda de la siguiente forma:

$$Q = A \times U \times \Delta T.$$

en donde:

Q = Cantidad de calor transmitido (Btu/hr)

A = Area de la superficie (ft²)

U = Coeficiente total de transmisión de calor
ya sea de un material o de varios en serie
(Btu/ft² hr °F)

ΔT = Diferencia de temperaturas entre las superficies del cuerpo (°F)

Haciendo uso de las expresiones anteriores, se puede definir la ecuación de la transferencia de calor por conducción en superficies planas en el caso de los aislantes térmicos.

Tomando en consideración lo tratado en párrafos anteriores se puede afirmar que existe un potencial o sea un diferencial de temperaturas entre la superficie fría y la caliente que puede expresarse matemáticamente como:

$$\Delta T = T_1 - T_2$$

donde:

T1 = Temperatura de superficie o cara caliente

T2 = Temperatura de superficie o cara fría

La resistencia al flujo de calor depende del espesor y de la conductividad térmica de los materiales que se encuentran en el camino del flujo del calor y por lo tanto puede expresarse como:

$$R = \frac{L}{K}$$

donde:

R = Resistencia térmica del material

L = Espesor del material (in)

K = Factor de conductividad térmica
Btu-in/ft² hr °F

Por lo tanto la fórmula se podrá expresar de la siguiente manera:

$$Q = \frac{A (T1 - T2)}{\frac{L}{K} + \frac{1}{f}}$$

en donde se considera que:

$$A = 1 \text{ ft}^2$$

tendremos:

$$Q = \frac{T1 - T2}{\frac{L}{K} + \frac{1}{f}}$$

Esta ecuación es aplicable a superficies planas y está integrada por lo siguiente:

Q = Cantidad de calor transmitido Btu/hr ft²

T₁ - T₂ = Diferencia de temperaturas (ambiente y de operación) (°F)

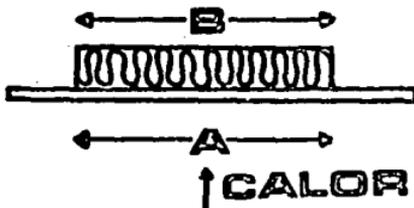
L = Espesor del aislante

K = Conductividad térmica del material a la temperatura promedio Btu-in/hr °F ft²

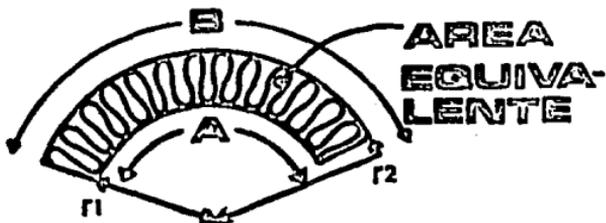
$\frac{1}{f}$ = Resistencia de la película de aire

La ecuación anterior no es aplicable a superficies curvas (tuberías), ya que el mecanismo del flujo de calor difiere.

En áreas planas, la cantidad de calor que entra en una superficie determinada es el mismo que sale por una superficie igual.



Sin embargo, en una superficie curva (tubería) la cantidad de calor entrando en una área determinada sale por una área mucho mayor.



Por lo que ésto requiere de una corrección para determinar el área equivalente, siendo su expresión la siguiente:

$$r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}$$

A ésta expresión se le conoce como ya se apuntó en el dibujo anterior, como área equivalente o espesor equivalente - para superficies curvas (tuberías).

Este valor sustituirá a L en la ecuación de superficies planas.

Por lo que la ecuación de transmisión de calor para superficies curvas (tuberías) se expresará de la siguiente manera

$$Q = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{k} + \frac{1}{f}}$$

en donde:

Q = Cantidad de calor transmitido de la superficie exterior del aislante Btu/hr ft²

r₁ = Radio interno del aislante (in)

r2 = Radio externo del aislante (in)

T1 = Temperatura de superficie interna del aislante (°F)

T2 = Temperatura ambiente (°F)

K = Conductividad térmica del material basada en la media aritmética de las temperaturas

$$\frac{T1 + Ts}{2}$$

Ts = Temperatura estimada de superficie (°F)

$\frac{1}{x}$ = Resistencia de la película de aire

A continuación se dan algunos ejemplos prácticos de cálculo:

Si se considera un equipo con superficie plana, el cual tiene una temperatura de operación de 210°F, se tiene una temperatura ambiente de 90°F y se pretende aislar con un material de (2") 51m. de espesor y se quiere conocer la cantidad de calor que se perderá o se ganará según sea el caso.

1.- Es necesario determinar la temperatura media, de acuerdo a la siguiente relación:

$$Tm = \frac{To + Ts}{2}$$

donde:

Tm = Temperatura media

To = Temperatura de operación

Ts = Temperatura de superficie

La temperatura de superficie es un valor que debe ser supuesto para la evaluación del factor K

Un criterio práctico es basar esta suposición en lo siguiente:

Alta Temperatura

$$T_s \approx T_a + 20 \text{ a } 30^\circ\text{F}$$

Media Temperatura

$$T_s \approx T_a + 5 \text{ a } 15^\circ\text{F}$$

En procesos fríos o baja temperatura, el criterio es tomar como base la temperatura de rocío, considerando las condiciones de humedad y temperatura ambiente, ya que el espesor del aislante calculado, no deberá permitir la condensación en la superficie exterior del aislante, por lo tanto:

$$T_s > T_r$$

donde:

Ta = Temperatura ambiente

Tr = Temperatura de rocío (media o máxima anual)

Considerando entonces:

$$T_s = 95^\circ\text{F}$$

luego:

$$T_m = \frac{210 + 95}{2} = \frac{305}{2}$$

$$T_m = 152.5^{\circ}\text{F}$$

Con el dato de T_m debemos encontrar K para el material en consideración y de acuerdo con su curva característica de conductividad, para el ejemplo vamos a suponer que K a 152.5°F es de 0.28

2.- Aplicando la ecuación para superficies planas tenemos:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{K} + \frac{1}{F}}$$

$$Q = \frac{210 - 90}{\frac{2}{0.28} + 0.65} = \frac{120}{7.143 + 0.65}$$

$$Q = \frac{120}{7.793}$$

$$Q = 15.4 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr}$$

luego:

$$15.4 \times 0.65 = 10^{\circ}\text{F} \text{ de caída de temperatura a través de la película de aire.}$$

por lo tanto:

$$T_s = 90 + 10$$

$$T_s = 100^{\circ}\text{F}$$

Como $T_s = 95^{\circ}\text{F}$ y la real de 100°F existe una diferencia de 5°F , la cual se sitúa dentro del rango correcto de error, por lo que no será necesario rea

lizar los cálculos nuevamente.

Para calcular espesor requerido u otra variable, se aplica el mismo procedimiento anterior.

Una tubería de (6")152mm., tiene una temperatura de operación de 210°F, temperatura ambiente de 90°F y esta aislada con un material de (2")51mm. de espesor: Determinar la pérdida o ganancia de calor.

- 1.- Primero como en el ejemplo anterior, se debe suponer:

$$T_s = 95^\circ\text{F}$$

luego:

$$T_m = \frac{210 + 95}{2} = \frac{305}{2}$$

$$T_m = 152.5^\circ\text{F}$$

como ya sabemos K a la temperatura de 152.5°F es de 0.28

- 2.- Determinar el espesor equivalente. El tubo de (6") 152mm. nominal, tiene un diámetro exterior de -- 6.625" por lo que:

$$r_1 = 3.313"$$

$$r_2 = r_1 + \text{Espesor} = 3.313 + 2$$

$$r_2 = 5.313"$$

por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 \text{Espesor equivalente} &= r_2 \ln \frac{r_2}{r_1} \\
 &= 5.313 \ln \frac{5.313}{3.313} \\
 &= 5.313 \ln 1.604 \\
 &= 5.313 (0.4723)
 \end{aligned}$$

$$\text{Espesor equivalente} = 2.51$$

y la resistencia de la película de aire será:

$$\frac{1}{f} = 0.65$$

3.- Aplicando la ecuación para superficies curvas (tuberías) se tiene:

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{T_1 - T_2}{\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{k} + \frac{1}{f}} \\
 &= \frac{210 - 90}{\frac{2.51}{0.28} + 0.65} = \frac{120}{8.964 + 0.65} \\
 &= \frac{120}{9.6143}
 \end{aligned}$$

$$Q = 12.4 \text{ Btu/hr ft}^2$$

luego:

$$12.4 \times 0.65 = 8.1^\circ\text{F} \quad \text{caída de temperatura a través de la película de aire.}$$

como:

$$T_s = 98.1^\circ\text{F}$$

cae dentro de la tolerancia de:

$$95 \pm 5^{\circ}\text{F}$$

se considera correcta y no es necesario realizar más cálculos.

Ahora se tiene una superficie plana cuya temperatura de operación es de 35°F y una temperatura ambiente de 75°F . Se determina un espesor de $(2")5\text{mm}$. para su aislamiento. Calcular la ganancia o pérdida de calor.

$$1.- \quad T_s = 70^{\circ}\text{F}$$

$$T_m = \frac{35 + 75}{2} = \frac{110}{2}$$

$$T_m = 55^{\circ}\text{F}$$

K a esta temperatura media se consideró de 0.21

2.- Aplicando la ecuación para superficies planas

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{K} + \frac{1}{F}} = \frac{35 - 75}{\frac{2}{0.21} + 0.65}$$
$$= \frac{-40}{9.52 + 0.65} = \frac{-40}{10.2}$$

$$Q = -3.9 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr}$$

el signo menos indica una ganancia de calor del exterior al interior

$$- 3.9 \times 0.65 = - 2.6^{\circ}\text{F} \quad \text{caída de temperatura a través de la película de aire}$$

$$T_s = 75 - 2.6 = 72.4^{\circ}\text{F}$$

esta temperatura cae dentro del margen de:

$$70 \pm 5^{\circ}\text{F}$$

con respecto a la estimada.

Ahora se tiene una tubería de (8")204mm. de diámetro nominal, la cual opera a una temperatura de 35°F y la temperatura ambiente es de 75°F , con un espesor de (2")51mm. de aislante. Calcular la ganancia o pérdida de calor.

$$1.- \quad T_s = 70^{\circ}\text{F}$$

$$T_m = \frac{35 + 75}{2} = \frac{110}{2}$$

$$T_m = 55^{\circ}\text{F}$$

K a esta temperatura promedio será de 0.21

El espesor equivalente será:

$$r_2 \ln \frac{r_2}{r_1} = 2.4$$

2.- Aplicando nuestra ecuación para superficies curvas (tuberías) tendremos:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{k} + \frac{1}{f}}$$

$$= \frac{35 - 75}{\frac{2.4}{0.21} + 0.65} = \frac{-40}{11.4 + 0.65}$$

$$= \frac{-40}{12.08}$$

$$Q = -3.3 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr}$$

luego:

$$-3.3 \times 0.65 = -2.2^\circ\text{F} \text{ caída de temperatura a través de la película de aire}$$

$$75 - 2.2 = 72.8^\circ\text{F}$$

$$T_s = 72.8^\circ\text{F}$$

temperatura supuesta que está dentro del rango

$$70 \pm 5^\circ\text{F}$$

por lo que no será necesario realizar cálculos adicionales.

VI.- BENEFICIOS ECONOMICOS CON EL USO DE AISLANTES TERMICOS

Dentro de la industria en general se llevan a cabo diferentes procesos de fabricación, para los cuales es necesario la obtención de temperaturas diferentes a la del ambiente, estas temperaturas se obtienen en forma artificial y para llegar a dichas condiciones artificiales de temperatura, se genera un costo.

Una vez alcanzada la temperatura deseada, es imperativo mantenerla el mayor tiempo posible.

Todos los equipos y tuberías que son calentados al mismo tiempo pierden parte del calor que se les está suministrando cediéndolo al ambiente que los rodea, ya que es ley natural que dos medios a diferentes temperaturas tiendan a igualarse, cediendo uno al otro o ganando uno del otro parte de la energía.

Todo lo anterior genera costos de operación, los cuales serían muy elevados si no se hiciera uso de los aislamientos.

Al hacer uso de los aislamientos se reducen los costos en gran medida, de ninguna manera se eliminan totalmente, ya que si recordamos lo escrito anteriormente, no existe material aislante capaz de evitar el flujo de calor a través de él en su totalidad.

Dentro de estos procesos de fabricación se nota que la mayoría son por medio de reacciones entre dos o más materias primas.

Estas reacciones se verán afectadas por la temperatura a la cual se lleven a cabo, siendo de gran importancia el reflejo en la eficiencia y velocidad de la reacción.

Si el sistema está en contacto con el medio ambiente -- que lo rodea, será muy difícil mantener las condiciones de temperatura estables para la reacción del producto y sobre todo para que dicha reacción se lleve a cabo como está programada, esto es, en el tiempo ideal y con la calidad adecuada.

Si la reacción no encuentra la temperatura adecuada, lo menos que podemos esperar es que el producto tarde más en el proceso, afectando a la productividad en función de producto-- tiempo.

Si fuéramos a los extremos, y el proceso no cumpliera -- con las condiciones de temperatura requeridas, la reacción se -- podría ver afectada a tal grado que el producto resultara de baja calidad disminuyendo su precio en el mercado, o perder el lo te completamente.

Esto generará costos por concepto de pérdidas de materiales y producto terminado, a su vez disminución en la productividad de la planta, las cuales son de gran consideración, ya que en la mayoría de las plantas se manejan lotes de producción bastante grandes y cuando se manejan lotes pequeños éstos son de -- materias primas muy costosas.

Para el control de estos procesos y en general de la -- planta industrial se necesita recursos humanos, sean obreros de

nerales, obreros calificados, técnicos, profesionistas y personal de limpieza.

Todo este personal estará en contacto directo con las instalaciones ya sea en mayor o menor medida, tratándose de equipos o tuberías, las cuales se encontrarán por razones obvias de fabricación a temperaturas elevadas (vapor) o bajas (salmuera).

Si el personal, accidentalmente hiciere contacto directo con cualquier parte de su cuerpo sobre un equipo o tubería con temperatura demasiado elevada, se ocasionaría quemaduras serias y de graves consecuencias.

Lo anterior daría como resultado la falta de una persona calificada motivada por una incapacidad que puede ser de orden temporal o permanente, de acuerdo al grado de las quemaduras. Esto significa un costo, por gastos médicos, por elevación en el porcentaje de cotización en riesgo de trabajo, por capacitar a otro elemento para sustituir al accidentado, etc.

Con esto se llega a la conclusión de que operar una planta industrial sin el uso de aislantes adecuados traerá como resultado incurrir en costos de operación demasiado altos, que generaran una productividad muy baja y que a su vez se verá reflejada en la utilidad neta de la planta.

Por lo tanto las principales razones para la instalación de sistemas aislantes son las siguientes:

- a) Menor inversión en equipo, ya que al usar equipo aislado, tendrá mayor eficiencia y de esta manera

- podrá compararse con uno de mayor capacidad sin aislar.
- b) Control de la eficiencia y velocidad de una - reacción.
 - c) Menores gastos en combustible.
 - d) Protección de personal.
 - e) Conservación del equipo, ya que al trabajar a menor capacidad, tendrá mayor duración.
 - f) Menor consumo de energía eléctrica en compresores.
 - g) Mayor producción.

Todo lo anterior, concretamente, da como resultado ahorro económico, lo que traducido a una palabra más clara es DINERO, dinero que no vamos a gastar y que podremos destinar a otras inversiones o simplemente como utilidad.

Para obtener los mayores beneficios de un sistema aislante se debe generar el cálculo de lo que se conoce como la determinación del espesor económico o espesor óptimo de aislamiento.

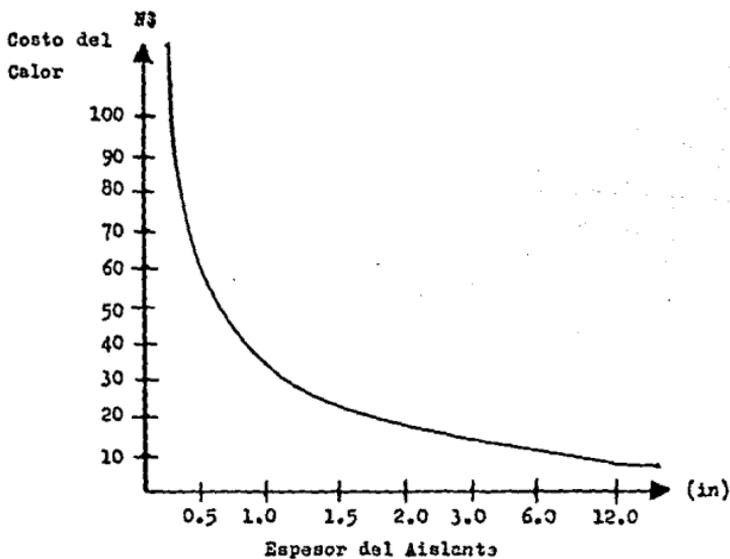
El problema para la obtención del espesor óptimo del aislamiento térmico, puede definirse con los siguientes términos:

- 1.- Cuando el espesor del aislante es menor, el costo de operación es mayor, debido a las pérdidas de -

calor al exterior y una amortización menor del costo inicial del aislante.

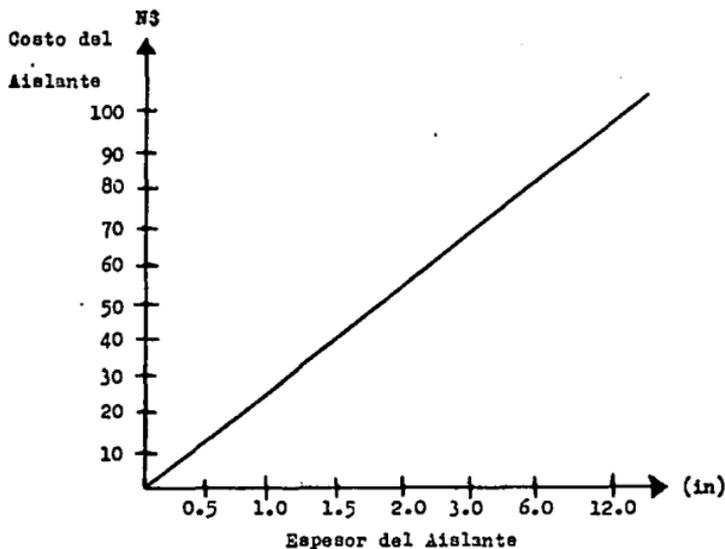
2.- Cuando el espesor del aislante es mayor, el costo de operación será menor, ocasionado por menores pérdidas de calor al exterior y una amortización del costo inicial del aislamiento mucho mayor.

Si representamos esto en una gráfica, esta sería una curva con tendencias asintóticas como límites.

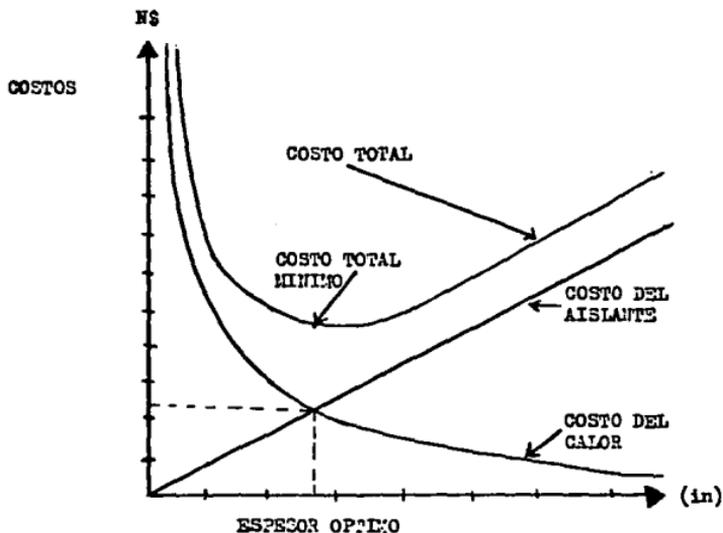


Por otra parte al analizar el costo del aislante contra el espesor, genera una recta en la cual se ve que al aumentar el espesor, aumenta el costo del aislante.

Lo anterior transportado a una gráfica se vería de la siguiente manera.



Y si transportamos las dos curvas anteriores sobre una misma gráfica de costos contra espesor se tendría.



La construcción de la gráfica de costos de calor se obtiene con la aplicación de la ecuación de Fourier, para diferentes espesores, con lo cual se obtiene la pérdida de calor a través de los diferentes espesores analizados.

La construcción de la curva de costos de aislante se determina consultando con el fabricante o contando con los costos de los materiales de que consistirá el sistema aislante, variando el espesor para cada caso de los espesores que se quieran analizar.

A continuación se presenta un ejemplo del beneficio que resulta de la aplicación de un sistema aislante adecuado:

Una tubería de (10")254mm. de diámetro nominal, conduce vapor a una temperatura de 332°F, a lo largo de una trayectoria de 430 ft., la tubería está en funcionamiento 290 días al año durante 14 horas al día.

La caldera tiene una eficiencia de 72 % y quema carbón como combustible con un poder calorífico de 13,000 Btu/lb. y su costo es de \$ 600.00 por tonelada. Se tiene una temperatura ambiente de 75°F.

1.- Se usará un aislante fibroso en un espesor de (2")51mm., con una K de 0.38

2.- La pérdida de calor con este espesor será determinada por la ecuación siguiente:

$$Q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{r_2 \ln \frac{r_2}{r_1}}{K} + \frac{1}{f}} = \frac{332 - 75}{\frac{2.34}{0.38} + 0.65}$$

$$= \frac{257}{6.15 + 0.65} = \frac{257}{6.80}$$

$$Q = 37.75 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr}$$

o

$$Q = 146.15 \text{ Btu/ft hr}$$

Se tendrá una pérdida de calor sin aislante en la tubería de:

$$Q = 2,143.00 \text{ Btu/ft hr}$$

Por lo que el calor que se ahorrará sera:

$$2,143.00 - 146.16 = 1,996.84 \text{ Btu/ft hr}$$

Tomando en cuenta el recorrido total de la tubería y el tiempo de operación, se tendrá:

$$1,996.84 \times 430 \times 290 \times 14 =$$

$$= 3,486,083,272 \text{ Btu/año}$$

3.- Considerando la eficiencia de la caldera tendremos:

$$\frac{3,486,083,272}{0.72} = 4,841,782,322 \text{ Btu/año}$$

como el carbón contiene un poder calorífico de 13,000 Btu/lb:

$$\frac{4,841,732,322}{13,000} = 372,444.80 \text{ lb.}$$

$$= 168.9 \text{ Ton.}$$

con el costo del carbón aplicado se tiene:

$$168.9 \times 600 = \text{M}3 101,365.00$$

que representa el ahorro económico.

La eficiencia del aislante sera de:

$$\frac{2,143 - 145.16}{2,143} = 93.18 \%$$

Las pérdidas sin aislamiento en términos de dinero serían de:

$$\frac{101,365.00}{.9318} = \text{N\$ } 108,784.00/\text{año}$$

y como con la instalación del sistema aislante se tiene una economía de:

$$\text{N\$ } 101,365.00/\text{año}$$

llegaríamos a que el gasto anual en que incurriríamos con la aplicación del sistema aislante sería de:

$$108,784.00 - 101,365.00 = \text{N\$ } 7,419.00$$

Para dejar un panorama más claro de los beneficios que representa el aislamiento se desarrollará otro ejemplo.

Tomemos en consideración una caldera que se mantiene en funcionamiento 6,800 horas por año. La temperatura de la caldera es de 380°F y la temperatura ambiente es de 80°F.

El cuerpo de la caldera tiene una área de 260 ft², el costo del aislante para 260 ft² es de N\$ 25.00/ft² y el calor resulta con un gasto de N\$ 6.00/millon de Btu.

- 1.- Se usará un material aislante a base de fibras minerales con un espesor de (2") 51mm. y un factor $k = 0.35$

2.- Determinar el ahorro de calor que se tendrá al aislar el equipo expresado en el término de un año.

Primero se obtiene que para una diferencia de temperaturas de:

$$380 - 80 = 300^{\circ}\text{F}$$

se tienen unas pérdidas de calor sin aislante de:

$$990 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr}$$

y las pérdidas de calor con el aislante seran:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{T_1 - T_2}{\frac{L}{K} + \frac{1}{F}} = \frac{380 - 80}{\frac{2}{0.35} + 0.65} \\ &= \frac{300}{5.71 + 0.65} = \frac{300}{6.36} \end{aligned}$$

$$Q = 47.2 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr}$$

por lo que se tendrá un ahorro de calor debido al aislante de:

$$990 - 47.2 = 942.80 \text{ Btu/ft}^2 \text{ hr}$$

y el ahorro al año será de:

$$942.80 \times 260 \times 6,800 = 1,665,870,400 \text{ Btu}$$

el costo por este calor es de:

$$\frac{1,666,870,400 \times 6}{1,000,000} = \text{N\$ } 10,001.22$$

3.- Cuál es el costo del aislamiento:

$$260 \times 25 = \text{N\$ } 6,500.00$$

el ahorro que se obtendría con el aislamiento expresado mensualmente sería:

$$\frac{10,001.22}{12} = \text{N\$ } 833.44$$

por lo que el aislamiento se pagaría en:

$$\frac{6,500.00}{833.44} = 7 \text{ meses } 24 \text{ días}$$

Si consideramos que una buena instalación aislante, con un mínimo de mantenimiento, tiene una vida útil promedio de cinco años.

Se concluye que son pocas las oportunidades de hacer inversiones de este tipo, las cuales retribuyen de tal manera.

Algunos datos que se utilizaron en los ejemplos anteriores, se tomaron de tablas que están calculadas para tales aplicaciones.

El uso de estas da como resultado un ahorro en el tiempo invertido en los cálculos, sin que por esto se pierda la esencia del problema.

Estas tablas quedarán dentro de este trabajo como parte de un anexo al final del mismo.

VII.- MATERIALES AUXILIARES Y CRITERIOS BASICOS DE INSTALACION

Se definen como materiales auxiliares todo aquel que se destine como apoyo a la instalación del sistema aislante no importando en que momento del proceso se aplique, hasta obtener el sistema completamente terminado y en condiciones de usarse.

Estos materiales se clasifican como sigue:

- a) Materiales de Sujeción
- b) Materiales de Conjunción (unión)
- c) Materiales de Acabado

a) Materiales de Sujeción.- Estos materiales tambien se reconocen como elementos de anclaje, ya que son los destinados a proporcionar el soporte al aislamiento para evitar que se corra, se cuelgue o se levante.

En este grupo se encuentran:

Fernos
Tuercas
Alambre Galvanizado
Alambre Recocido
Angulo Metálico
Solera Metálica
Anillos

Como se puede apreciar todos los materiales listados son productos metálicos, los cuales tienen resistencias mecánicas considerables, requisito indispensable, ya que es la base que soportará todo el peso del sistema aislante.

b) Materiales de Conjunción.- Estos materiales son los - empleados para proporcionar a los aislantes unión entre sí y con los equipos y tuberías. Dentro de este grupo se encuentran materiales tales como:

Selladores

Adhesivos

Pegamentos de Contacto

Alambres Recocidos

Alambres Galvanizados

Flejes de Aluminio

Flejes de Plástico

Sellos o Grapas para Fleje

Malla de Gallinero

Todos estos materiales sirven para formar un conjunto unido y compacto, con el cual se evitan - aberturas y fisuras, en un sistema aislante, - - pues la presencia de éstas permite el contacto - con el medio ambiente ocasionando daños al ais-

lante y al sistema en general.

c) Materiales de Acabado. - Son materiales utilizados para formar una cubierta, la cual puede ser independiente del aislante o puede integrarse al mismo.

El objetivo principal de estos materiales es proteger al aislante contra el intemperismo, abusos mecánicos y atmósferas contrarias al aislante.

Como materiales representativos de este grupo se tienen:

Cubiertas Metálicas

Flejes de Cubiertas

Pijas para Cubiertas

Remaches Pop

Tela de Fibra

Cementos Monolíticos

Malla de Gallinero

Tela de Manta-Algodón

Impermeabilizantes

El uso de los materiales de los tres grupos anteriores, se rige por el criterio del proyectista, ya sea del cliente o del proveedor, basándose principalmente en el capital que la empresa desee invertir en el sistema aislante.

En cuanto a los criterios de instalación básicos, las siguientes recomendaciones son de aplicación general dentro del mercado de los aislamientos.

- 1.- En general; los sistemas aislantes deben ser aplicados cuando las tuberías o equipos en donde se van a instalar, hayan pasado favorablemente la prueba hidrostática.
- 2.- Si los equipos cuentan con recubrimiento interno (vidriado, plástico, etc.), no requerirán prueba hidrostática para la aplicación del aislamiento.
- 3.- Se recomienda que se conozcan las condiciones de operación y diseño de equipos y tuberías, para así poder determinar el sistema aislante más eficiente.
- 4.- Si fuese necesaria aplicación de pintura a los equipos o tuberías, esta pintura deberá soportar las condiciones de operación de cada caso en particular.
- 5.- Antes de la aplicación de cualquier sistema aislante, ya sea en equipos o tuberías, deberá realizarse la limpieza de éstos. La limpieza podrá llevarse a cabo de acuerdo a lo siguiente:

Metal Blanco.- Esta se realiza hasta que la pieza adquiere un brillo metálico o gris uniforme.

Comercial.- Esta limpieza es de menor calidad ya que se observaran zonas grises y oscuras en el metal.

Mecánica.- Esta limpieza se realiza con el fin de retirar todas las grasas y mugre de las superficies, así como, los óxidos sueltos.

La limpieza a metal blanco se realiza por el método conocido como Sand-Elast, que no es otra cosa que la limpieza de una parte metálica con un chorro de arena a presión. Este proceso es muy caro por lo que sólo se realizará en equipos que así lo demanden.

La limpieza comercial y mecánica se realiza con cepillos, lijas y productos abrasivos; estos métodos son los más comunes de aplicar en la práctica, dada su versatilidad y economía.

- 6.- Cuando una sección metálica existan zonas con diferencias de potencial y una sustancia capaz de actuar como electrolito, se produce corrosión. al evitar las condiciones anteriores se retrasara la corrosión en la misma proporción en que se re

duzcan las zonas de diferente potencial; para -
ello el uso de barreras de vapor y selladores de
alta eficiencia son adecuados.

En forma general se determina que la corrosión -
en equipos aislados es causada por falla en las
barreras de vapor y los selladores, que normal-
mente fallaran por su baja calidad.

Los selladores que se aplican en los sistemas -
aislantes deberan ser materiales que no se degra
den por las condiciones ambientales que prevalez
can en el área de trabajo.

Las barreras de vapor deberan ser impermeables y
dificiles de desgarrar ya que ésto determinará -
la duración y eficiencia del sistema.

RECIPIENTES DE ALTA TEMPERATURA

Los recipientes con diámetro exterior hasta 75 cm. se
procurará aislarlos con materiales preformados; cualquier otra
superficie plana o cilíndrica de los recipientes se aislará con
placas o colchonetas que se adapten a las superficies del equi-
po.

Las placas de aislamiento o preformados se sujetarán -
con flejes o alambre a una distancia igual a la mitad de la lon-
gitud de la placa o preformado; las colchonetas se fijarán de la
misma manera usando como alternativa pernos, tuercas y grapas.

TAPAS DE RECIPIENTES VERTICALES

Las tapas de estos recipientes se aislarán con placas o colchonetas de cualquier aislante, cortadas en forma que se adapten al contorno de la tapa; en otros casos se podrá usar un cemento aislante; el sistema deberá terminarse con un ligero abombado para facilitar el escurrimiento por posibles derrames.

FONDO Y FALDONES DE RECIPIENTES VERTICALES

Las colchonetas se sujetarán con clavijas-pernos y tuercas, mientras que las placas aislantes se sujetaran a la tapa con alambre y flejes separados cada 30 cm.

TANQUES

El aislamiento se realizará de igual forma que en los recipientes para los tanques cuyo diametro sea menor de 3.5 m., con la diferencia que en aquellos que trabajen a temperaturas menores de 6°C, se aplicará desde la cimentación hasta una altura de 30 cm. una capa de poliuretano.

En los tanques que trabajen a temperaturas mayores de 6°C el aislante seleccionado se aplicará hasta la parte mas baja del tanque y en la base de concreto deberá aplicarse una capa de impermeabilizante.

En tanques de mas de 3.5 m. de diametro se aplicará una capa de poliuretano rígido desde el fondo hasta una altura de 30 cm.; encima de esta capa se aplicará el aislante seleccionado

hasta el espesor determinado, el aislante se sujetara con flejes y sellos o con pernos y tuercas.

CAMBIADORES DE CALOR

Las superficies planas y cilindricas se aislarán de manera semejante a los recipientes.

Las cabezas, cubiertas y canales de distribución no se aislarán a menos que el cliente especifique lo contrario, si es así, se aislarán de igual forma que en los tanquos.

EQUIPOS

Los equipos se cubriran con capas de cemento aislante y lana mineral o fibra, es de suma importancia la aplicación de - tela de gallinero entre las capas de aislante para darle un refuerzo apropiado al sistema, terminando con la aplicación de un impermeabilizante.

Deben instalarse tapas removibles en aquellas zonas donde por razones de mantenimiento se requieran, además de tener en cuenta que las boquillas y entradas-hombre no deberán aislarse.

TUBERIAS

En las líneas que corren verticalmente se aplicarán soportes cada 30 cm., ésto es para evitar que el aislante sufra asentamientos, sea por su propio peso o por movimientos de la - tubería.

En los tramos rectos se procurará la aplicación del aislante a la temperatura ambiente y sobre las líneas limpias y secas.

El aislante se aplicará en forma escalonada o alternada para evitar huecos en las juntas. Es de suma importancia considerar juntas de expansión, las cuales deberán tener una distribución de acuerdo a la siguiente tabla:

<u>SEPARACION DE JUNTAS EXPANSION (m.)</u>	<u>TEMPERATURA DE OPERACION (°C)</u>
12.0	149 a 302
8.0	303 a 410
5.0	411 a 599
3.0	600 a 799
2.5	800 a 1,004
2.0	1,005 a 1,202

Para evitar los golpes de ariete, las líneas de condensado después de las trampas de vapor no se aislarán, únicamente los tramos donde se requerirá por protección al personal.

Los extremos del aislante deberán achaflanarse y cuando la aplicación de placas y/o colchonetas pueda llevarse a cabo sustituyendo los preformados, se hará con el fin de reducir costos.

Cuando el tubo esté dotado con venas de vapor, el sistema deberá considerar un aislante adecuado capaz de envolver al tubo con sus venas; evitando que el aislante se deforme o se

someta a esfuerzos incesarios que reducirían la eficiencia del sistema en su totalidad.

En las líneas de proceso donde la pérdida de calor sea de suma importancia para la operación, deberán aislarse tanto bridas, codos, tes, válvulas y accesorios en general.

En equipos aislados las tuberías de drene y venteo se - aislarán hasta la primera válvula de cierre inclusive.

I N S T R U M E N T O S

Se aislarán los instrumentos con sus líneas, de los que cuenten con calentamiento ya sea con vena de vapor o calentamiento eléctrico.

Además se aislarán todas las líneas de instrumentos que operen a temperaturas mayores de 66°C para protección del personal.

S U P E R V I S I O N E N G E N E R A L

En los equipos y tuberías existen placas tales como: código de inspección, de especificaciones, datos del fabricante, - etc., las cuales no deberan cubrirse con el aislamiento, por lo que se deberá cortar y sellar perfectamente para evitar que penetra la humedad.

Toda perforación que se realice en el aislamiento deberá ser cubierta y sellada lo más pronto posible para evitar daños - por ataques del medio ambiente.

Siempre se tratará de evitar en lo posible la instalación del aislante en varias capas; de ser posible se procurará que sea en una sola capa, de no ser así se alternarán las juntas de cada capa para evitar el flujo continuo por éstas.

Todos los equipos y tuberías por aislarse, deberán estar libres de aceite, grasa, escoria, y es, de suma importancia que estén secos y libres de humedad.

Las uniones entre capas adyacentes deberán alternarse para obtener una mayor resistencia y evitar la propagación de la humedad a través del aislante.

Todas las aristas que estén expuestas al abuso mecánico deberán redondearse.

El material aislante deberá cortarse de forma que ajuste perfectamente a las superficies por aislar.

Los elementos de sujeción como alambres y flejes, deberán estar tensos y rectos, para evitar un desajuste en las uniones.

Verificar la instalación de juntas de expansión o contracción en las secciones donde sea necesario.

Debe evitarse soldar en el campo, salvo que se obtenga la aprobación del gerente de planta o mantenimiento.

Todo aislante que se instale en el transcurso del día, al término de la jornada, deberá estar terminado de acuerdo a lo especificado como acabado, si por alguna razón no se pudiera cubrir en su totalidad, el aislante faltante por terminar, se cu-

brirá con lonas o plásticos para evitar los posibles daños por la intemperie, sobre todo posibles lluvias que destruyan al aislante y afecten al sistema ya instalado.

VIII.- C O N C L U S I O N.

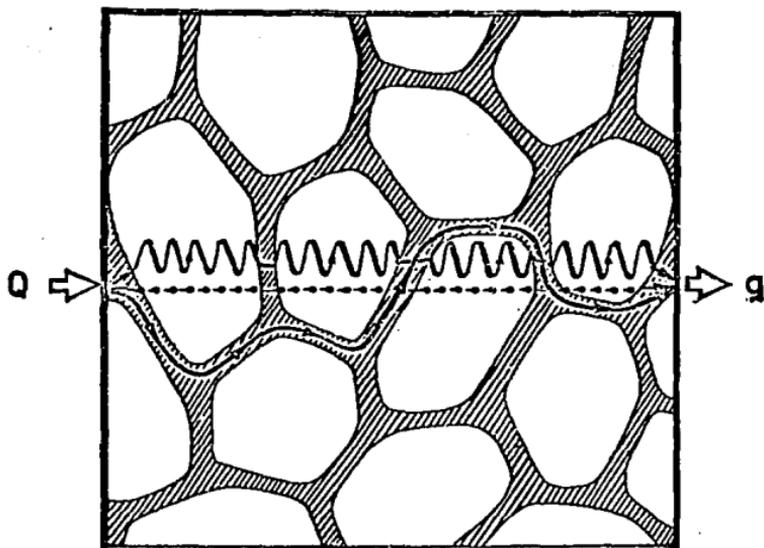
El aislamiento térmico es de suma importancia y necesidad en todas las empresas en las cuales se comprometan procesos en que intervengan problemas de transferencia de calor, debido a los beneficios generales que aporta como: ahorro de energéticos, aumento en la eficiencia de los equipos y protección del personal.

Se resume una teoría tan compleja como la transferencia de calor, mostrándola de una manera accesible y práctica para la solución de los problemas relacionados con los sistemas aislantes.

Al tener una literatura accesible y práctica, además de confiable, el usuario se sentirá atraído a su uso y práctica, por lo tanto su aplicación irá en aumento progresivo, beneficiando a la economía individual, empresarial y nacional.

Al ser detectado este aumento en su aplicación por las instituciones del gobierno encargadas de regular los permisos de operación, y dada, cada día, su mayor importancia, es de esperar que la aplicación y consideración de los sistemas aislantes se tornen de carácter obligatorio. Como consecuencia, para la obtención de una licencia de funcionamiento, deberá presentarse junto con los muchos requisitos ya existentes, un proyecto de aplicación y mantenimiento de sistemas aislantes.

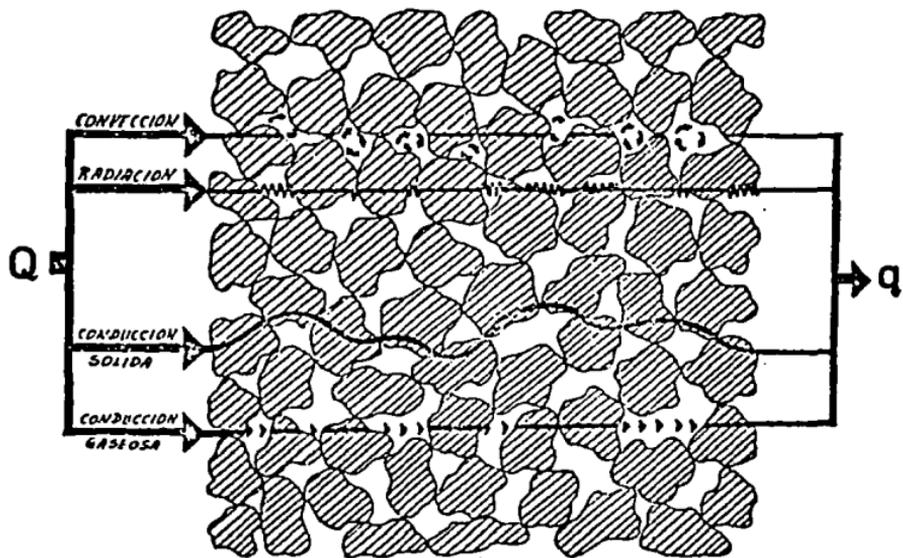
IX.- A N E X O



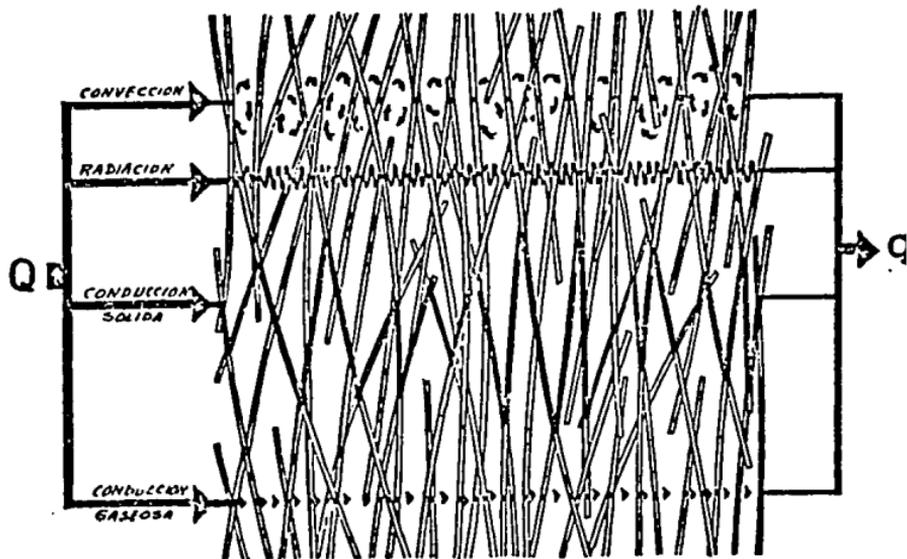
Trayectorias de flujo de calor

}		por conducción gaseosa
		por radiación
		por conducción sólida

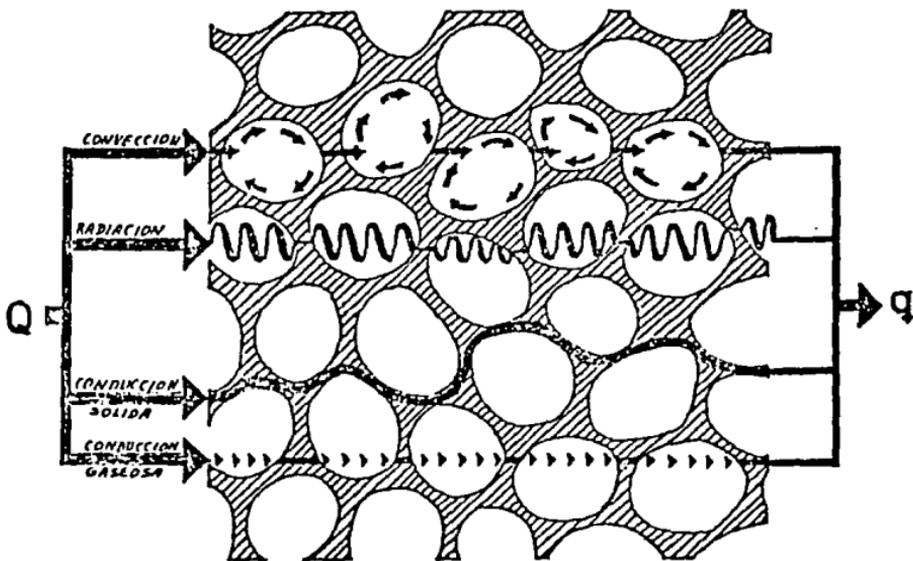
Contribuciones al flujo de calor a través de un corte
 amplificado de un material aislante.



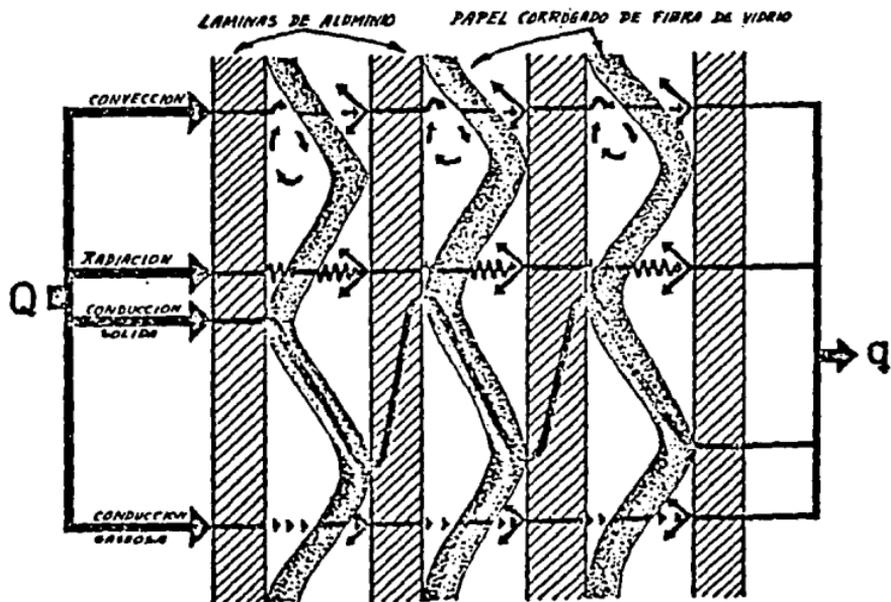
GRANULAR



FIBROSO



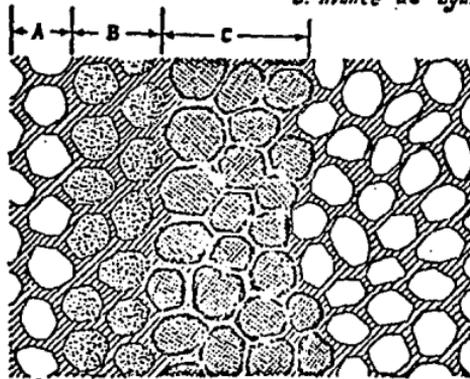
ES PUMOSO



REFLECTIVO

- A- Zona de penetración de vapor de agua.
- B- Zona de condensación.
- C- Zona de congelamiento.
- D- Avance de agua por células destruidas.

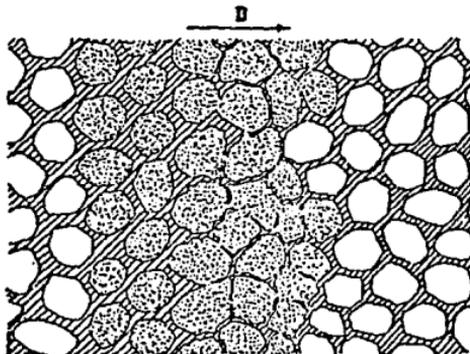
Temperatura ambiente



baja temperatura

Congelamiento

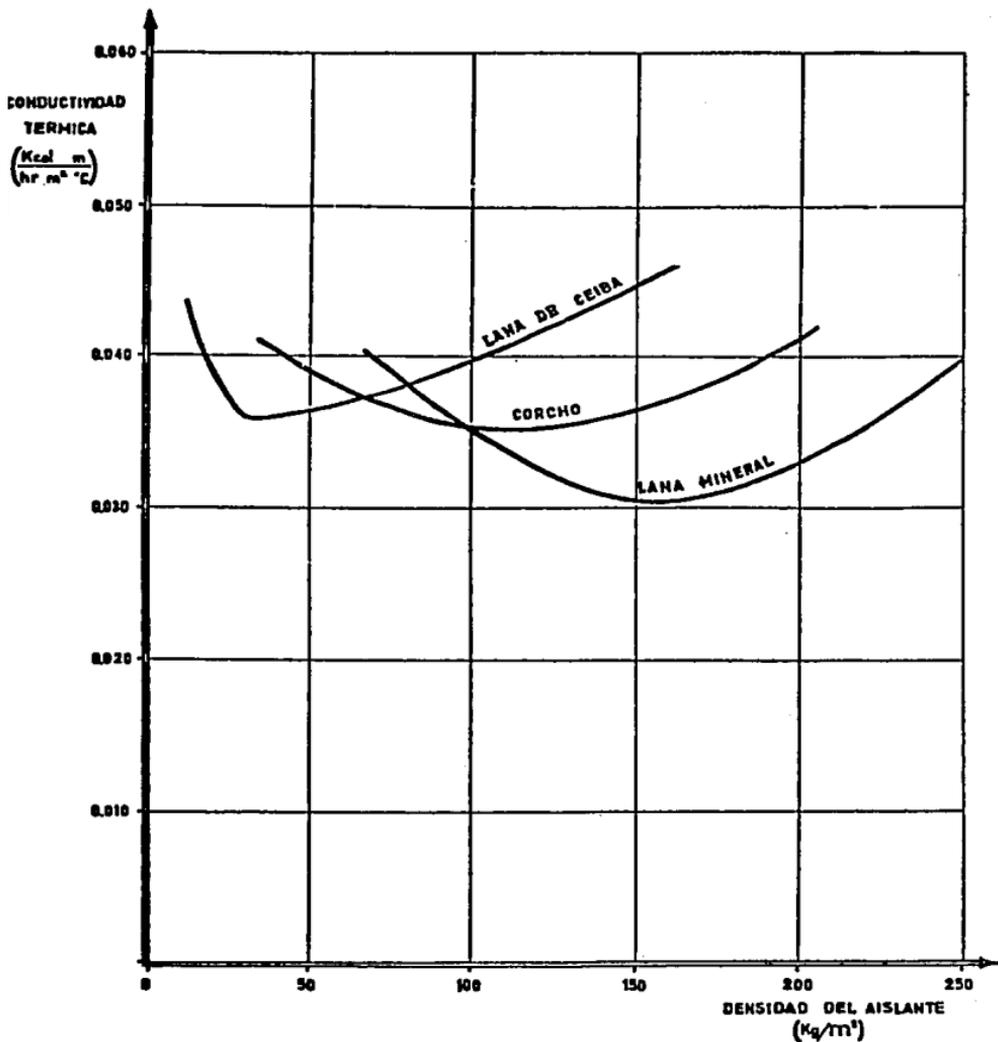
Temperatura ambiente



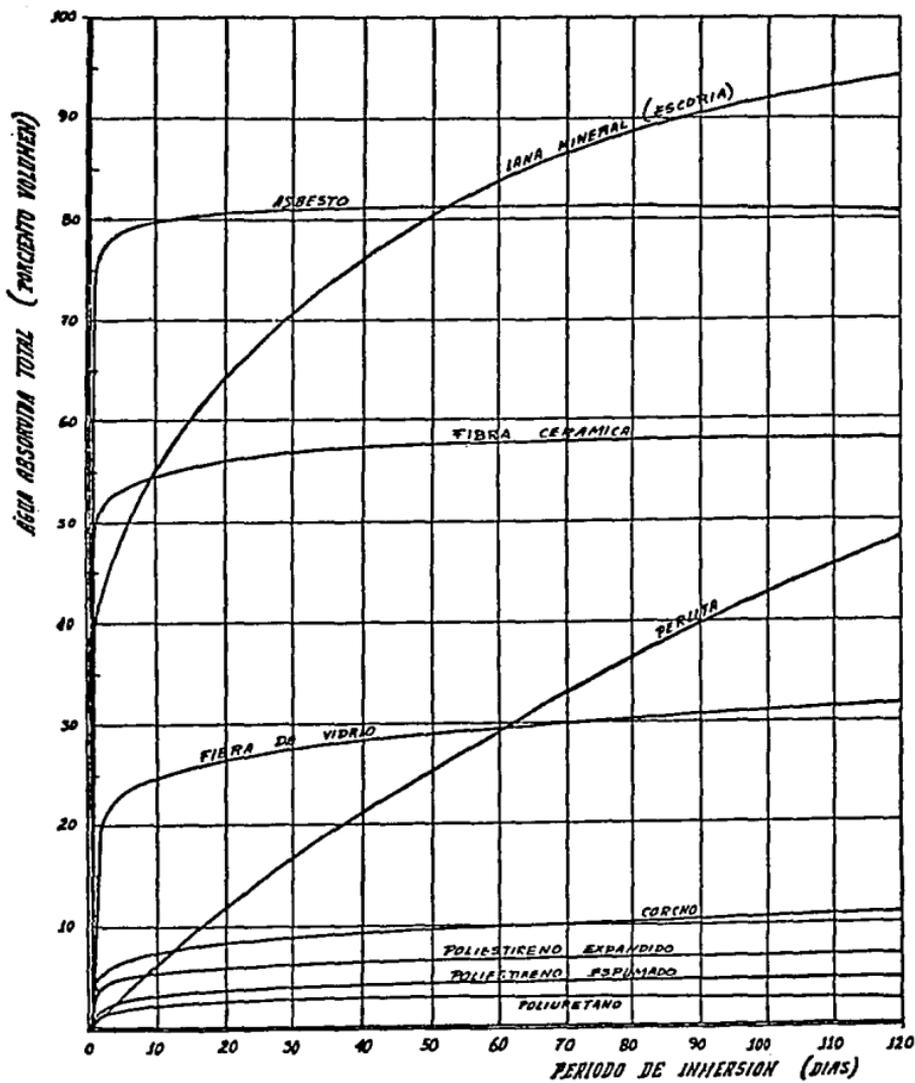
Equipo desconectado

Descongelamiento

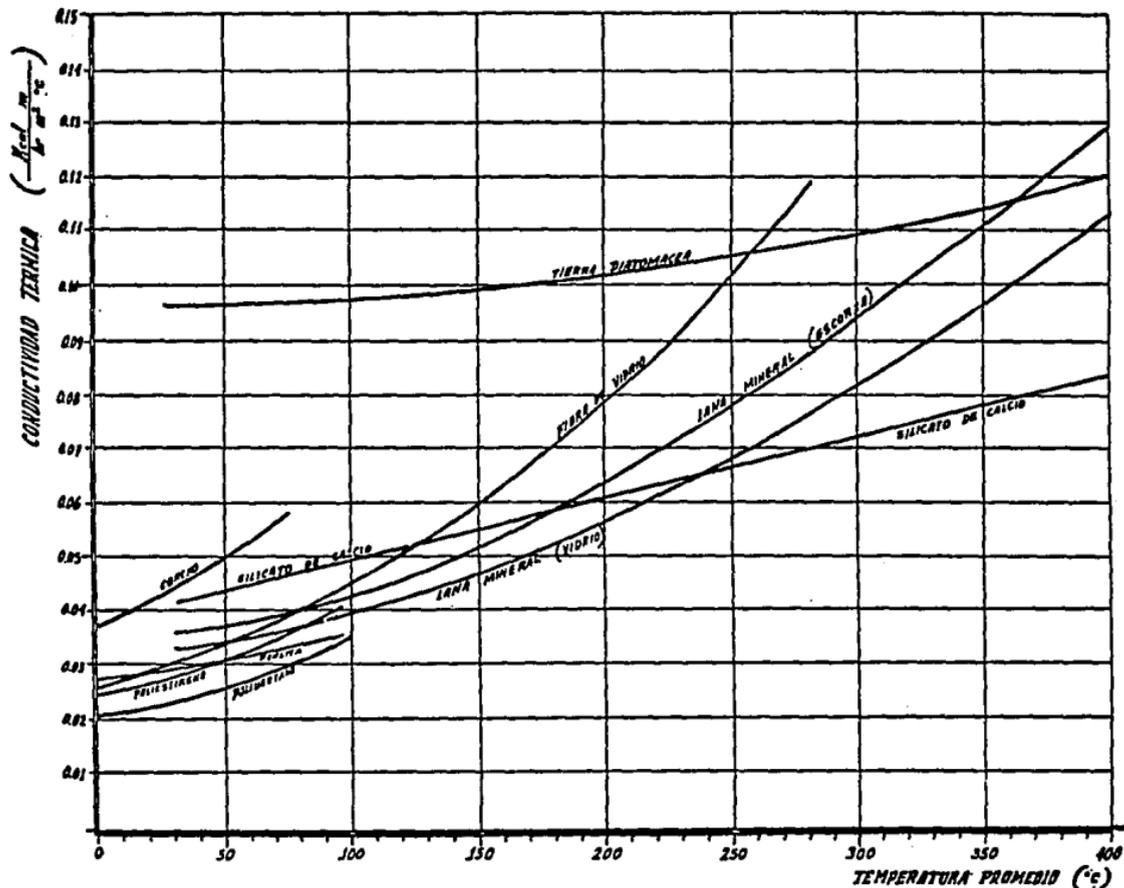
Efectos destructivos del congelamiento y descongelamiento de aislantes..



Densidad óptima para algunos aislantes térmicos secos @ 20°C



ABSORCION DE HUMEDAD EN INMERSION TOTAL EN AGUA .



Comportamiento de la conductividad.

DATOS GENERALES SOBRE TUBERIA STANDARD
 (Todas las dimensiones y pesos son nominales)

Medida en Pulg.	Diámetro en Pulgadas		Espesor en Pulg.	Circunferencia en Pulgadas		Area Transversal en Pulg. ²		Area de Super- ficie exterior sq.ft ft.l.
	Exterior	Interior		Exterior	Interior	Exterior	Interior	
1/8	0.405	0.269	0.068	1.272	0.845	0.129	0.057	0.1060
1/4	0.540	0.364	0.088	1.696	1.144	0.229	0.104	0.1414
3/8	0.675	0.493	0.091	2.121	1.549	0.358	0.191	0.1767
1/2	0.840	0.622	0.109	2.639	1.954	0.554	0.304	0.220
3/4	1.050	0.824	0.113	3.299	2.589	0.866	0.533	0.275
1	1.315	1.049	0.133	4.131	3.296	1.358	0.864	0.344
1 1/4	1.660	1.380	0.140	5.215	4.335	2.164	1.495	0.435
1 1/2	1.900	1.610	0.145	5.969	5.058	2.835	2.036	0.498
2	2.375	2.067	0.154	7.461	6.494	4.430	3.355	0.622
2 1/2	2.875	2.469	0.203	9.032	7.757	6.492	4.788	0.753
3	3.500	3.068	0.216	10.996	9.638	9.621	7.393	0.917
3 1/2	4.000	3.548	0.226	12.566	11.146	12.566	9.886	1.047
4	4.500	4.026	0.237	14.137	12.648	15.904	12.730	1.179
4 1/2	5.000	4.506	0.247	15.708	14.156	19.635	15.947	1.310
5	5.563	5.047	0.258	17.477	15.856	24.305	20.006	1.458
6	6.625	6.055	0.280	20.813	19.054	34.472	28.891	1.736
7	7.625	7.023	0.301	23.955	22.063	45.664	38.738	2.000
8	8.625	8.071	0.277	27.096	25.356	58.426	51.161	2.262
8	8.625	7.981	0.322	27.096	25.073	58.426	50.027	2.262
9	9.625	8.941	0.342	30.238	28.089	72.760	62.786	2.525
10	10.750	10.192	0.279	33.772	32.019	90.763	81.585	2.817
10	10.750	10.136	0.307	33.772	31.843	90.763	80.691	2.817
10	10.750	10.020	0.365	33.772	31.479	90.763	78.855	2.817
11	11.750	11.000	0.375	36.914	34.558	108.434	95.033	3.075
12	12.750	12.090	0.330	40.055	37.982	127.676	114.800	3.344
12	12.750	12.000	0.375	40.055	37.699	127.676	113.097	3.344

TABLAS DE VAPOR SATURADO

Presión Manométrica (Psi)	Presión Absoluta (Psi)	Temperatura °F	Volumen Específico de vapor saturado cub/ib		Calor Total del Vapor BTU/lb	Presión Manométrica (Psi)	Presión Absoluta (Psi)	Temperatura °F	Volumen Específico	Calor latente de evaporación BTU/lb	Calor Total del Vapor BTU/lb
1	1	101.74	333.6	1036.3	1106.0	175.3	190	377.51	2.404	846.8	1197.0
1	2	126.08	173.71	1022.2	1110.2	185.3	200	381.79	2.268	843.0	1196.4
1	3	141.48	118.71	1013.2	1122.0	196.3	210	385.90	2.183	839.2	1195.0
1	4	152.97	90.61	1006.4	1137.3	205.3	220	389.80	2.087	835.6	1193.0
1	5	162.24	73.52	1001.0	1151.1	215.3	230	393.68	1.9992	832.0	1190.1
1	6	170.00	61.08	996.2	1164.2	225.3	240	397.37	1.9183	828.5	1186.6
1	7	176.85	51.64	992.1	1176.0	235.3	250	400.95	1.8438	825.1	1182.1
1	8	182.86	47.34	988.5	1187.3	245.3	260	404.42	1.7748	821.8	1177.8
1	9	188.28	42.40	985.2	1198.4	255.3	270	407.78	1.7107	818.5	1173.0
1	10	193.21	38.42	982.1	1209.3	265.3	280	411.05	1.6511	815.3	1167.9
1	12	201.96	32.40	976.6	1246.8	275.3	290	414.23	1.5954	812.1	1162.0
1	14	209.56	28.04	971.9	1260.5	285.3	300	417.31	1.5432	809.0	1156.8
0.0	14.696	212.00	26.80	970.3	1250.4	305.3	320	423.29	1.4485	803.0	1153.4
0.5	15	213.03	26.29	969.7	1150.8	325.3	340	428.97	1.3645	797.1	1150.7
5.3	20	227.96	20.789	960.1	1156.3	345.3	360	434.40	1.2895	791.4	1147.1
10.3	25	240.07	16.303	952.1	1160.0	365.3	380	439.60	1.2222	785.8	1143.3
15.3	30	250.56	13.740	945.3	1164.1	385.3	400	444.59	1.1613	780.5	1139.5
20.3	35	259.28	11.898	939.2	1167.1	405.3	420	449.39	1.1061	775.2	1135.6
25.3	40	267.25	10.498	933.7	1169.7	425.3	440	454.02	1.0556	770.0	1131.6
30.3	45	274.44	9.401	928.0	1172.0	445.3	460	458.50	1.0094	764.0	1127.6
35.3	50	281.01	8.515	924.0	1174.1	465.3	480	462.82	0.9670	759.0	1123.5
40.3	55	287.07	7.787	919.6	1175.9	485.3	500	467.01	0.9278	755.0	1119.4
45.3	60	292.71	7.173	915.5	1177.6	505.3	520	471.21	0.8908	751.6	1115.3
50.3	65	297.97	6.655	911.6	1179.1	525.3	540	475.10	0.8554	749.7	1111.2
55.3	70	302.92	6.206	907.9	1180.6	545.3	560	478.83	0.8268	748.9	1107.0
60.3	75	307.60	5.816	904.5	1181.0	565.3	580	482.38	0.8006	748.8	1103.4
65.3	80	312.03	5.472	901.1	1181.3	585.3	600	485.81	0.7760	748.4	1100.1
70.3	85	316.25	5.168	897.8	1181.2	605.3	620	489.31	0.7531	747.7	1097.8
75.3	90	320.27	4.896	894.7	1181.3	625.3	640	492.72	0.7310	747.1	1095.3
80.3	95	324.12	4.652	891.7	1181.2	645.3	660	496.46	0.7093	746.2	1093.0
85.3	100	327.81	4.432	888.8	1181.2	665.3	680	499.10	0.6891	745.7	1091.4
90.3	105	331.36	4.232	886.0	1181.1	685.3	700	501.61	0.6705	745.3	1089.9
95.3	110	334.77	4.040	883.2	1181.0	705.3	720	504.00	0.6534	745.0	1088.4
100.3	115	338.07	3.852	880.6	1180.7	725.3	740	506.15	0.6354	744.6	1087.0
105.3	120	341.25	3.728	877.9	1180.4	745.3	760	508.10	0.6179	744.1	1085.6
110.3	125	344.33	3.587	875.4	1181.1	765.3	780	509.88	0.6021	743.4	1084.2
115.3	130	347.33	3.455	872.9	1181.7	785.3	800	511.52	0.5878	742.4	1082.1
120.3	135	350.21	3.333	870.0	1182.4	805.3	820	513.00	0.5740	741.3	1080.1
125.3	140	353.02	3.220	868.2	1183.0	825.3	840	514.32	0.5607	740.1	1078.2
130.3	145	355.76	3.114	866.8	1183.5	845.3	860	515.94	0.5473	739.2	1076.2
135.3	150	358.42	3.015	865.6	1184.1	865.3	880	517.49	0.5335	738.7	1074.8
140.3	160	363.83	2.834	860.2	1185.1	885.3	900	518.76	0.5180	737.8	1073.3
145.3	170	368.41	2.675	854.0	1186.0	905.3	920	519.81	0.5049	737.0	1071.8
150.3	180	373.06	2.532	850.8	1186.0	925.3	940	520.62	0.4903	736.4	1070.7

* Estas presiones son indicadas al decimo mas cercano de una libra.

TABLEAU DE CONVERSION DE TEMPERATURES

Los números en letra negra se refieren tanto a las temperaturas en °C como a las temperaturas en °F que se desean convertir a otra escala, si convertimos °F a °C, la temperatura equivalente se podrá encontrar en la columna de la izquierda, mientras que si queremos convertir °C a °F la escala se encontrará en la columna de la derecha.

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F					
-273	-459.4	.....	-17.7	0	32	0.0	50	122.0	38	100	312	260	506	932	538	1000	1872	815	1500	2732
-268	-456	.....	-17.2	1	33.8	10.4	51	123.8	43	110	230	265	518	950	543	1010	1850	820	1510	2750
-262	-440	.....	-16.6	2	35.6	11.1	52	125.6	49	120	248	271	520	968	549	1020	1868	827	1520	2768
-257	-430	.....	-16.1	3	37.4	11.5	53	127.4	54	130	260	276	530	986	554	1030	1886	831	1530	2786
-251	-420	.....	-15.5	4	39.2	12.1	54	129.2	60	140	284	282	540	1004	560	1040	1904	838	1540	2804
-246	-410	.....	-15.0	5	41.0	12.6	55	131.0	65	150	302	288	550	1022	565	1050	1922	842	1550	2822
-240	-400	.....	-14.4	6	42.8	13.2	56	132.8	71	160	320	293	560	1040	571	1060	1940	849	1560	2840
-234	-390	.....	-13.9	7	44.6	13.7	57	134.6	76	170	338	299	570	1058	576	1070	1958	853	1570	2858
-229	-380	.....	-13.3	8	46.4	14.3	58	136.4	83	180	356	304	580	1076	582	1080	1976	860	1580	2876
-223	-370	.....	-12.7	9	48.2	14.8	59	138.2	88	190	374	310	590	1094	587	1090	1994	864	1590	2894
-218	-360	.....	-12.2	10	50.0	15.6	60	140.0	93	200	392	315	600	1112	593	1100	2012	871	1600	2912
-212	-350	.....	-11.6	11	51.8	16.1	61	141.8	99	210	410	321	610	1130	598	1110	2030	877	1610	2930
-207	-340	.....	-11.1	12	53.6	16.6	62	143.6	100	212	413	326	620	1148	604	1120	2048	882	1620	2948
-201	-330	.....	-10.5	13	55.4	17.1	63	145.4	104	220	428	332	630	1166	609	1130	2066	887	1630	2966
-196	-320	.....	-10.0	14	57.2	17.7	64	147.2	110	230	446	338	640	1184	615	1140	2084	893	1640	2984
-190	-310	.....	-9.4	15	59.0	18.2	65	149.0	115	240	464	343	650	1202	620	1150	2102	898	1650	3002
-184	-300	.....	-8.8	16	60.8	18.8	66	150.8	121	250	482	349	660	1220	626	1160	2120	904	1660	3020
-179	-290	.....	-8.3	17	62.6	19.3	67	152.6	127	260	500	354	670	1238	631	1170	2138	909	1670	3038
-173	-280	.....	-7.7	18	64.4	19.9	68	154.4	132	270	518	360	680	1256	637	1180	2156	915	1680	3056
-168	-273	-459.4	-7.2	19	66.2	20.4	69	156.2	138	280	536	365	690	1274	642	1190	2174	920	1690	3074
-162	-270	-454	-6.6	20	68.0	21.0	70	158.0	143	290	554	371	700	1292	648	1200	2192	926	1700	3092
-157	-260	-436	-6.1	21	69.8	21.5	71	159.8	149	300	572	376	710	1310	653	1210	2210	931	1710	3110
-151	-250	-418	-5.5	22	71.6	22.2	72	161.6	154	310	590	382	720	1328	659	1220	2228	937	1720	3128
-146	-240	-400	-5.0	23	73.4	22.7	73	163.4	160	320	608	387	730	1346	664	1230	2246	942	1730	3146
-140	-230	-382	-4.4	24	75.2	23.3	74	165.2	165	330	626	393	740	1364	670	1240	2264	948	1740	3164
-134	-220	-364	-3.9	25	77.0	23.8	75	167.0	171	340	644	399	750	1382	675	1250	2282	953	1750	3182
-129	-210	-346	-3.3	26	78.8	24.4	76	168.8	177	350	662	404	760	1400	681	1260	2300	959	1760	3200
-123	-200	-328	-2.8	27	80.6	25.0	77	170.6	182	360	680	410	770	1418	686	1270	2318	964	1770	3218
-118	-190	-310	-2.2	28	82.4	25.5	78	172.4	188	370	698	415	780	1436	692	1280	2336	970	1780	3236
-112	-180	-292	-1.6	29	84.2	26.2	79	174.2	193	380	716	421	790	1454	697	1290	2354	975	1790	3254
-107	-170	-274	-1.1	30	86.0	26.8	80	176.0	199	390	734	426	800	1472	701	1300	2372	981	1800	3272
-101	-160	-256	-0.6	31	87.8	27.3	81	177.8	204	400	752	432	810	1490	706	1310	2390	986	1810	3290
-96	-150	-238	0	32	89.6	27.7	82	179.6	210	410	770	438	820	1508	711	1320	2408	992	1820	3308
-90	-140	-220	0.5	33	91.4	28.2	83	181.4	215	420	788	443	830	1526	717	1330	2426	997	1830	3326
-84	-130	-202	1.1	34	93.2	28.8	84	183.2	221	430	806	449	840	1544	726	1340	2444	1003	1840	3344
-78	-120	-184	1.6	35	95.0	29.3	85	185.0	226	440	824	454	850	1562	734	1350	2462	1008	1850	3362
-72	-110	-166	2.2	36	96.8	29.9	86	186.8	232	450	842	460	860	1580	739	1360	2480	1014	1860	3380
-67	-100	-148	2.7	37	98.6	30.4	87	188.6	238	460	860	465	870	1598	744	1370	2498	1019	1870	3398
-61	-90	-130	3.3	38	100.4	31.0	88	190.4	243	470	878	471	880	1616	748	1380	2516	1025	1880	3416
-55	-80	-112	3.8	39	102.2	31.5	89	192.2	249	480	896	476	890	1634	753	1390	2534	1030	1890	3434
-50	-70	-94	4.4	40	104.0	32.1	90	194.0	254	490	914	482	900	1652	760	1400	2552	1036	1900	3452
-44	-60	-76	4.9	41	105.8	32.6	91	195.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
-38	-50	-58	5.5	42	107.6	33.3	92	197.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
-32	-40	-40	6.0	43	109.4	33.8	93	199.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
-26	-30	-22	6.6	44	111.2	34.4	94	201.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
-20	-20	-4	7.1	45	113.0	34.9	95	203.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
-14	-7	14	7.7	46	114.8	35.5	96	204.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
			8.2	47	116.6	36.1	97	206.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
			8.8	48	118.4	36.6	98	208.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
			9.3	49	120.2	37.1	99	210.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Pérdida de calor, temperatura de superficie y eficiencia para superficies verticales y planas
(Aire ambiente quieto a 80°F)

Temp. de Sup.°F	180			280			380			480			580			680		
	100			200			300			400			500			600		
Diferencia de Temp.°F																		
Espesor del aislamiento, in	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF
Sin Aislamiento	213	...	...	510	...	...	990	...	...	1600	...	...	2305	...	...	3420	...	...
1	34	101	84.3	71	120	86.9	111	139	88.8	155	157	90.3	202	176	91.6	252	191	92.6
1½	24	95	89.5	50	110	90.7	78	124	92.1	109	138	93.2	141	152	94.1	176	166	94.9
2	19	92	91.3	39	101	92.8	61	115	93.9	84	126	94.7	109	138	95.4	136	149	96.0
2½	15	90	92.9	32	100	94.1	49	109	95.0	68	119	95.7	89	129	96.3	110	138	96.8
3	...	...	...	27	97	95.0	42	105	95.8	58	114	96.4	75	122	96.9	93	130	97.3
4	...	...	...	...	...	...	32	100	96.8	44	107	97.2	57	113	97.6	71	120	97.9
Temp. de sup.°F	780			880			980			1080			1180			1280		
Dif. de temp.°F	700			800			900			1000			1100			1200		
Espesor del Aislamiento in	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF	Q	ST	EFF
Sin Aislamiento	4704	...	...	6285	...	...	8721	...	...	10,640	...	...	13,475	...	...	16,872	...	...
1½	213	180	95.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	164	161	96.5	193	172	96.9	225	184	97.4	257	190	97.6	292	207	97.8	329	219	98.1
2½	133	148	97.2	157	158	97.5	183	168	97.9	200	178	98.0	237	188	98.2	266	198	98.4
3	112	139	97.6	132	148	97.9	154	157	98.2	176	166	98.3	199	175	98.5	224	183	98.7
4	86	127	98.2	101	134	98.4	117	141	98.7	134	148	98.7	152	156	98.9	170	163	99.0
5	69	119	98.5	81	125	98.7	94	131	98.9	108	137	99.0	122	144	99.1	137	150	99.2

Q = Pérdida de calor, BTU/(sq ft)(hr) ST = Temperatura superficial del aislamiento, EFF = Eficiencia en porciento

Medida nominal de la tuberia	en pulgadas	Diferencia de temperaturas entre el aire y la tuberia en °F										
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
1 1/2	55	130	247	391	551	716	881	1150	1381	1585	1950	2160
2	67	167	301	451	616	781	1050	1381	1685	2050	2600	3060
3	82	200	379	595	851	1116	1500	1950	2485	3050	3800	4500
4	102	250	464	741	1103	1500	2100	2750	3485	4250	5100	5900
5	115	280	520	811	1207	1700	2350	3100	3950	4850	5800	6700
6	141	335	617	936	1370	1900	2600	3400	4300	5250	6300	7400
8	168	423	773	1170	1700	2350	3100	3950	4900	5950	7100	8300
10	202	507	900	1393	2000	2700	3500	4400	5400	6500	7700	9000
12	228	575	1057	1607	2250	2950	3800	4750	5800	6950	8200	9600
14	258	647	1178	1750	2450	3200	4100	5100	6200	7400	8700	10200
16	291	735	1307	1900	2650	3450	4400	5450	6600	7850	9200	10800
18	327	827	1450	2075	2850	3700	4700	5800	7000	8300	9700	11400
20	367	923	1610	2280	3150	4050	5100	6250	7500	8850	10300	12100
22	410	1023	1780	2520	3450	4400	5500	6700	8000	9400	10900	12800
24	457	1137	1960	2790	3750	4750	5900	7150	8500	9950	11500	13600

Perdidas de calor de tuberías sin aislar
(En B.T.U./ft.)(hr.)(ft.)(hr.)(°F). Aire ambiente y viento a 80 °F.)

Datos para su uso en el cálculo de transmisión de calor para tuberías aisladas.

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{r_2}{k} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{f}}$$

Donde Q = BTU/(hr)(sqft) de la superficie exterior del aislamiento, r_1 = radio interior del aislamiento en pulgadas, r_2 = radio exterior del aislamiento en pulgadas, $r_2 = r_1 + L$, t_1 = temperatura dentro del aislamiento, t_2 = temperatura fuera del aislamiento, R = conductividad térmica basada en la temperatura media (promedio) = $(t_1 + t_2)/2$, f = conductancia de la película, de aire, t = espesor del aislamiento.

Medida de la tubería de fierro pulgadas	Diámetro de la tubería pulgadas	Radio interior del aislamiento r	Valores de $\frac{r_2}{k} \ln \frac{r_2}{r_1}$ para un espesor t del aislamiento							
			1/2 pulg.	1 pulg.	1 1/2 pulg.	2 pulg.	2 1/2 pulg.	3 pulg.	3 1/2 pulg.	4 pulg.
3/4	0.540	0.270	0.81	1.98	3.32	4.84	6.45	8.13	9.95	11.70
3/8	0.675	0.337	0.76	1.84	3.12	4.53	6.04	7.64	9.32	11.06
3/8	0.840	0.420	0.72	1.73	2.92	4.23	5.66	7.18	8.74	10.39
3/8	1.050	0.525	0.69	1.63	2.73	3.96	5.29	6.73	8.21	9.73
1	1.315	0.657	0.66	1.52	2.57	3.72	4.96	6.29	7.65	9.12
1 1/4	1.660	0.830	0.63	1.45	2.40	3.45	4.63	5.86	7.14	8.50
1 1/2	1.900	0.950	0.62	1.40	2.30	3.33	4.45	5.65	6.85	8.17
2	2.375	1.187	0.59	1.33	2.21	3.16	4.17	5.28	6.47	7.62
2 1/2	2.875	1.437	0.58	1.27	2.09	2.99	3.95	4.98	6.07	7.23
3	3.500	1.750	0.56	1.24	2.02	2.85	3.78	4.75	5.78	6.84
3 1/2	4.000	2.000	0.55	1.22	1.96	2.76	3.64	4.60	5.56	6.60
4	4.500	2.250	0.55	1.19	1.91	2.71	3.56	4.46	5.41	6.38
4 1/2	5.000	2.500	0.54	1.18	1.88	2.66	3.45	4.35	5.28	6.24
5	5.563	2.781	0.54	1.17	1.84	2.58	3.38	4.28	5.15	6.03
6	6.625	3.312	0.53	1.13	1.78	2.50	3.25	4.10	4.91	5.78
7	7.625	3.812	0.53	1.12	1.75	2.44	3.22	3.95	4.75	5.62
8	8.625	4.312	0.53	1.11	1.74	2.40	3.13	3.88	4.61	5.49
9	9.625	4.812	0.53	1.10	1.70	2.38	3.07	3.75	4.52	5.29
10	10.750	5.375	0.52	1.09	1.69	2.34	3.05	3.70	4.44	5.22
12	12.750	6.375	0.52	1.08	1.68	2.33	3.00	3.63	4.32	5.06
14	14.000	7.000	0.52	1.07	1.65	2.26	2.90	3.56	4.26	4.97
16	16.000	8.000	0.52	1.06	1.63	2.23	2.85	3.50	4.17	4.86
18	18.000	9.000	0.51	1.05	1.62	2.21	2.82	3.45	4.10	4.76
20	20.000	10.000	0.51	1.05	1.61	2.19	2.80	3.41	4.05	4.71
24	24.000	12.000	0.51	1.04	1.59	2.16	2.74	3.39	3.96	4.60

PESAS, MEDIDAS Y EQUIVALENCIAS

-LONGITUD-

METRICO		EQUIV. METRICAS		EQUIV. INGLESAS	
KILOMETRO	{ Km } = 1000	m	= 10	Yd	= 0.62137
METRO	{ m } = 100	m	= 10	Yd	= 1.0936
DECIMETRO	{ dm } = 10	m	= 10	Yd	= 10.936
CM	{ cm } = 1	m	= 10	Yd	= 1.0936
	1	m	= 100	Yd	= 1.2200
	1	m	= 1000	Yd	= 19.37
DECIMETRO	{ dm } = 0.1	m	= 10	Yd	= 3.937
CENTIMETRO	{ cm } = 0.01	m	= 10	Yd	= 0.3937
MILIMETRO	{ mm } = 0.001	m	= 1000	Yd	= 0.03937
MICRON	{ μm } = 0.000001	m	= 0.001	Yd	= 0.03937
INGLES		EQUIV. METRICAS		EQUIV. INGLESAS	
MILE (estadote)	{ mi } = 1609.34	m	= 1760	Yd	= 5280
FURLONG	{ fur } = 201.17	m	= 220	Yd	= 660
YARD	{ yd } = 0.9144	m	= 1	ft	= 36
FOOT	{ ft } = 30.48	cm	= 1	ft	= 12
INCH	{ in } = 2.54	cm	= 1	in	= 0.0833
THOUSAND OF INCH	{ mil } = 0.0254	mm	= 1	mil	= 0.001
LEAGUE (nautical)	{ nm } = 4428	m	= 3	nautical miles	
MILE (nautical)	{ nm } = 1851.25	m	= 1.1516	mi	= 6080.2
PARSEC	{ pc } = 1.879	m	= 2	yd	= 6
KNOT	{ kn } = 1851.25	m/hora	=		
					= velocidad de 1 milla nautica/hora.

- SUPERFICIE -

METRICO		EQUIV. METRICAS		EQUIV. INGLESAS	
KILOMETRO CUADRADO	{ Km ² } = 1000000	m ²	= 100	Ha	= 0.3861 (ca m ²)
HECTAREA	{ Ha } = 10000	m ²	= 100	A	= 2.471 (A)
AREA	{ a } = 100	m ²	= 100	sq ft	= 119.6 (ca ft)
METRO CUADRADO	{ m ² } = 1	m ²	= 10000	sq ft	= 10.764 (ca ft)
	1	m ²	= 1000000	sq in	= 1550. (ca in)
INGLES		EQUIV. METRICAS		EQUIV. INGLESAS	
SQUARE (ca m)	{ m ² } = 2.5899	Km ²	= 640	A	= 3097600
MILE	{ mi } = 4046.87	m ²	= 0.6047	Ha	= 2640
ACRE (A)	{ A } = 4046.87	m ²	= 0.6047	Ha	= 43560
					(cuadrado de: 208.7 ft de lado)
SQUARE YARD	{ sq yd } = 0.8361	m ²	= 9	sq ft	= 1296
SQUARE FOOT	{ sq ft } = 0.0929	m ²	= 929	sq in	= 144
SQUARE INCH	{ sq in } = 6.452	cm ²	= 645.2	cm ²	= 0.006945

- VOLUMEN -

<u>METRICO</u>		<u>EQV. METRICAS</u>		<u>EQV. INGLESAS</u>	
METRO (m ³)	= 1000	dm ³	= 1000000	cm ³	= 1.308 cu yd = 35.315 cu ft
CUBICO	= 1	kl	= 1000	la	= 264.18 gal US
	= 1000	kg (l Ts)	de agua		= 2204.6 libras de agua
DECIMETRO (dm ³)	= 1000	cm ³	= 1	la	= 61.023 cu in
CUBICO					
CENTIMETRO (cm ³)	= 1000	mm ³	= 1	ml	= 0.061023 cu in
CUBICO					
MILIMETRO (mm ³)	= 0.001	cm ³	= 0.001	ml	= 0.000061 cu in
CUBICO					
<u>INGLES</u>		<u>EQV. METRICAS</u>		<u>EQV. INGLESAS</u>	
CUBIC (en yd)	YARDA	= 0.7646	m ³	= 27	cu ft = 46656 cu in
YARDA	CUBICA				= 21.7 US bushels
CUBIC	PIE				
FOOT (en ft)	CUBICO	= 28.317	dm ³	= 0.037	cu yd = 1728 cu in
		= 7.47335	gal US	= 0.2322	British Gallons (Galones Británicos)
CUBIC	FUZGADA				
INCH (en in)	CUBICA	= 16.38708	cm ³	= 0.000579	cu ft

- CAPACIDAD -

<u>METRICO</u>		<u>EQV. METRICAS</u>		<u>EQV. INGLESAS</u>	
KILOMETRO (kl)	= 1000	litros	= 10 kl	= 1 m ³	= 35.315 cu ft
HECTOMETRO (hl)	= 100	litros	= 10 hl	= 100 dm ³	= 264.18 gal
DECALITRO (dl)	= 10	litros	= 10 dm ³		= 2.6418 gal
					= 2.641 gal
LITRO (litro)	= 10	dl	= 1 dm ³		= 0.264 gal
	= 100	cl	= 100 cm ³		= 0.9081 dry qt
	= 1000	ml	= 1000 mm ³		= 1.0567 liquid qt
		= 1 kg de agua			= 61.023 cu in
					= 2.2046 libras de agua
DECILITRO (dl)	0.1	= 10 cl	= 100 cm ³		= 6.1023 cu in
CENTILITRO (cl)	0.01	= 10 ml	= 10 mm ³		= 0.3382 fl oz US
MILILITRO (ml)	0.001	= 1 cm ³	= 1000 mm ³	= 1 grano de agua	= 0.06102 cu in
					= 0.0136 fl oz US

Las medidas de capacidad son diferentes en Inglaterra (SISTEMA IMPERIAL, O BRITANICO) y en los ESTADOS UNIDOS (SI), por lo que se presentan por separado a continuación:

E.U.A Dry (Aridos)

		EQUIV. METRICAS	EQUIV. INGLESAS		
BUSHEL (bu)	=	35.2383 litros (o dm ³)	=	1.2845 cu ft = 4 pk	
PECK (pk)	=	8.8096 litros	=	0.3189 British bushel	
QUART (qt)	=	1.1012 litros	=	37.5 cu in = 2 qt	
PINT (pt)	=	0.5506 litros	=	33.8 cu in = 2 pt	
(LIQUID)					
BULK BARREL (bbl)	=	119.237 litros (o dm ³)	=	31.5 US gal = 4.211 cu ft	
GALLON (gal)	=	3.7853 litros	=	0.726 British bbl	
QUART (qt)	=	0.9443 litros	=	231 cu in = 4 qt	
PINT (pt)	=	0.4732 litros	=	118 fl oz = 0.8327 British gal	
GILL (gi)	=	0.11828 litros	=	59.32 cu in = 2 pt	
OUNCE (fluid) (fl oz)	=	29.57 ml (o cm ³)	=	4 fl oz = 8 fluid drams	
DRAM (fluid)	=	3.69675 ml (o cm ³)	=	1.80469 cu in	
BARREL (petrol.) (bl)	=	158.9826 litros	=	0.2256 cu in = 42 US gal	

BRITANICO

BULK BARREL (bbl)	=	16 litros (aprox.)	=	36 British gal = 5.8 cu ft	
BUSHEL (bu)	=	35.35 litros (o dm ³)	=	1.2837 cu ft = 4 pk	
PECK (pk)	=	9.0873 litros	=	354.55 cu in = 2 gal	
GALLON (gal)	=	4.5437 litros	=	277.27 cu in = 4 qt	
QUART (qt)	=	1.136 litros	=	180 fl oz = 1.2009 US gal	
PINT (pt)	=	0.568 litros	=	99.32 cu in = 2 pt	
GILL (gi)	=	0.142 litros	=	34.66 cu in = 4 gi	
OUNCE (fluid) (fl oz)	=	28.3588 ml (o cm ³)	=	8.66 cu in = 5 fl oz	
DRAM	=	3.5495 ml (o cm ³)	=	1.733 cu in = 8 drams	

- PESO -

METRICO

	EQUIV. METRICAS	EQUIV. INGLESAS		
TONELADA (Tn)	= 1000 kg = 1 m ³ de agua	= 0.9842 l.t.	=	1.1023 st.
KILOGRAMO (kg)	= 1000 g = 1 litro de agua	= 2.20462 lb av	=	35.274 oz av
GRAMO (g)	= 1 cm ³ (o ml) de agua	= 2.699 lb. t.	=	32.1607 oz. t.
DECIGRAMO (dg)	= 10 decigramos	= 15.432 gr	=	0.055074 oz av
CENTIGRAMO (cg)	= 10 centigramos	= 1.5432 gr	=	0.051251 oz. t.
MILIGRAMO (mg)	= 0.001 gramo	= 0.15432 gr	=	0.015432 gr

INGLES

	EQUIV. METRICAS	EQUIV. INGLESAS		
AVOIRDUPOIDS				
LONG TON (l.t.)	= 1016 kg	= 2240 lb		
SHORT TON (s.t.)	= 907.2 kg	= 2000 lb		
HUNDRED-WEIGHT (cwt)	= 45.36 kg	= 100 lb		
POUND (lb)	= 0.4536 kg	= 16 oz	=	7000 gr
OUNCE (oz)	= 28.3495 gramos	= 16 drams	=	437.5 gr
GRAIN (gr)	= 0.0648 gramos			
TROY (see y peso)				
TROY POUND (lb.t.)	= 373.242 gramos	= 12 oz. t.	=	5760 gr
TROY OUNCE (oz. t.)	= 31.1035 gramos	= 480 gr		

-PRESION-

METRICO

	EQUIV. METRICAS		EQUIV. INGLESAS
ATMOSFERA (ata) =	1.03322 Kg/cm ²	=	14.695 lb/eq in
Xg/cm ² =	1013250		
BAR =	0.967831 atm	=	14.223 lb/eq in
MILIBAR =	1000000 dinas/cm ²	=	14.5 lb/eq in
MILIBAR =	1.0197 Kg/cm ²		
MILIBAR =	0.001 bar		
MILIBAR =	1000 barías		
MILIBAR =	1 millonésima de bar		
MILIBAR =	1 dina/cm ²		
MILIBAR =	1 mg/cm ² (aprox.)		
	0.0703 Kg/cm ² = 0.068 ata	=	1 lb/eq in

PRESION ATMOSFERICA NORMAL =	1.033 Kg/cm ²	=	14.7 lb/eq in
=	760 mm de mercurio (a)	=	29.92 pulg. de mercurio
GRAVEDAD NORMAL (g) =	980.665 cm/segundo ²	=	32.16 ft/seg ² (aw)
ACELERACION POR GRAVEDAD =	9.81 m/segundo ² (a)	=	32.16 ft/seg ²
	(a) Al nivel del mar y a 45° latitud.	(aw) Al nivel del mar en Nueva York.	

-CALOR-

UNIDAD

	EQUIV. METRICAS		EQUIV. INGLESAS
KILOCALORIA (gran caloría) =	1000 calorías	=	3.968 BTU
CALORIA (o caloría-gramo) =	4.25 Kgs	=	0.003968 BTU
	4.18 Julios		
BRITISH THERMAL UNIT (BTU) =	252 calorías-gramo	=	778 foot-pounds
=	107 Kgs	=	0.000292 Kw-hora
=	1053 Julios	=	0.000393 HP-hora
	1.053 Kw		

CALORIA (unidad internacional de medida del calor). Es el calor necesario para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo-mas de agua a la temperatura de 15°C.

BRITISH THERMAL UNIT (BTU) - Es el calor necesario para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

SUPERFICIE DE LA REPUBLICA MEXICANA

LA REPUBLICA MEXICANA TIENE UNA SUPERFICIE DE 1,969,269 KM².

ESTADO	SUPERFICIE	ESTADO	SUPERFICIE
AGUASCALIENTES	5,466	MORELOS	4,964
BAJA CALIFORNIA, NORTE	71,677	NAYARIT	27,053
BAJA CALIFORNIA, SUR	72,465	PUEBLO LIBRE	64,103
CAMPECHE	60,952	QUAJALTEPEC	9,211
COAHUILA	150,395	QUERETARO	33,995
COLIMA	7,205	QUINTANA ROO	11,480
CHIAPAAS	74,415	SAN LUIS POTOSI	90,150
CHIHUAHUA	245,612	SINALOA	63,341
DISTRITO FEDERAL	1,483	SONORA	58,448
DURANGO	123,520	TABASCO	182,533
GUANAJUATO	30,275	TAMAULIPAS	25,117
GUERRERO	64,456	TAMPULCAN	79,402
HIDALGO	30,870	Tehuacan	1,624
JALISCO	30,275	VERACRUZ	43,893
MEXICO	81,074	YUCATAN	43,508
MICHOOAN	60,093	ZACATECAS	73,476

- VELOCIDAD -

METRICO

100 Km/hora	=	1.667	Km/minuto	=	60	mi/hr
1 Km/hora	=	16.67	m/minuto	=	0.62	mi/min
	=	27.78	cm/seg	=	0.9113	ft/sec
1 m/hora	=	1.667	cm/minuto	=	0.29	nudos (Knots)
1 Km/minuto	=	0.02778	cm/segundo	=	3.28	ft/hr
	=	60	Km/hora	=	0.000911	ft/sec
1 m/minuto	=	1664.7	cm/segundo	=	0.62	mi/min
	=	60	m/hora	=	24.68	ft/sec
1 m/segundo	=	1.6667	cm/segundo	=	39.37	in/min
	=	36	m/hora	=	0.05468	ft/sec
	=			=	118.1	ft/hr
	=			=	0.0328	ft/sec

ESQV. METRICAS

1.667	Km/minuto	=	60	mi/hr
16.67	m/minuto	=	0.62	mi/min
27.78	cm/seg	=	0.9113	ft/sec
1.667	cm/minuto	=	0.29	nudos (Knots)
0.02778	cm/segundo	=	3.28	ft/hr
60	Km/hora	=	0.000911	ft/sec
1664.7	cm/segundo	=	0.62	mi/min
60	m/hora	=	24.68	ft/sec
1.6667	cm/segundo	=	39.37	in/min
36	m/hora	=	0.05468	ft/sec
		=	118.1	ft/hr
		=	0.0328	ft/sec

ESQV. INGLESAS

60	mi/hr	=	1.013	mi/hr
		=	0.62	mi/min
		=	0.9113	ft/sec
		=	0.29	nudos (Knots)
		=	3.28	ft/hr
		=	0.000911	ft/sec
		=	0.62	mi/min
		=	24.68	ft/sec
		=	39.37	in/min
		=	0.05468	ft/sec
		=	118.1	ft/hr
		=	0.0328	ft/sec

INGLES

100 millas/hora	(mi/hr)	=	1.61	Km/hora	=	1.667	mi/min
1 milla/hora	(mi/hr)	=	1.61	Km/hora	=	88	ft/min
1 pie/minuto	(ft/min)	=	4.7	cm/segundo	=	1.667	ft/sec
		=	30.48	cm/minuto	=	0.01667	ft/sec
		=	0.508	cm/segundo	=		
1 pie/segundo	(ft/sec)	=	1097.1	m/hora	=	3600	ft/hr
		=	30.48	cm/segundo	=		

ESQV. METRICAS

1.61	Km/hora	=	1.667	mi/min
1.61	Km/hora	=	88	ft/min
4.7	cm/segundo	=	1.667	ft/sec
30.48	cm/minuto	=	0.01667	ft/sec
0.508	cm/segundo	=		
1097.1	m/hora	=	3600	ft/hr
30.48	cm/segundo	=		

ESQV. INGLESAS

1.667	mi/min	=	1.667	mi/min
88	ft/min	=	1.667	ft/sec
1.667	ft/sec	=	0.01667	ft/sec
3600	ft/hr	=		

KNOT	(nudo)	=	1853.25	m/hora	=	1	milla marina por hora
		=			=	1.1516	milla (estatuto) por hora.

VELOCIDAD DE LA LUZ	=	300000	Km/segundo	=	186300	mi/seg
		=	(en vacio)	=		
VELOCIDAD DEL SONIDO	=	360	m/segundo (en el	=	1100	ft/seg
		=	aire, aprox.)	=		

- UNIDADES ESPECIALES -

			ESQV. METRICAS		ESQV. INGLESAS	
BARRIL DE PETROLEO	=	159	litros	=	42	galones US
QUINTAL DE ALGODON	=	68.02	Kg	=	101.244	libras
SACO DE CAFE	=	60	Kg	=	132	libras
QUILATE (piedras preciosas)	=	200	miligramos	=	1	carat
				=	3.086	grains
QUILATE (de oro)	=	1/24	parte de oro	=	Gold carat	
			parte contenida en una	=		
			onza.	=		
ORO PURO	=	24	quilates	=	24	carats (pure gold)

- FUERZA -

			ESQV. METRICAS		ESQV. INGLESAS					
TONELADA-FUERZA	{ T-f }	=	1000	Kg-f	=	981	md	=	2204	lb-f
KILOGRAMO-FUERZA	{ Kg-f }	=	1000	g-f	=	0.981	md	=	2.2046	lb-f
GRAMO-FUERZA	{ g-f }	=	0.001	Kg-f	=	981	dinas	=	0.0022	lb-f
MEGADINA	{ md }	=	1.0197	Kg-f	=			=	2.248	lb-f
		=	1000000	dinas	=			=		
DINA	{ da }	=	0.0010197	g-f	=	1/981	g-f	=		

DINA.- (unidad del sistema CGS) es la fuerza que comunica a la masa de un gramo una aceleración de 1 cm. por segundo, en un segundo. 981 cm/segundo es la fuerza de gravedad normal.

- TRABAJO -

			ESQV. METRICAS		ESQV. INGLESAS		
KILOGRAMETRO	{ Kgm' }	=	1	Kg-f por 1 metro	=	7.233	foot-pounds
		=	9.81	Julios	=		
JULIO (Joule)	{ J }	=	1	megadina por 1 dm	=	0.738	foot-pounds
		=	10000000	g	=		
ERGIO (erg)	{ e }	=	1	dina por 1 cm	=		
		=	1/981	g/cm	=		

-POTENCIA-

		<u>EN UNIDADES</u>		<u>EN UNIDADES</u>	
WATT	(w)	= 1	Joule/segundo	= 1	watt
KILOWATT	(Kw)	= 1000	kgm /segundo	= 1000	foot-pound-sec
		= 102	Watts	= 1.34041	Watts
CABALLO METRICO	(CP)	= 1.36	CP /segundo	= 0.9863	HP
		= 75	kgm /segundo	= 542.5	PPS
		= 0.7351	Kilowatt		
FOOT-POUND (libra/pie)	(ft-lb)	= 0.1382	kgm		
		= 1.355	Julio		
FOOT-POUND-SEGUNDO	(FPS)	= 0.1382	kgm /segundo	= 0.00182	HP
		= 1.355	watt		
HORSEPOWER	(HP)	= 0.746	Kilowatt	= 550	PPS
		= 1.0139	CP		

-ELECTRICIDAD-

CARACTERISTICAS DEL SUMINISTRO DE CORRIENTE

FRECUENCIA DE LA CORRIENTE ALTERNA

UNIDAD
Ciclos/segundo

50 C.

60 C.

SIGNIFICADO

Número de oscilaciones de la corriente alterna/segundo.

Corriente suministrada por la Cia. de Luz y Fuerza del Centro.

Cilaje normal en otras zonas de la República.

TENSION (o Fuerza)

Volts V

BAJA TENSION

110/125 V
220/440 V

Tensión con que es suministrada la corriente.
Monofásica.
Trifásica

ALTA TENSION

2300 V (o mas)

Trifásica - Requiere transformador para reducirla a baja tensión.

CARACTERISTICAS DEL CONSUMO

DEMANDA

Watt (w)
Kilowatt (Kw)
Caballo (HP)
Caballo métrico (CP)

Potencia = 1 Joule/segundo
= 0.102 Kilogrametro/segundo.
= 1000 w = 1.341 HP
= 1.36 CP
= 0.746 Kw
= 0.735 Kw

INTENSIDAD

Amperio (A)

= 1.773 x Volts ^{HP}

CARGA

Kilovoltamperio (KVA)
Kilowatt-hora (Kwh)

= Amperios x Volts ^{HP} x 1000
= Consumo de 1000 watts durante una hora

* En trifásica se multiplican los Volts por 1.73

FORMULAS

AMPERIOS

EN MONOFÁSICA
A = Kw x 1000 : Volts x FP
A = HP x 746 : Volts x FP

EN TRIFÁSICA
A = Kw x 1000 : Volts x 1.73 x FP
A = HP x 746 : Volts x 1.73 x FP

CARGA EN KVA

KVA = Amp x Volts : 1000

KVA = Amp x Volts x 1.73 : 1000

KILOWATTS (demanda) Kw = KVA x FP

Kw = KVA x FP

Kw = HP x 0.746

Kw = HP x 0.746

FP = Factor de potencia, determinado por medidores KWHR

TABLA DE CONVERSION

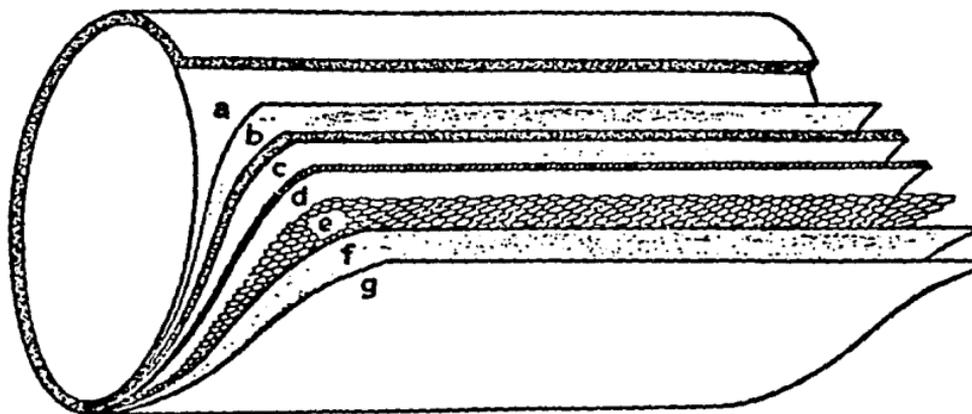
UNIDADES	MULTIPLICAR POR	PARA OBTENER
Aeres	0.4047	Mastfros
Americas	Volts	Volts
Amperios	Volts x 0.00173	Kilovoltamperios (KVA)
Atmofras (presion)	1.03322	Eg por centimetro cuadrado
Bares (presion)	1.0197	Eg por centimetro cuadrado
Barias (presion)	0.001	Millifras
Barriles Británicos	.164	Litros
Barriles de petroleo	159	Litros
Barriles U.S.	119.237	Litros
British Thermal Units	252	Calorias-gramo
British Thermal Units	107	Kilogrametros
Bushels Británicos	36.35	Litros
Bushels U.S.	35.2383	Litros
Caballos ingleses (HP)	0.746	Kilowatts
Caballos métricos (CV)	0.735	Kilowatts
Caballos métricos (CV)	75	Kilogrametros por segundo
Calorias-gramo	0.425	Kilogrametros
Calorias-Kilo	1000	Calorias-gramo
Calorias-Kilo	3.968	British Thermal Units
Centimetros	0.3937	Pulgadas
Centimetros cuadrados	0.155	Pulgadas cuadradas
Centimetros cubicos	0.061023	Pulgadas cubicas
Decimetros cuadrados	15.5	Pulgadas cuadradas
Decimetros cubicos	61.023	Pulgadas cubicas
Dinas	0.001020	Gramos-Fuerza
Dolares por Bushel (US)	35.473	Fatos por Hectolitro
Dolares por Galón (US)	3.102	Fatos por Litro
Dolares por Libra (peso)	27.337	Fatos por Kg
Dolares por Onza Av.	400.92	Fatos por Kg
Dolares por Onza Troy	401.93	Fatos por Kg
Dolares por Pie lineal	41.01	Fatos por Metro
Dolares por Pie cuadrado	134.55	Fatos por Metro cuadrado
Dolares por Pie cubico	681.43	Fatos por Metro cubico
Dolares por Yarde	13.67	Fatos por Metro
Dramas Británicas	3.5495	Millifras (o centimetros cubicos)
Dramas fluidas (US)	3.6965	Millifras (o centimetros cubicos)
Ergios (erg)	0.001020	Dramo-centimetros
Fathoms	1.829	Metros
Furlongs	201.17	Metros
Galones Británicos	4.547	Litros
Galones (US)	3.7854	Litros
Gramos	0.0668	Gramos
Gramos	15.4323	Gramos
Gramos	0.035274	Onzas avoirdupois
Gramos	0.03215	Onzas Troy
Hectofras	2.87	Aeres
Hectolitros	2.838	Bushels (US)
Hectolitros	3.7855	Pies cubicos
Hundredweights (cwt)	45.36	Kilogramos
Hundredweights (cwt)	100	Libras avoirdupois
Julios (Joule)	0.1020	Kilogrametros
Julios (Joule)	0.738	Libras-Pie (ft-lb)
Kilogrametros	9.81	Joules
Kilogrametros	7.233	Libras-Pie (ft-lb)
Kilogrametros/segundo	9.81	Watts
Kilogramos	2.2	Libras avoirdupois
Kilogramos	35.2734	Onzas avoirdupois
Kilogramos	2.679	Libras Troy
Kilogramos	32.1607	Onzas Troy
Kilogramos-Fuerza	0.981	Nequedinas
Kilogramos/cm cuadrado	14.223	Libras por pulgada cuadrada
Kilolitros (= m cubicos)	35.115	Pies cubicos
Kilómetros	0.62137	Millas
Kilómetros cuadrados	0.3861	Millas cuadradas
Kilómetros por hora	0.50	Mudos
Kilowatts	102	Kilogrametros por segundo
Kilowatts	1.361	Caballos ingleses (HP)
Kilowatts	1.36	Caballos métricos (CV)

Leguas marítimas	4,828
Libras avoirdupois	0,4536
Libras-Pis	0,4536
Libras por Pía	1,488
Libras por Pía edbica	14,02
Libras/pulg. cuadrada	0,07
Libras/pulg. edbica	27,68
Libras Troy	0,3732
Litros	0,0682
Litros	0,22
Litros	2,2046
Litros	61,023
Medidas	1,0167
Metros	1,0936
Metros	3,2808
Metros	39,37
Metros cuadrados	1,196
Metros cuadrados	10,764
Metros cúbicos	1000
Metros cúbicos	1,308
Metros cúbicos	28,315
Metros cúbicos	28,316
Metros cúbicos	220
Metros cúbicos	2204,6
Micrones	0,001
Micrones	0,03937
Milésimas de pulgada	0,0254
Milibares (presión)	0,001
Miligramos	0,01543
Milímetros	0,03937
Milímetros cuadrados	0,00155
Millas (estatuto)	1,61
Millas cuadradas	2,59
Millas náuticas	1,85
Millas náuticas	1,15
Minas	1,851
Onzas avoirdupois	23,35
Onzas Troy	31,1035
Onzas fluidas (US)	29,57
Onzas fluidas Británicas	28,4
Pecks Británicos	9,0873
Pecks (US)	8,8096
Pías	30,48
Pías cuadradas	0,0929
Pías cúbicas	28,317
Pías cúbicas	7,473
Pías cúbicas	6,212
Pintas áridas (US)	0,5506
Pintas líquidas (US)	0,4732
Pintas Británicas	0,568
Pulgadas	2,54
Pulgadas cuadradas	6,457
Pulgadas cúbicas	1,6387
Quarts áridos (US)	1,1012
Quarts líquidos (US)	0,9463
Quarts Británicos	0,9463
Quillates	200,4136
Toneladas Cortas	0,9072
Toneladas Cortas	2000
Toneladas largas	1,016
Toneladas largas	2290
Toneladas métricas	0,9842
Toneladas métricas	1,1023
Toneladas métricas	2204,62
Watts	0,746
Watts	0,001
Yardas	0,9144
Yardas cuadradas	0,8361
Yardas cúbicas	0,7646

Kilómetros	
Kilogramos	
Kilogrametros	
Kilogramos por metro	
Kilogramos por Metro edbica	
Kilogramos por centimetro cuadrado	
Gramos por centimetro edbico	
Kilogramos	
Galones (US)	
Galones Británicos	
Libra de agua	
Pulgadas edbicas	
Equivalencia	
Yardas	
Pías	
Pulgadas	
Yardas cuadradas	
Pías cuadradas	
Litros	
Yardas cúbicas	
Pías cúbicas	
Galones (US)	
Galones Británicos	
Libra de agua	
Milímetros	
Milímetros de pulgada	
Milímetros	
Baras	
Grains	
Pulgadas	
Pulgadas cuadradas	
Kilómetros	
Kilómetros cuadrados	
Kilómetros	
Millas (estatuto)	
Kilómetros por hora	
Gramos	
Gramos	
Milímetros (o centímetros cúbicos)	
Mililitros (o centímetros cúbicos)	
Litros	
Litros	
Centímetros	
Metros cuadrados	
Decímetros cúbicos	
Galones (US)	
Galones Británicos	
Litros	
Litros	
Litros	
Centímetros	
Centímetros cuadrados	
Centímetros cúbicos	
Litros	
Litros	
Litros	
Miligramos	
Toneladas métricas	
Libras	
Toneladas métricas	
Libras	
Toneladas largas	
Toneladas Cortas	
Toneladas Cortas	
Libras	
Kilogrametros por segundo	
Kilovoltios	
Metros	
Metros cuadrados	
Metros cúbicos	

Los factores Peso-Dólares, están calculados al tipo de cambio \$ 12,50 pesos mexicanos a \$ 1,00 dólares de EUA.

CORTE DE UN SISTEMA AISLANTE



- a.- Cuerpo metálico
- b.- Primario (pintura anticorrosiva)
- c.- Aislante (colchonetas de lana mineral)
- d.- Cemento aislante monolítico
- e.- Malla metálica
- f.- Impermeabilizante asfáltico
- g.- Pintura reflectiva

X.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTOS DE OBRAS
PETROLEOS MEXICANOS 2a. EDICION
- PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR
DONALD Q. KERN CECSA
- SELECT THE RIGHT INSULATION
HYDROCARBON PROCESSING
- ENCICLOPEDIA DE LA TECNOLOGIA QUIMICA
RAYMOND E. KIRK ; DONALD F. OTTMER
EDITORIAL HISPANOAMERICANA
- THERMAL INSULANTS
S. D. PROBERTS ; S. CIANE
SCHOOL OF MECHANICAL ENGINEERING
- FISICA GENERAL
CAREL W. van der MERWE
Mc. GRAW-HILL
- FISICA
PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE
EDITORIAL REVERTS, S.A.
- FISICA
HALLIDAY - RESNICK
C.E.C.S.A.
- FISICA GENERAL
SALVADOR MOSQUEIRA R.
EDITORIAL PATRIA, S.A.
- TERMODINAMICA
VIRGIL M. FAIRES
UTEHA
- INGENIERIA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ANDRES LOPEZ LEON
FACULTAD DE INGENIERIA - U.N.A.M.
- MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO
JOHN E. FERRY
UTEHA
- THERMAL INSULATION
JOHN F. MALLOY
VAN NOSTRAND REINHOL Co.
- INGENIERIA ECONOMICA
GEORGE A. TAYLOR
LIMUSA