

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-009-ENER-2013, Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-009-ENER-2013, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN AISLAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES.

ODÓN DEMÓFILO DE BUEN RODRÍGUEZ, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, con fundamento en los artículos: 33 fracción X de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 6, 7 fracción VII, 10, 11 fracciones IV y V y quinto transitorio de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, 38 fracción II, III y IV, 40 fracciones I, X y XII, 41, 44, 45, 46, 47 y 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 33 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 2 apartado F, fracción IV, 8 fracciones XIV, XV y XXX, 26 y 27 del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía; expide el siguiente:

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-009-ENER-2013,  
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN AISLAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES**

De conformidad con el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 33 párrafo primero de su Reglamento, se expide el PROY-NOM-009-ENER-2013 para consulta pública, a efecto de que dentro de los siguientes 60 días naturales contados a partir de la fecha de su publicación, los interesados presenten sus comentarios a la Conuee, sita en Río Lerma 302, 5o. piso, colonia Cuauhtémoc, Delegación Cuauhtémoc, 06500, México, D.F., correo electrónico: fernando.hernandez@conuee.gob.mx y alejandro.patino@conuee.gob.mx; a fin de que en términos de la Ley, se consideren en el seno del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos.

Asimismo, de acuerdo a lo dispuesto por el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Manifestación de Impacto Regulatorio relacionada con el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-009-ENER-2013, Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales, estará a disposición del público para su consulta en el domicilio señalado.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 24 de junio de 2013.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE) y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, **Odón Demófilo de Buen Rodríguez**.- Rúbrica.

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-009-ENER-2013, EFICIENCIA ENERGÉTICA  
EN AISLAMIENTOS TÉRMICOS INDUSTRIALES****PREFACIO**

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana fue elaborado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), con la colaboración de los siguientes organismos, instituciones y empresas:

- Aislamientos y Refractarios Diversos, S.A. de C.V.
- Asociación de Empresas para el Ahorro de la Energía en la Edificación, A.C. (AEAEE).
- Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- Control Térmico Industrial, S.A. de C.V.
- Efiterm, S.A. de C.V.
- Fanosa, S. A. de C. V.
- Frica Construcciones, S.A. de C.V.
- ICA Fluor, S. de R.L. de C.V.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).
- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).
- KAEFER Aislamientos, S.A. de C.V.
- Nutec Fibratec, S.A. de C.V.

- Owens Corning México.
- Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios (PEMEX).
- Pittsburg Corning Corporation.
- Proveedor Iberoamericana de Servicios y Representaciones Comerciales, S.A. de C.V. (Proideserco).
- Rolan Aislantes Minerales, S.A. de C.V.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

## **CONTENIDO**

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicación
  - 2.1. Alta temperatura
  - 2.2. Baja temperatura
  - 2.3. Excepciones
3. Referencias
4. Definiciones
5. Especificaciones
  - 5.1. Para tuberías y equipos que operen a altas temperaturas
  - 5.2. Para tuberías y equipos que operen a bajas temperaturas
6. Criterio de aceptación
  - 6.1. Alta temperatura
  - 6.2. Baja temperatura
7. Método de cálculo
8. Vigilancia
9. Procedimiento de la evaluación de la conformidad
10. Bibliografía
11. Concordancia con normas internacionales
12. Transitorios

### **Apéndice normativo**

#### **A. Método de cálculo de la densidad de flujo térmico**

##### **0. Introducción**

Las pérdidas de calor en los procesos que operan a altas temperaturas y las ganancias de calor en los procesos que operan a bajas temperaturas, ocasionan costos de importancia, ya que la relación de estos costos es directa con un mayor consumo de combustible y/o electricidad, afectando así a la productividad de la industria.

Resulta indispensable asumir un compromiso con el cuidado del medio ambiente, y se ha demostrado que los compuestos derivados de la quema de combustibles fósiles, contribuyen al deterioro del medio ambiente causando, entre otros efectos negativos, el sobrecalentamiento del planeta y la lluvia ácida.

También es necesario considerar la importancia que tiene la preservación de los recursos energéticos, debido a que éstos provienen en su mayor parte de recursos naturales no renovables.

Se debe entonces aumentar la eficiencia en el uso de la energía, para evitar en lo posible el deterioro ambiental y obtener los beneficios económicos que de ellos derivan para la industria, al reducirse sus costos de operación. Para lograr lo anterior se hace uso de diversos sistemas termoaislantes para disminuir, de manera importante las pérdidas y/o ganancias de calor, evitar condiciones de riesgo para el personal y proteger al equipo.

##### **1. Objetivo**

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana establece la eficiencia energética de los aislamientos térmicos industriales a través de la máxima densidad de flujo térmico permitida y el método de prueba para determinarla, en tuberías y equipos industriales nuevos que operen a altas y bajas temperaturas dentro de los intervalos establecidos, que se instalen en la República Mexicana, independientemente del sistema termoaislante utilizado en la tubería o equipo industrial.

## 2. Campo de aplicación

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana aplica a las tuberías y equipos de los procesos industriales nuevos o sus ampliaciones y modificaciones, que se realicen después de la entrada en vigor de esta norma oficial mexicana, que operen a alta y baja temperatura en los siguientes intervalos:

**2.1.** Alta temperatura: de 298 K (25°C) y hasta 923 K (650°C).

**2.2.** Baja temperatura: menores de 298 K (25°C) y hasta 73 K (-200°C).

**2.3.** Excepciones.

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana no aplica a:

**2.3.1.** Tuberías o equipos industriales que por razones del proceso o diseño deban radiar calor o ganar calor del medio.

**2.3.2.** Tuberías y equipos industriales instalados con anterioridad a la fecha de declaratoria de vigencia de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación (DOF).

## 3. Referencias

Para la correcta aplicación de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana se debe consultar la siguiente norma vigente o la que la sustituya:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.

## 4. Definiciones

Para efectos de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana se establecen las siguientes definiciones.

**4.1.** Densidad de flujo térmico. Cantidad de calor transferido del equipo o tubería al medio ambiente, o del medio ambiente al equipo o tubería.

**4.2.** Diámetro nominal (DN). Número adimensional utilizado con fines de identificación del tamaño de los tubos.

**4.3.** Equipos industriales. Equipos industriales con diámetro interior mayor a los 750 mm (NPS 30) y tuberías y/o superficies planas o paredes planas (S.P.) con diámetro nominal mayor a los 750 mm (NPS 30).

**4.4.** Máxima densidad de flujo térmico. Valor máximo permitido por este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, de la densidad de flujo térmico para una tubería o equipo independientemente del sistema termoaislante utilizado, o no utilizado; expresada en W/m para tuberías (máxima densidad de flujo térmico lineal) o en W/m<sup>2</sup> para equipos (máxima densidad de flujo térmico), establecido en las tablas 1 y 2, en función de la temperatura de operación y el diámetro nominal de la tubería o equipo.

**4.5.** Tamaño nominal del tubo (NPS). "Nominal Pipe Size" utilizado en el Sistema Anglosajón de Medidas, que relaciona las medidas de un tubo o de tuberías en pulgadas.

**4.6.** Temperatura de operación. Temperatura del fluido, sustancia o producto contenido o conducido, en la tubería o equipo industrial.

## 5 Especificaciones

### 5.1. Para tuberías y equipos que operen a altas temperaturas

En la tabla 1 se establece la máxima densidad de flujo térmico para tuberías y equipos con o sin un sistema termoaislante que opera a alta temperatura.

El valor de la máxima densidad de flujo térmico de la tabla 1, se obtiene con el cruce del diámetro nominal de la tubería (DN) o superficie plana (S.P.), con la temperatura de operación.

### 5.2. Para tuberías y equipos que operen a bajas temperaturas

En la tabla 2 se establece la máxima densidad de flujo térmico para tuberías y equipos con o sin un sistema termoaislante que opera a baja temperatura.

El valor de la máxima densidad de flujo térmico de la tabla 2, se obtiene con el cruce del diámetro nominal de la tubería (DN) o superficie plana (S.P.), con la temperatura de operación.

Tabla 1.  
Valores a Cumplir de Máxima Densidad de Flujo Térmico  
ALTA TEMPERATURA

TAMANO DIÁMETRO NOMINAL DE TUBERÍA IPS/DN	r <sub>p</sub> (in.)	TEMPERATURA DE OPERACIÓN													
		Hasta 323 K (60°C)	Hasta 373 K (100°C)	Hasta 423 K (150°C)	Hasta 473 K (200°C)	Hasta 523 K (250°C)	Hasta 573 K (300°C)	Hasta 623 K (350°C)	Hasta 673 K (400°C)	Hasta 723 K (450°C)	Hasta 773 K (500°C)	Hasta 823 K (550°C)	Hasta 873 K (600°C)	Hasta 923 K (650°C)	
1/2	15	12	19	26	35	45	55	66	78	90	103	116	130	130	
3/4	20	13	20	28	36	47	58	71	86	97	111	126	138	138	
1	25	15	22	32	41	50	64	78	90	105	122	132	148	148	
1 1/2	40	18	26	35	44	50	60	77	91	106	120	136	172	172	
2	50	20	30	40	51	55	61	81	95	110	127	144	165	195	
2 1/2	65	23	33	44	56	71	88	104	119	138	158	180	202	202	
3	80	24	39	49	61	77	98	113	129	152	176	192	212	212	
4	100	27	43	55	69	90	107	128	149	173	193	221	240	240	
5	125	31	47	62	76	95	114	137	159	186	204	235	261	261	
6	150	35	52	70	85	105	126	145	170	194	219	250	278	278	
8	200	42	62	81	100	122	148	165	195	222	255	288	326	326	
10	250	48	70	90	112	139	164	184	217	254	286	322	375	375	
12	300	53	77	102	125	155	183	207	241	274	318	360	403	403	
14	350	60	84	111	135	165	196	219	259	292	338	389	430	430	
16	400	65	92	124	150	179	214	243	281	319	370	412	473	473	
18	450	72	101	136	164	196	230	263	306	342	390	445	498	498	
20	500	79	111	149	175	210	246	285	328	367	422	478	533	533	
22	550	85	120	168	186	224	261	304	348	390	450	506	568	568	
24	600	93	130	168	200	233	275	325	373	413	468	532	607	607	
26	650	100	140	182	210	248	293	346	395	441	495	564	646	646	
28	700	107	150	193	221	263	312	368	418	469	527	596	675	675	
30	750	113	158	200	235	277	337	385	437	494	557	626	702	702	
S.P. (mm <sup>2</sup> )		42	58	72	81	92	105	115	128	143	159	180	207	207	

Notas:  
 (1) La máxima Densidad de Flujo Térmico se expresa en W/m<sup>2</sup> para tuberías y en W/m<sup>2</sup> para superficies planas (S.F.).  
 (2) Para fines de este proyecto de NORMA se considerará como superficies planas o circulares, a las tuberías con DN mayor a 750 mm (30 pulg.).  
 (3) Las condiciones utilizadas para realizar los cálculos de la Transferencia de Calor Máxima fueron:  
 - Temperatura ambiente = 23°C (73°F);  
 - Velocidad de aire = 10 km/h.  
 Em. Sivadac 3/1

Tabla 2.  
Valores a Cumplir de Máxima Densidad de Flujo Térmico  
BAJA TEMPERATURA

TAMANO NOMINAL DE TUBERÍA NPS (Pulg.)	DIAMETRO NOMINAL DE TUBERÍA DN (mm)	TEMPERATURA DE OPERACIÓN									
		Heister 273 K (0°C)	Heister 248 K (-29°C)	Heister 223 K (-50°C)	Heister 198 K (-73°C)	Heister 173 K (-100°C)	Heister 148 K (-129°C)	Heister 123 K (-150°C)	Heister 98 K (-173°C)	Heister 73 K (-200°C)	
1/2	15	3	6	8	10	12	14	15	16	17	
3/4	20	3	6	8	10	13	15	16	17	18	
1	25	3	6	9	11	14	15	17	19	20	
1 1/2	40	4	7	10	13	15	17	19	20	22	
2	50	4	8	11	14	17	19	21	22	25	
2 1/2	65	4	8	12	15	18	20	22	24	29	
3	80	5	9	14	17	20	23	25	27	29	
4	100	6	11	15	19	21	24	26	29	31	
5	125	6	12	18	22	24	27	29	31	33	
6	150	7	14	19	22	25	28	31	34	37	
8	200	8	16	19	24	28	32	34	37	39	
10	250	9	18	22	27	31	35	38	41	43	
12	300	10	20	24	29	33	37	41	43	46	
14	350	11	21	26	32	36	41	44	46	48	
16	400	12	23	26	32	38	42	46	50	54	
18	450	13	23	30	36	40	46	49	52	55	
20	500	14	24	31	37	41	47	51	54	57	
22	550	15	25	32	38	42	48	52	55	58	
24	600	17	28	35	41	45	51	55	59	62	
26	650	17	28	35	42	46	53	58	62	67	
28	700	18	29	37	44	48	55	60	63	67	
30	750	19	30	38	45	49	56	60	64	68	
S.P. (note 2)		8	9	11	13	15	17	19	22	25	

Notas:  
 (1) La "Máxima Densidad de Flujo Térmico" se expresa en W/m<sup>2</sup> para tuberías y en W/in<sup>2</sup> para superficies planas (S.P.).  
 (2) Para fines de este proyecto de NORMA se considerarán como superficies planas o equipos, a las tuberías con DN mayor a 750 mm (30 pulg.).  
 (3) Las condiciones utilizadas para realizar los cálculos de la Transferencia de Calor Máxima fueron:  
 - Temperatura ambiente = 298 K (25 °C).  
 - Velocidad de aire = 10 km/h.  
 - Emisividad = 0.1

## **6. Criterio de aceptación**

### **6.1. Alta temperatura**

Las tuberías o equipos independientemente del sistema termoaislante utilizado y que se encuentren dentro del campo de aplicación establecido en el capítulo 2, cumplen con este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, si los resultados de densidad de flujo térmico obtenidos por la Unidad de Verificación acreditada y aprobada, no exceden los valores máximos de densidad de flujo térmico especificados en la tabla 1 del inciso 6.1.

### **6.2. Baja temperatura**

Las tuberías o equipos independientemente del sistema termoaislante utilizado y que se encuentren dentro del campo de aplicación establecido en el capítulo 2, cumplen con este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, si los resultados de densidad de flujo térmico obtenidos por la Unidad de Verificación acreditada y aprobada, no exceden los valores máximos de densidad de flujo térmico especificados en la tabla 2 del inciso 6.2.

## **7. Método de cálculo**

El método de cálculo se incluye en el apéndice normativo único, Método de cálculo de la densidad de flujo térmico.

## **8. Vigilancia**

La Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para Uso Eficiente de la Energía, conforme a sus atribuciones y en el ámbito de sus respectivas competencias, son las autoridades que estarán a cargo de vigilar el cumplimiento de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, una vez publicado como norma oficial mexicana definitiva.

El cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana no releva ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras normas oficiales mexicanas y reglamentos.

El incumplimiento del presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana, una vez publicado como norma oficial mexicana definitiva, será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás disposiciones legales aplicables.

## **9. Procedimiento de la evaluación de la conformidad**

De conformidad con los artículos 68 primer párrafo, 70 fracciones I y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se establece el presente Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad.

### **9.1. Objetivo**

Este Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (PEC), establece los lineamientos a seguir por las unidades de verificación.

### **9.2. Definiciones**

**9.2.1. Distorsión:** Irregularidades que alteran los resultados de la medición de la densidad de flujo térmico, debido a variaciones en la temperatura ambiente, temperatura de operación, velocidad de viento, humedad relativa, lluvia y radiación solar.

**9.2.2. Cálculo del sistema termoaislante:** Procedimiento de cálculo realizado de acuerdo con la ISO 12241:2008 Thermal Insulation for Building Equipment and Industrial Installations — Calculation Rules. (ver apéndice único).

**9.2.3. Unidad de verificación:** Persona física o moral, acreditada y aprobada para verificar el cumplimiento con este Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

### **9.3. Disposiciones Generales**

**9.3.1.** La evaluación de la conformidad del presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana debe ser realizada por una Unidad de Verificación acreditada y aprobada.

**9.3.2.** Este procedimiento de evaluación de la conformidad aplica a las actividades de verificación en el cumplimiento de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

**9.3.3.** El interesado debe demostrar el cumplimiento de conformidad con este Proyecto de Norma Oficial Mexicana con el dictamen expedido por una unidad de verificación acreditada y aprobada. Si es requerido, la unidad de verificación debe comprobar la vigencia de su acreditación y aprobación.

**9.3.4.** Las unidades de verificación debidamente acreditadas y aprobadas, para los efectos de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, deben aceptar los certificados de la conductividad térmica de los materiales termoaislantes, emitidos por los Organismos de Certificación reconocidos de los países de origen del material termoaislante.

**9.3.5.** Los instrumentos y aparatos que se usen para la evaluación de la conformidad deben estar calibrados por laboratorios acreditados y contar con el dictamen de calibración vigente de acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

**9.4.** Procedimiento

**9.4.1.** Inspección visual

**9.4.1.1.** El interesado debe proporcionar a la unidad de verificación la siguiente información:

**a)** Datos generales del centro de trabajo (Razón social, giro, dirección).

**b)** Nombre, clave o designación.

**c)** Nombre genérico de la sustancia, producto o material procesado en la planta.

**d)** Dimensiones del proceso aislado: Diámetro nominal de la tubería, diámetro exterior de la tubería, diámetro exterior del sistema termoaislante de la tubería, longitud de la tubería, ancho, altura y longitud de las superficies exteriores del sistema termoaislante.

**e)** Temperatura de operación del proceso ( $T_i$ ).

**f)** Temperatura de la superficie expuesta ( $T_e$ ).

**g)** Tipo de sistema termoaislante (frío o caliente).

**h)** Conductividad térmica declarada o manifestada del material termoaislante instalado ( $\lambda$ ).

**i)** Espesor del material termoaislante ( $d$ ).

**9.4.1.2.** El verificador debe recorrer las instalaciones para hacer una inspección visual de los equipos y tuberías con o sin sistema termoaislante para:

**a)** Verificar cuantitativamente el listado de tuberías y equipos, con lo instalado en el centro de trabajo.

**b)** Determinar y en su caso registrar evidentes fugas de energía.

**c)** Determinar y en su caso registrar tuberías o equipos sin un sistema termoaislante.

**9.4.1.3.** El verificador debe dictaminar, con base a la inspección visual, las líneas y equipos que deben ser reparados por el interesado, de acuerdo a la evidente fuga de energía, anotando en el acta las líneas y equipos que presentan dichas fugas.

**9.4.1.4.** El verificador en base a los resultados de la inspección visual, seleccionará los equipos y tuberías a evaluar como muestra representativa del sistema, de acuerdo a lo siguiente.

**a)** El 1% de todas las tuberías con sistema termoaislante que operan a alta temperatura, pero no menos de una tubería.

**b)** El 1% de todos los equipos con sistema termoaislante que operan a alta temperatura, pero no menos de un equipo.

**c)** El 1% de todas las tuberías con sistema termoaislante que operan a baja temperatura, pero no menos de una tubería.

**d)** El 1% de todos los equipos con sistema termoaislante que operan a baja temperatura, pero no menos de un equipo.

**e)** El 50% de las tuberías y equipos en servicio sin un sistema termoaislante.

**9.5.** Verificación de la temperatura exterior

**9.5.1.** El verificador debe medir y registrar la temperatura exterior ( $t_e$ ) del sistema termoaislante, tomando lecturas de manera aleatoria, en la superficie exterior del sistema termoaislante o en la pared del equipo o tubería, según corresponda.

**9.5.2.** El verificador antes de medir y registrar la temperatura exterior ( $t_e$ ) del sistema termoaislante, equipo o tubería, debe verificar que:

**a)** Los procesos estén operando a sus condiciones normales de operación.

**b)** La temperatura ambiente esté dentro del promedio anual, pero en ningún caso menor a  $-5^{\circ}\text{C}$  o mayor a  $40^{\circ}\text{C}$ .

**c)** La velocidad del viento esté dentro del promedio anual, pero en ningún caso mayor de 20 km/h.

**d)** La humedad relativa esté dentro del promedio anual, pero en ningún caso mayor de 85%.

**e)** Las muestras a la intemperie no estén bajo la influencia de precipitaciones o radiación solar atípica.

En el caso de que una o más de las variables o condiciones anteriores no se cumplan, la medición de la temperatura exterior de la ( $t_e$ ) no debe realizarse y el verificador debe esperar a que las condiciones se cumplan o reprogramar la visita de mutuo acuerdo con el interesado, sin que ésta se demore más de 15 días hábiles.

**9.5.3.** Contando con la medición y registro de la temperatura exterior de todos los puntos de muestreo, el verificador revisará en la memoria de cálculo, lo siguiente:

**a)** Que el procedimiento de cálculo este desarrollado de acuerdo con la ISO 12241:2008 Thermal Insulation for Building Equipment and Industrial Installations — Calculation Rules (ver apéndice normativo único).

**b)** Que el o los materiales termoaislantes, cuenten con su valor de conductividad térmica declarado, de acuerdo al subinciso 9.3.4. de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

**c)** Que el valor total de la densidad de flujo térmico calculado no sea mayor que el valor de la máxima densidad de flujo térmico de las tablas 1 o 2 de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, según corresponda.

**d)** Que la temperatura exterior del sistema termoaislante registrada, no sea superior a la correspondiente temperatura de la memoria de cálculo para alta temperatura o en su caso menor para baja temperatura.

Para las tuberías o equipos sin un sistema termoaislante el verificador determinará la densidad de flujo térmico utilizando la conductividad térmica del aire a las condiciones de presión, temperatura y humedad del centro de trabajo, con un espesor de película de 0.01 mm, de acuerdo con el subinciso 9.5.2. de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana.

**9.5.4.** El verificador debe dictaminar la conformidad de las tuberías y equipos de muestreo con base al inciso anterior, anotando en acta las tuberías y equipos muestreados así como los valores comparados de cada muestra, la veracidad de los datos para el cálculo del sistema termoaislante como los resultados de los mismos.

#### **9.6.** Verificación de la máxima densidad de flujo térmico

**9.6.1.** El verificador debe determinar la densidad de flujo térmico de las tuberías ( $q_1$ ) y equipos ( $q$ ), con sistema termoaislante, de la muestra que no cumpla con las temperaturas de la superficie exterior, así como el de otra tubería o equipo con el mismo tipo de sistema termoaislante, seleccionado de manera aleatoria y diferente a las muestras de verificación por temperatura. (Una muestra adicional por cada no conformidad por verificación de temperatura).

**9.6.2.** El verificador debe determinar la densidad de flujo térmico de cada muestra de acuerdo a lo siguiente.

Escanear toda la superficie de las muestras con una cámara termográfica, cuando las variables y condiciones del subinciso 9.5.2 se cumplan, para:

**a)** Detectar las áreas o puntos localizados de fugas de energía por mala instalación del sistema termoaislante, como son: puentes de energía, espesores insuficientes, filtraciones o infiltraciones, sellos o juntas inadecuadas, entre otros.

**b)** Detectar en el área el valor de temperatura más alto o bajo según corresponda, que no sean aéreas o puntos localizados de fuga de energía.

**c)** Medir y registrar la temperatura exterior ( $t_e$ ) del área con mayor o menor temperatura de la muestra, según corresponda, detectada por la cámara termográfica.

**d)** Registrar la temperatura de operación ( $t_i$ ) de la muestra, medida en el indicador de temperatura instalado en el equipo, o la del punto del área generalizada más próximo con mayor o menor temperatura según corresponda. Previa verificación de que el instrumento opera correctamente y que éste cuenta con su dictamen de calibración vigente en términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**e)** Calcular la densidad de flujo térmico para equipos ( $q$ ) o para tuberías ( $q_1$ ) de acuerdo con la ISO 12241:2008 Thermal Insulation for Building Equipment and Industrial Installations — Calculation Rules (ver apéndice normativo único), utilizando las temperaturas ( $t_e$ ) y ( $t_i$ ) registradas, la conductividad térmica declarada del material termoaislante instalado, o en su caso la del aire a las condiciones de presión, temperatura y humedad del centro de trabajo y en su caso las variables y condiciones del subinciso 9.5.2.

**f)** Comparar el valor de la densidad de flujo térmico calculado por el verificador o unidad de verificación, con el valor de la máxima densidad de flujo térmico de las tablas 1 o 2 de este Proyecto de Norma Oficial Mexicana, según corresponda.

**9.6.3.** La unidad de verificación debe dictaminar y asentar en acta, las áreas o puntos localizados con fuga de energía anexando imágenes de la cámara termográfica que demuestran la fuga de energía, para que el interesado repare en consecuencia las mismas.

## 10. Bibliografía

- NOM-009-ENER-1995, Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.
- NMX-Z-013/1-1977, Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas mexicanas.
- NRF-034-PEMEX-2004, Aislamientos Térmicos para Altas Temperaturas en Equipos, Recipientes y Tubería Superficial.
- NRF-025-PEMEX-2009, Aislamientos Térmicos para Baja Temperatura, Petróleos Mexicanos.
- BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 2007, Secretaría de Energía.
- MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO 2007, Perry R.H., Chilton C.H. Mc Graw-Hill, 7a. Edición.
- 3E PLUS INSULATION THICKNESS COMPUTER PROGRAM MANUAL 2008, Version 4.0 North American Insulation Manufacturers Association Naima.
- ISO 12241:2008, Thermal Insulation for Building Equipment and Industrial Installations — Calculation Rules.

## 11. Concordancia con normas internacionales

Este Proyecto de Norma Oficial Mexicana concuerda parcialmente con el método de prueba de la norma ISO 12241:2008 Thermal Insulation for Building Equipment and Industrial Installations — Calculation Rules.

## 12. Transitorios

**Primero.** El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana, una vez publicado como norma oficial mexicana definitiva, cancelará y sustituirá a la norma oficial mexicana NOM-009-ENER-1995, Eficiencia Energética en Aislamientos Térmicos Industriales, que fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de noviembre de 1995.

**Segundo.** El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana una vez publicado como Norma Oficial Mexicana definitiva, entrará en vigor 120 días naturales después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación y a partir de esa fecha, todas las tuberías y equipos industriales nuevos o remodelaciones comprendidas dentro del campo de aplicación de la Norma oficial mexicana, serán verificados con base a la misma.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 24 de junio de 2013.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos y Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, **Odón Demófilo de Buen Rodríguez**.- Rúbrica.

## Apéndice A

### Normativo

#### Método de cálculo de la densidad de flujo térmico

##### A.1. Objetivo

Este apéndice normativo tiene como objetivo establecer la mayoría de las fórmulas utilizadas para calcular la densidad de flujo térmico, aunque para una explicación detallada de las mismas, se recomienda consultar *ISO 12241:2008, Thermal Insulation for Building Equipment and Industrial Installations — Calculation Rules* (Aislamiento Térmico para la Construcción de Equipos e Instalaciones Industriales - Reglas de Cálculo) de referencia.

A	área	m <sup>2</sup>
a <sub>r</sub>	factor de temperatura	K <sup>3</sup>
C´	parámetro de espesor	m
C <sub>r</sub>	coeficiente radiación	W / m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup>
c <sub>p</sub>	calor específico a presión constante	kJ / kg.K
D	diámetro	mm
d	espesor	mm
H	altura	m

h	coeficiente de superficie de transferencia térmica	W / m <sup>2</sup> .K
l	longitud	m
m	masa	kg
$\dot{m}$	flujo másico	kg / h
P	perímetro	m
q	densidad de flujo térmico	W / m <sup>2</sup>
q <sub>d</sub>	densidad lineal de flujo térmico para ductos	W / m
q <sub>l</sub>	densidad lineal de flujo térmico	W / m
R	resistencia térmica	m <sup>2</sup> .K / W
R <sub>d</sub>	resistencia térmica lineal para ductos	m.K / W
R <sub>l</sub>	resistencia térmica lineal	m.K / W
R <sub>le</sub>	resistencia térmica lineal para superficies	m.K / W
R <sub>s</sub>	resistencia de la superficie de transferencia térmica	m <sup>2</sup> .K / W
R <sub>sph</sub>	resistencia térmica para una esfera hueca	K / W
t <sub>fr</sub>	tiempo congelación	h
t <sub>v</sub>	tiempo de enfriamiento	h
t <sub>WP</sub>	tiempo donde comienza la congelación	h
T	temperatura termodinámica	K
U	transmitancia térmica	W / m <sup>2</sup> .K
U <sub>l</sub>	transmitancia térmica lineal	W / m.K
U <sub>sph</sub>	transmisión térmica para una esfera hueca	W / K
U <sub>B</sub>	transmisión térmica de puentes térmicos	W / m <sup>2</sup> .K
U <sub>B</sub>	término adicional, correspondiente o relativo a la instalación y/o relativamente irregular del aislamiento de los puentes térmicos.	W / m <sup>2</sup> .K
U <sub>T</sub>	transmitancia térmica total para una pared plana	W / m <sup>2</sup> .K
U <sub>T,l</sub>	transmitancia térmica lineal total	W / m.K
U <sub>T,sph</sub>	transmitancia térmica total para una esfera hueca	W / K
v	velocidad del aire	m / s
z , y	factores de corrección para aislamientos irregulares de puentes térmicos	-
z * , y *	factores de corrección para la instalación de puentes térmicos	-
'	coeficiente de caída de temperatura longitudinal	m <sup>-1</sup>
'	coeficiente de tiempo de enfriamiento	h <sup>-1</sup>
h <sub>fr</sub>	entalpía específica del calor latente de congelación	kJ / kg
E	emisividad	-
	caudal térmico	W
	conductividad térmica de diseño	W / m.K
d	conductividad térmica declarada o manifestada	W / m.K
	temperatura Celsius	°C
	diferencial de temperatura	K
	Densidad	kg / m <sup>3</sup>
	humedad relativa	%
	constante de Stefan-Boltzmann	W / m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup>

## Conducción térmica

La densidad del flujo térmico,  $q$ , para una pared plana en la dirección,  $x$ , se calcula con la ecuación (1):

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad (1)$$

Para una sola capa, se calcula con las ecuaciones (2) y (3):

$$q = \frac{\lambda}{d} (\theta_{si} - \theta_{se}) \quad (2)$$

$$q = \left( \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R} \right) \quad (3)$$

Donde:

- $\lambda$  = Conductividad térmica de diseño del aislamiento
- $d$  = Espesor de la pared plana
- $\theta_{si}$  = Temperatura de la superficie interna
- $\theta_{se}$  = Temperatura de la superficie externa
- $R$  = Resistencia térmica de la pared

Para un aislamiento multicapas,  $q$ , se calcula de acuerdo a la ecuación (4):

$$q = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R'} \quad (4)$$

Donde,  $R'$ , es la resistencia térmica del aislamiento multicapas, se calcula con la ecuación (5):

$$R' = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (5)$$

La densidad lineal del flujo térmico,  $q_l$ , de un cilindro hueco con una sola capa, se calcula con la ecuación (6):

$$q_l = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R_l} \quad (6)$$

Para un cilindro hueco multicapas, la densidad lineal del flujo térmico,  $q_l$ , se calcula con la ecuación (8):

$$q_l = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R'_l} \quad (8)$$

La densidad lineal del flujo térmico,  $q_d$ , a través de la pared de un ducto con sección transversal rectangular, se calcula con la ecuación (14):

$$q_d = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R_d} \quad (14)$$

Coefficiente de superficie de transferencia térmica

En general, el coeficiente de superficie de transferencia térmica,  $h$ , se calcula con la ecuación (17):

$$h = h_r + h_{cv} \quad (17)$$

Resistencia de la superficie externa

Para paredes planas, la resistencia de la superficie,  $R_{se}$ , se calcula con la ecuación (32):

$$R_{se} = \frac{1}{h_{se}} \quad (32)$$

Para aislamiento de tuberías, la resistencia térmica lineal de superficie,  $R_{le}$ , se calcula con la ecuación (33):

$$R_{le} = \frac{1}{h_{se} \pi D_e} \quad (33)$$

Transmitancia térmica

La transmitancia térmica,  $U$ , se calcula con la ecuación (35):

$$U = \frac{q}{\theta_i - \theta_a} \quad (35)$$

Donde:

- $a$  = Temperatura ambiente externa
- $i$  = Temperatura del aire interna a la pared plana o la temperatura interna media para tuberías, ductos y recipientes

Para paredes planas, la transmitancia térmica,  $U$ , se calcula con la ecuación (36)

$$\begin{aligned} \frac{1}{U} &= \frac{1}{h_i} + R + \frac{1}{h_{se}} \quad (36) \\ &= R_{si} + R + R_{se} \\ &= R_T \end{aligned}$$

Para aislamiento de tuberías, la transmitancia térmica lineal,  $U_l$ , se calcula con la ecuación (37):

$$\begin{aligned} \frac{1}{U_l} &= \frac{1}{h_i \pi D_i} + R_l + \frac{1}{h_{se} \pi D_e} \quad (37) \\ &= R_{li} + R_l + R_{le} \\ &= R_{T,l} \end{aligned}$$

Para ductos rectangulares, la transmitancia térmica lineal,  $U_d$ , se calcula con la ecuación (38):

$$\begin{aligned} \frac{1}{U_d} &= \frac{1}{h_i P_i} + R_d + \frac{1}{h_e P_e} \quad (38) \\ &= R_{T,d} \end{aligned}$$

Determinación de la transmitancia térmica total

Para paredes planas, la transmitancia térmica total,  $U_T$ , se calcula con la ecuación (40):

$$U_T = U + \Delta U_B \quad (40)$$

Para las tuberías, la transmitancia térmica lineal total,  $U_{T,l}$ , se calcula con la ecuación (41):

$$U_{T,l} = U_l + \Delta U_{B,l} \quad (41)$$

Temperaturas de los límites de la capa

La ecuación general para la densidad del flujo térmico en una pared multicapas se calcula con las ecuaciones (43) y (44).

$$q = \frac{\theta_i - \theta_a}{R_T} \quad (43)$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (44)$$

Donde  $R_1, \dots, R_n$  son las resistencias térmicas de las capas individuales y  $R_{si}$  y  $R_{se}$  son las resistencias térmicas de superficie de las superficies internas y externas, respectivamente.

La relación entre la resistencia de cada capa o la resistencia de la superficie con respecto a la resistencia total da una medida del cambio de temperatura a través de la capa o superficie en particular, expresada en,  $K$ , y se calcula con las ecuaciones (45) a (48):

$$\theta_i - \theta_{si} = \frac{R_{si}}{R_T} (\theta_i - \theta_a) \quad (45)$$

$$\theta_{si} - \theta_1 = \frac{R_1}{R_T} (\theta_i - \theta_a) \quad (46)$$

$$\theta_1 - \theta_2 = \frac{R_2}{R_T} (\theta_i - \theta_a) \quad (47)$$

$$\theta_{se} - \theta_a = \frac{R_{se}}{R_T} (\theta_i - \theta_a) \quad (48)$$

$R_T$  está calculada para paredes planas de acuerdo con la ecuación (36), para tuberías cilíndricas de acuerdo a la ecuación (37), para ductos rectangulares de acuerdo con la ecuación (38).

Temperatura de la superficie

El parámetro de espesor,  $C'$ , se calcula con las ecuaciones (49) y (50):

$$C' = 2\lambda \left[ \left( \frac{|\theta_{im} - \theta_a|}{q} \right) - \frac{1}{h_{se}} \right] \quad (49)$$

$$C' = \frac{2\lambda}{h_{se}} \left[ \left( \frac{|\theta_{im} - \theta_a|}{|\theta_{se} - \theta_a|} \right) - 1 \right] \quad (50)$$

Determinación del flujo térmico total para paredes planas, tuberías y esferas.

El flujo térmico total para una pared plana se calcula con la ecuación (51):

$$\Phi_T = U_T A (\theta_{im} - \theta_a) \quad (51)$$

El flujo térmico total para una tubería se calcula con la ecuación (52):

$$\Phi_T = U_{T,l} l (\theta_{im} - \theta_a) \quad (52)$$

Cálculo del cambio de temperatura en tuberías, recipientes y contenedores

Cambio de temperatura longitudinal en una tubería

Para obtener un valor exacto del cambio de temperatura longitudinal en una tubería con un medio que fluye, es decir, líquido o gas, se deben aplicar las ecuaciones (54) y (55):

$$|\theta_{im} - \theta_a| = |\theta_{im} - \theta_a| e^{-\alpha l} \quad (54)$$

$$\alpha = \frac{U_{T,l} \times 3,6}{\dot{m} c_p} \quad (55)$$

Donde:

- $f_m$  = Temperatura final del fluido, expresada en grados Celsius  
 $i_m$  = Temperatura inicial del fluido, expresado en grados Celsius  
 $a$  = Temperatura ambiente, expresada en grados Celsius  
 $c_p$  = Capacidad calorífica específica a presión constante del fluido, expresada en kilojoules por kilogramo Kelvin.  
 $m^\circ$  = Flujo másico del fluido, expresado en kilogramos por hora  
 $l$  = Longitud de la tubería, expresado en metros  
 $U_{T,l}$  = Transmitancia térmica lineal total, expresada en watts por metro kelvin

Las ecuaciones (54) y (55) también pueden utilizarse para ductos con sección transversal rectangular si,  $U_{T,l}$ , es reemplazada por,  $U_d$ , (38).

Cálculo de los tiempos de enfriamiento y congelación para líquidos estacionarios

Cálculo del tiempo de enfriamiento para un espesor dado de aislamiento para prevenir la congelación del agua en una tubería

El tiempo hasta que inicia la congelación se calcula utilizando la ecuación (60):

$$t_{wp} = \frac{(\theta_{im} - \theta_a)(m_w c_{pw} + m_p c_{pp}) \ln \frac{(\theta_{im} - \theta_a)}{(\theta_{fm} - \theta_a)}}{\Phi_T \times 3,6} \quad (60)$$

Donde:

- $T$  = Flujo térmico total, expresado en watts  
 $i_m$  = Temperatura inicial del fluido, expresada en grados Celsius  
 $f_m$  = Temperatura final del fluido, expresada en grados Celsius  
 $a$  = Temperatura ambiente, expresada en grados Celsius  
 $c_p$  = Capacidad calorífica específica a presión constante del fluido, expresada en kilojoules por kilogramo Kelvin.  
 $m_w$  = Masa del agua, expresada en kilogramos  
 $m_p$  = Masa de la tubería, expresada en kilogramos

El flujo térmico de la tubería sin aislamiento se calcula con la ecuación (61):

$$\Phi_T = h_{se} (\theta_{im} - \theta_a) \pi D_e l \quad (61)$$

Cálculo del tiempo de congelación del agua en una tubería

El tiempo de congelación,  $t_{fr}$ , depende de la densidad del flujo térmico y del diámetro de la tubería sin considerar los puentes térmicos, y se calcula con la ecuación (63):

$$t_{fr} = \frac{f}{100} \times \frac{\rho_{ice} \pi D_{ip}^2 \Delta h_{fr}}{\Phi_{T,fr} \times 3,6 \times 4} \quad (63)$$

Donde:

- $f$  = Fracción de la masa de agua que está congelada, expresada en porcentaje  
 $D_{ip}$  = Diámetro interior de la tubería, expresado en metros  
 $H_{fr}$  = Calor latente del hielo, igual a 334 kJ/kg  
 $ice$  = Densidad del hielo a 0°C, igual a 920 kg/m<sup>3</sup>

## Las tuberías subterráneas

Las tuberías se colocan en el suelo con o sin aislamiento térmico, ya sea en canales o directamente en el suelo.

Cálculo de la pérdida térmica para una sola línea, sin canales

Tubería sin aislamiento

El flujo térmico por metro,  $q_{l,E}$ , para una sola tubería subterránea se calcula con la ecuación (73):

$$q_{l,E} = \frac{\theta_1 - \theta_{sE}}{R'_l + R_E} \quad (73)$$

Donde:

- $\theta_1$  = Temperatura media
- $\theta_{sE}$  = Temperatura de la superficie del suelo
- $R'_l$  = Resistencia térmica lineal del aislamiento
- $R_E$  = Resistencia térmica lineal del terreno para una tubería tendida en suelo homogéneo

Tubería aislada

Para tuberías subterráneas con diferentes capas de aislantes, la resistencia térmica se calcula con la ecuación (76):

$$R'_l = \frac{1}{2\pi} \sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{\lambda_j} \ln \frac{D_{e,j}}{D_{i,j}} \right) \quad (76)$$

Cuando el diámetro interno,  $D_i$ , es idéntico a  $D_o$  (donde  $j = 1$ ). La resistencia térmica lineal del terreno,  $R_E$ , se convierte, en la ecuación 78:

$$R_E = \frac{1}{2\pi \lambda_E} \operatorname{arcosh} \frac{2H_E}{D_n} \quad (78)$$