

Necesidades de medición de conductividad térmica para el cumplimiento de normas de eficiencia energética en edificaciones

Dr. Leonel Lira Cortés

Laboratorio de Propiedades Termofísicas

Dirección Termometría, Área Eléctrica

Centro Nacional de Metrología

llira@cenam.mx

- Introducción
- Normalización en México
- Conductividad Térmica
- Patrón Nacional
- Relación entre normas de eficiencia energética en edificaciones
- Conclusiones

En México la *Secretaría de Energía* promueve el uso eficiente de la energía, a través de la **CONUEE**. Esta comisión desarrolla diferentes programas, entre ellos, la elaboración de **NOM** de eficiencia energética.

NOM-008 ENER-2001 Eficiencia energética en edificaciones, envoltantes de edificios no residenciales.

NOM-018 ENER-2011 Aislantes Térmicos para Edificaciones.
Características, Límites y Métodos de Prueba.

NOM-020-ENER-2011 Energía en Edificaciones Habitacionales

NOM-024-ENER-2012-Coeficiente de Sombreado de Vidrios

Estas normas requieren de la determinación de propiedades físicas de materiales, en particular la **conductividad térmica**

- Adicionalmente, el FIDE (fideicomiso de ahorro de energía) implemento un programa llamado hipoteca verde que otorga apoyo a fabricantes, constructores y adquirientes de vivienda nueva, que utilicen materiales certificados, uno de los requisitos es respecto al valor de la conductividad térmica de ladrillos, block, techos, plafones, etc.
- Lo cual implica medir la conductividad térmica de diferentes materiales sólidos, no solo aislantes.

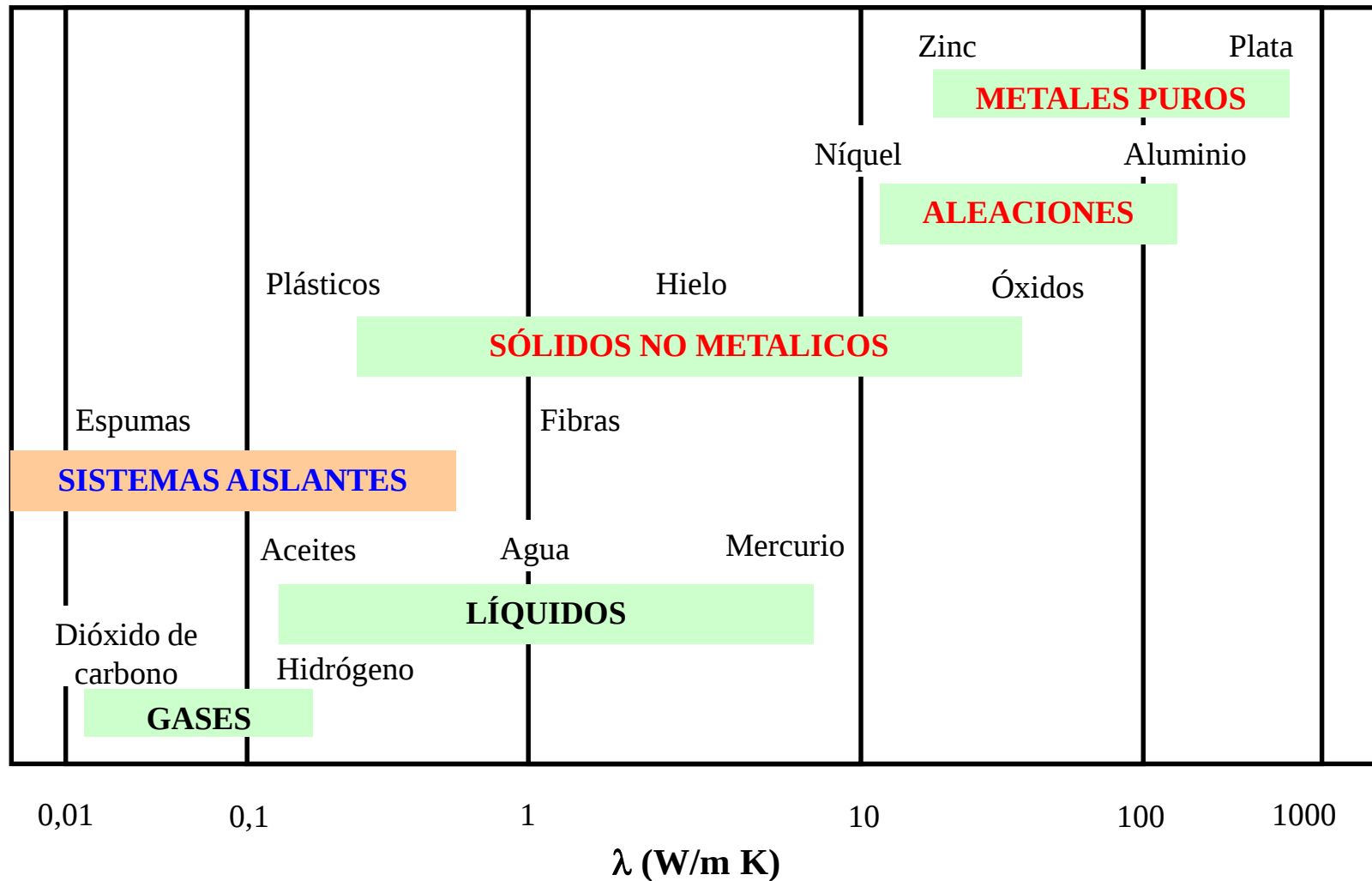


Diagrama de valores de conductividad térmica para diversos materiales a temperatura ambiente

- La regulación se realiza por medio de normas oficiales mexicanas (NOM) y normas voluntarias (NMX).
- La Secretaría de Economía (SE) administra todas las normas oficiales mexicanas (NOM) por medio de la Dirección General de Normas.
- Las NOM son regulaciones técnicas de cumplimiento obligatorio en el país y están fundamentadas en la Ley Federal de Metrología y Normalización.
- Las normas relacionadas con energía las emite la Secretaría de Energía (SENER) y las relacionadas con el uso eficiente de la energía la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).
- La CONUEE diseña el proyecto de NOM, consensa entre los interesados, publica el proyecto, vigila su evaluación y asegura su cumplimiento.

- La CONUEE ha publicado 27 NOM de eficiencia energética , aprobado y certificado a 7 organismos de certificación, 56 laboratorios de prueba y 231 unidades de verificación que evalúan la conformidad con las NOM.
- 3 NOM están relacionadas con eficiencia energética en edificaciones y 7 con aparatos electrodomésticos; calentadores de agua, motobombas, lavadoras, refrigeradores, acondicionadores de aire y estufas de uso domestico

- Elaboración de una Norma:
- **Criterios**
- Homogeneidad; debe integrarse con todas las anteriores y complementarias (revisión de Normas Nacionales)
- Equilibrio: entre el costo beneficio, flexibilizar los requisitos respecto al entorno nacional, incluso a la idiosincrasia (Normas Internacionales)
- Cooperación: Participación de todos los sectores, productores, usuarios e interés publico.
- **Actividades**
- Elección del tema
- Estado del arte nacional e internacional y perspectivas de mercado
- Grupo de trabajo
- Aprobación del Comité
- Aprobación y envió a consulta
- Respuesta a consulta
- Publicación y entrada en vigor

Método de Placa Caliente con Guarda (ASTM-C-177 o ISO 8302)

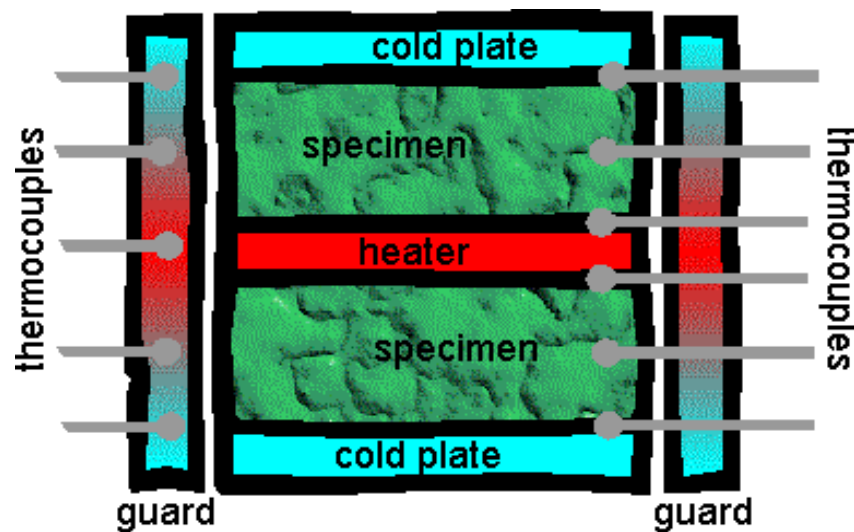
- Se miden materiales aislantes, la muestra es grande, el área de medición se calienta y se rodea de una guarda, controlada con termopares diferenciales, Pueden ser de un o dos lados de medición.

Es un método absoluto y su aplicación requiere:

Flujo de calor unidimensional en estado permanente

Medición de: la temperatura de las placas fría y caliente, el espesor de la muestra y el área de medición y el flujo de energía.

Operan a condiciones ambientales, bajas temperaturas $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ y altas temperaturas $600\text{ }^{\circ}\text{C}$



Mide materiales aislantes y de alta resistencia térmica.

Se recomienda para materiales no homogéneos; como fibras, aislantes de baja densidad, con baja e intermedia conductividad térmica como; minerales, cerámicas, vidrios, plásticos, fibras minerales y de vidrio, poliuretano celular, poliestireno, etc., concreto y sistemas aislantes completos que consisten de diferentes componentes.

Operan en los intervalos de:

Temperatura -180°C a 550°C

Conductividad térmica : $\lambda = 0.015$ a 2.5 W/mK

Exactitud : 2 a 4% , Reproducibilidad 0,5 % a 2%

Tamaño de la muestra / Tamaño del espesor:

[1] 305 mm cuadrado 0-75mm espesor

[2] 500 mm cuadrado 0-100 mm espesor

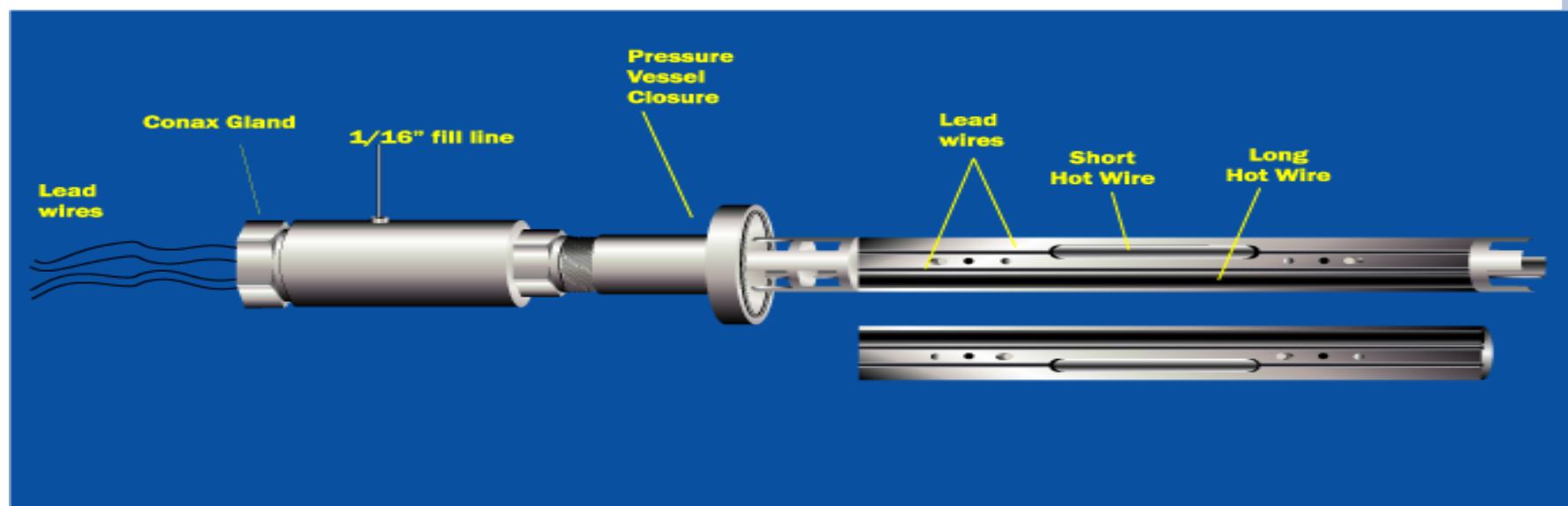
Costo: de \$ 750,000.00 hasta 10,000,000.00

Método de Hilo Caliente(ASTM-C-1113)

El método del hilo caliente se utiliza para medir "refractarios" como ladrillos y materiales en polvo o fibrosos.

Es una técnica transitoria y requiere muestras isotrópicas.

La técnica se limita a medir materiales plásticos de conductividad térmica baja.

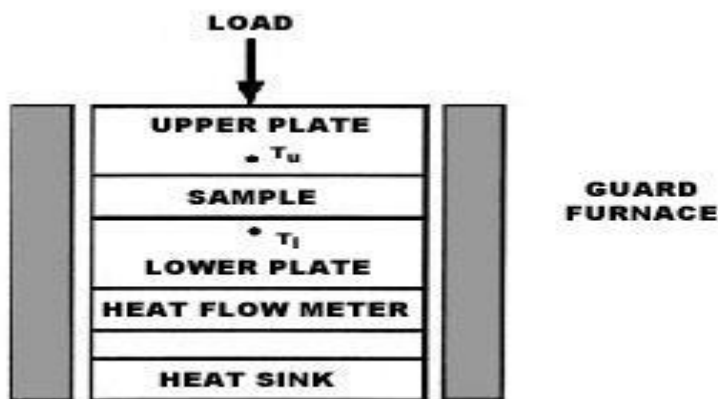


Método de Flujo de Calor (ASTM-E-1530)

La muestra se coloca entre dos superficies, que se controlan a temperaturas diferentes. La superficie inferior es parte de un transductor de flujo calibrado.

En el equilibrio térmico, se mide la diferencia de temperatura de la muestra, el flujo de calor y el espesor para calcular la conductividad térmica.

Los instrumentos se calibran con un material de referencia.



Test Section Schematic

Medición de la conductividad y resistencia térmica de una variedad de materiales; polímeros, cerámicas, vidrios, sellos, metales y otros de baja a mediana conductividad térmica.

Requiere una pequeña muestra E-1530.

Intervalo de conductividad térmica : 0.1 a 40 W/mK

Exactitud : del 3% a 8% Reproducibilidad: 1% al 2%

- Intervalos de Temperatura [T]: de -180 °C hasta 300 °C
- Tamaño de la muestra [S]: circular de 50 mm o de 25 mm, cuadrada de 25 mm o de 36 mm, máximo espesor de 25 mm

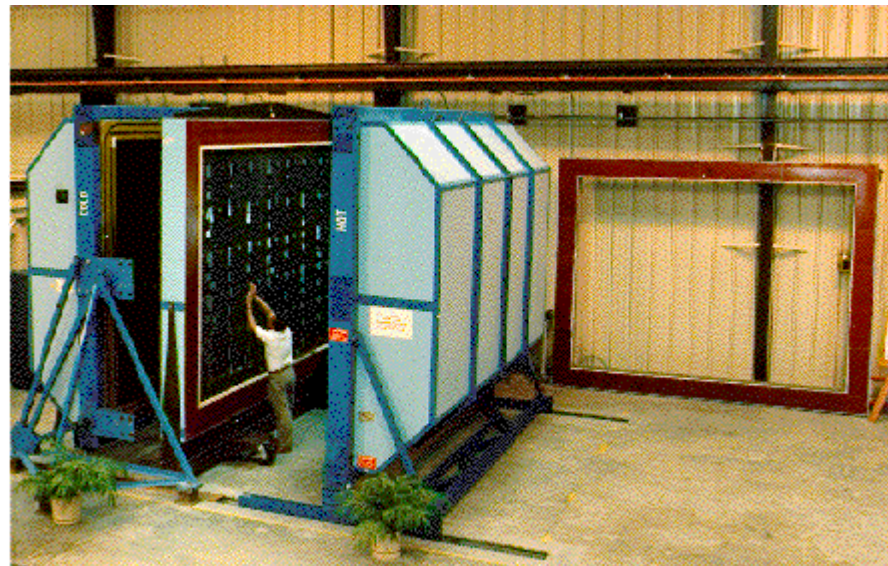
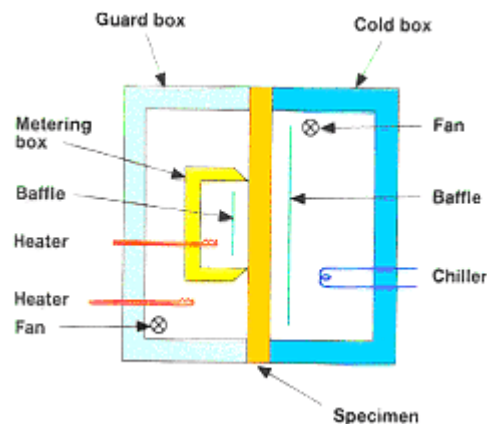
Costo: \$550,000.00

Método de Caja Caliente con Guarda (ASTM-C-236)

Este aparato se usa para medir el desempeño térmico de las paredes.

Las dimensiones para las muestras de pared son de 2.25 m x 2.25 m.

Consiste de dos cámaras una es la cámara caliente y la otra es la cámara fría.



Medir la transmitancia térmica de productos del edificio (e.g. las paredes, ventanas, puertas, paneles, etc.) según EN-ISO 8990. La caja fría y la caliente se mueven de forma automática. El proceso de prueba, la adquisición de datos y la evaluación de resultados se controla desde una computadora.

Intervalo de temperatura del lado frío de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, caliente de $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Medición de transmitancia térmica desde 0.1 a $4\text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ con exactitud de 5%

Tamaño de la muestra $1500 \times 1500\text{ mm}$,

Dimensiones del cuarto $6 \times 4.5 \times 3.3\text{ m}$

Precio: 2 700 000.00

En el **Centro Nacional de Metrología (CENAM)** se desarrollo un instrumento primario para medir la conductividad de materiales sólidos aislantes. El instrumento es denominado **Aparato de Placa Caliente con Guarda** (APCG), que es el Patrón Nacional de Conductividad Térmica de Materiales Sólidos Aislantes.

$\lambda : 0,03 \text{ a } 0,17 \text{ W/mK}$
(Materiales Sólidos Aislantes)



Conductividad térmica (λ) de
materiales aislantes ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$) $0,03 < \lambda < 0,17$
Espesor (L) de la muestra (mm): $L < 47$
Temperatura (T_m) de medición (K): $268 < T_m < 335$
Incertidumbre relativa con un
nivel de confianza del 95 % : entre 0,8% y 2%

- En México existen dos laboratorios acreditados y aprobados para la medición de conductividad térmica de materiales sólidos aislantes.
- Doce laboratorios que pueden medir la conductividad térmica de materiales aislantes.
- Trece de ellos utilizan un método secundario y uno un método primario.

- Aislantes:
- Poliestireno
- Fibra de Vidrio
- Material SRM1450
- Fibra Mineral
- Referencia para medidores de flujo de calor

- Construcción
- Panel de poliuretano con PVC de 20 cm de espesor.
- Panel de PVC.
- Ladrillo de tabique rojo de 14 cm de espesor.
- Block de Construcción de 10, 14 y 8 cm de espesor.
- Losa de Barro de 5 cm de espesor.
- Panel de yeso de 19 mm.
- Placa de concreto para losa de 3 y 10 cm.

○ Valores de conductividad térmica para algunos materiales

Muestra	Espesor/ mm	Temperatura/ °C	Conductividad térmica aparente/ W (K m) ⁻¹	Incertidumbre expandida / W (K m) ⁻¹ (k=2)
Lamina- poliuretano	101.7	22.0	0.0551	10 %
PVC con poliuretano	105.0	18.1	0.0244	10 %
SRM1450	25.48	27.7	0.0340	1.5 %
Poliestireno	23.5	28.8	0.0326	1.5 %
Yeso	17.8	7.7	0.178	5 %
Ladrillo	100.5	29.45	0.391	10%

Construcción



Aislantes



Para medir una amplia gama de materiales de construcción incluyendo (albañilería, concreto, mármoles, piedra, materiales de los aislamientos, etc.), se requiere un aparato que cubra los requisitos:

- Intervalo de conductividad térmica a partir 0.01 W/m K a 4 W/m K
- Intervalo de temperatura de -10°C a 80°C
- Muestras de tamaño muy pequeño o muy grande

Los medidores de flujo de calor que operan bajo la norma ASTM 1530 o ASTM C-518 cubren parcialmente las necesidades.

2. Para muestras grandes, no homogéneas, etc., se requieren aparatos de plato caliente con guarda que operan bajo la norma ASTM- C-177
3. Para evaluar elementos de edificaciones se requiere de cajas de calor que operan bajo la norma ISO 12567-1

Muchas Gracias por su atencion