



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

Leonel Lira Cortes

*Laboratorio de Propiedades Termofísicas
División Termometría, Área Eléctrica
Centro Nacional de Metrología*



INTRODUCCION

La Secretaria de Energía y otros organismos han emitido distintas normas (NOM) para el ahorro y uso eficiente de la energía

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

NOM-018 ENER-1997 Aislantes Térmicos para Edificaciones. Características, Límites y Métodos de Prueba.

NOM-020-ENER-2009 Energía en Edificaciones Habitacionales

NOM-024-ENER-2010-Coeficiente de sombreado vidrios

INTRODUCCIÓN

FIDE (Fideicomiso de Ahorro de Energía)

Programa: Hipoteca verde apoyo para fabricantes, constructores y usuarios de vivienda.

Cuando se utilizan materiales certificados particularmente en conductividad térmica

Implica mediciones de conductividad térmica de materiales sólidos, no sólo aislantes.



Propiedades térmicas de los materiales

- Conductividad térmica
- Prueba de desempeño térmico de edificaciones
- Evaluación de componentes de construcción en caja de calor
- Medición de dimensiones
- Medición de densidad aparente (bulto)
- Estabilidad térmica (calor)
- Estabilidad dimensional
- Absorción de agua
- Absorción de humedad
- Contenido de humedad
- Medición de transmisión de vapor de agua



Equipos que se usan para medir las propiedades térmicas

- Aparato de placa caliente con guarda
- Aparato de flujo de calor
- Aparato de caja de calor con guarda
- Cámara climática
- Aparato de caja solar
- Medidor de permeabilidad de vapor de agua
- Hornos
- Aparatos dimensionales
- Máquina de compresión



Métodos de prueba para los equipos

Placa caliente con guarda (Método de Prueba ASTM-C-177)

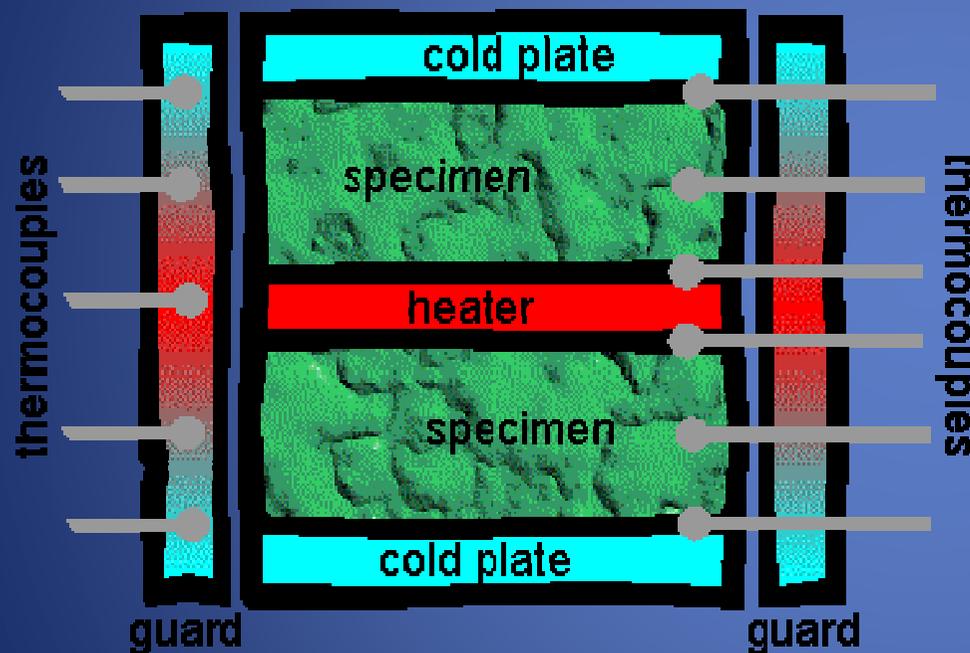
- Para medir materiales aislantes; Las muestras son de dimensiones grandes.

La sección de medición se calienta y se rodea una guarda, controlada con termopares diferenciales,
La configuración convencional: dos muestras o lados de medición.

Es un método absoluto y su aplicación requiere:

Condiciones de estado permanente
Flujo de calor unidimensional en la región de medición,
Medir la temperatura de las placas,
Medir el espesor de la muestra y otros parámetros los cuales pueden afectar el flujo unidireccional a través del área de medición de la muestra.

Métodos de prueba para los equipos



Método de la placa caliente con guarda (ASTM-C-177)

Tres categorías de sistemas:

1. Aparatos que operan alrededor de las condiciones ambientales
2. Aparatos que operan debajo de la temperatura ambiente (aproximadamente $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$)
3. Aparatos que operan a altas temperaturas (aproximadamente de $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ y superiores)

Métodos de prueba para los equipos

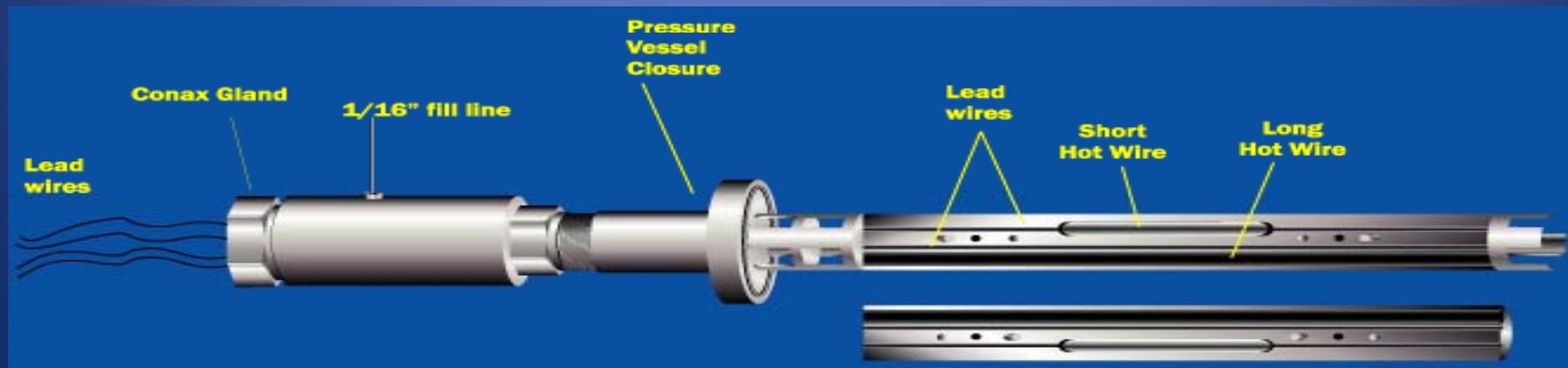
Método del hilo Caliente (Método de prueba ASTM-C-1113)

Se utiliza para medir la conductividad térmica de "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.

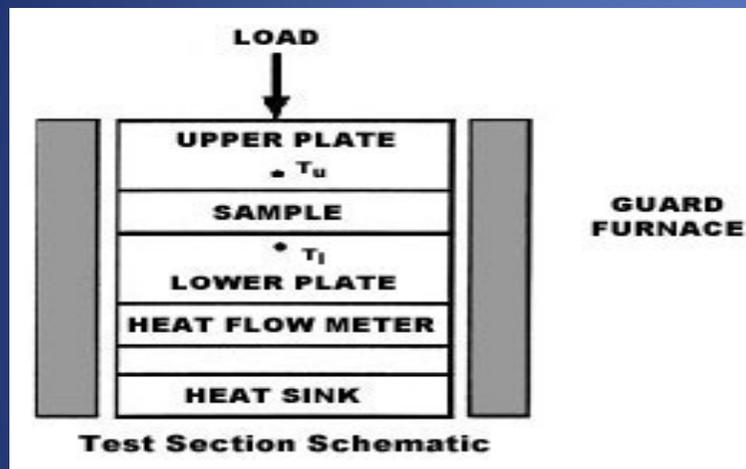
La conductividad térmica se calcula de la porción recta de la curva de temperatura contra tiempo.



At thermal equilibrium, the Fourier heat flow equation applied to the test stack beco

Métodos de prueba para los equipos

Medidores de flujo de calor con guarda (ASTM- E- 1530)



La muestra se coloca entre dos superficies, que están a temperaturas diferentes. La superficie inferior es parte de un transductor de flujo calibrado. Un horno guarda rodea el arreglo. Los instrumentos se calibran con un material de referencia.

En el estado permanente, se mide:
la diferencia de temperatura
el flujo de calor y
el espesor
para calcular la conductividad térmica.

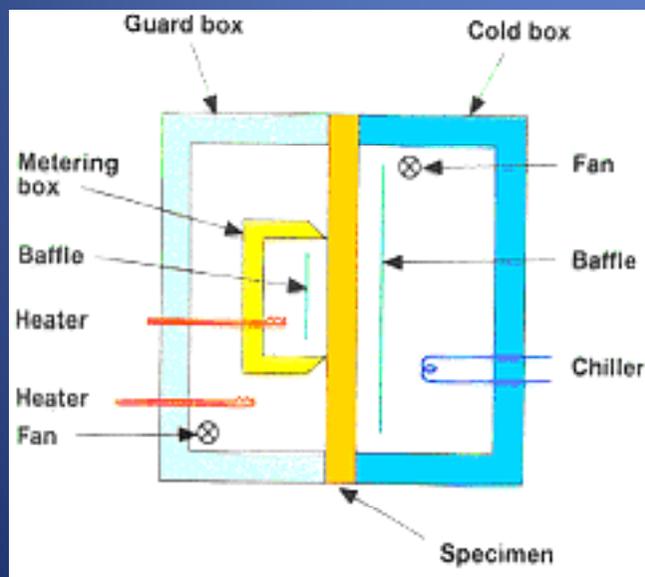
Métodos de prueba para los equipos

Caja caliente con guarda (ASTM-C-236)

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 una fría.





Métodos de prueba para los equipos

Analizador de propiedades térmicas.

Es un dispositivo portátil para la medición directa de propiedades termofísicas de una amplia gama de materiales.

Tienen varios tipos de probetas opcionales:
probetas de aguja para materiales fibrosos, porosos y blandos,
probetas superficiales para materiales duros.

Las probetas se calibran con materiales de referencia.



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

Sistema de medición de conductividad térmica de
plato caliente con guarda (ASTM- C-177 o ISO 8302)

Medición de materiales aislantes y materiales de alta resistencia térmica.

A causa del tamaño grande de muestra, el instrumento se recomienda para medir material no homogéneo, incluyendo fibras, aislantes de baja densidad, materiales 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, como secciones de techos y paneles.

Operan en el intervalo de temperatura -180°C a 550°C



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

- Intervalo de conductividad térmica : $\lambda = 0.015$ a 2.5 W/mK
- Intervalo de temperatura : [01] Ambiente a 100°C
 - [02] -10°C a 70°C
 - [03] -180°C a 200°C
 - [04] 50°C a 550°C
- 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



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

- Medidor de flujo de calor con guarda ASTM-E-1530

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 : [1] 0.1 a 40 W/mK



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

- Exactitud : [1] Exactitud 3% a 8% Reproducibilidad: 1% al 2% depende de la resistencia térmica
- Intervalos de Temperatura [T]:
[1] -180 °C , -100 °C , -60°C , -20 °C , 20°C o 50°C a 300
- Tamaño de la muestra [S]:
[1] 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



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

- Medidor de flujo de calor ASTM-C-518

El método de medición es secundario, en general requiere solo una muestra y requiere calibración con un material de referencia.

Se miden diversos materiales como polímeros, cerámicas, vidrios, sellos, metales y otros de baja a mediana conductividad térmica.

Requiere muestra cuadradas de 250mm, 300 mm o 500 mm y espesor máximo de 75 mm

Intervalo de conductividad térmica : 0.015 a .8 W/mK



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

- Exactitud : [1] Exactitud 5% Reproducibilidad: 1%
- Intervalos de Temperatura [T]:
[1] 10 °C a 70 °C
- Tamaño de la muestra [S]:
[1] Cuadrada de 250 mm , 300 o 500 mm, máximo espesor de 75 mm, existen algunos instrumentos con muestras circulares de 305 mm de diámetro

Costo: \$750,000.00



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

- Aparato de caja de calor con guarda para determinar el desempeño de ventanas y puertas (ISO-12567-1)

Medir la transmitancia térmica de puertas y de ventanas según EN-ISO-8990, EN-ISO-12567-1.

Tiene dos configuraciones para la prueba de las muestras (uno para puertas y otro para ventanas). El proceso de prueba, adquisición de datos y la evaluación de resultados se controla con una computadora.

Intervalo de temperatura del lado frío -10 °C a $+10\text{ °C}$, caliente $+10\text{ °C}$ a $+30\text{ °C}$
Intervalo de medición de la transmitancia térmica 0.5 a $4\text{ W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ con exactitud de 7%

Ventanas: $1230 \times 1480\text{ mm}$, puertas $1000 \times 2000\text{ mm}$, espesores 20 y 60 mm
Dimensiones del cuarto ($6 \times 4.5 \times 3.3$) m

Precio 2,100,000.00



Especificaciones de los equipos se usan para medir las propiedades térmicas

- Aparato de caja caliente con guarda

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 °C a $+5\text{ °C}$, caliente de $+5\text{ °C}$ a $+40\text{ °C}$

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



3.6 CONCLUSIONES

1. 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



Laboratorio de Propiedades Termofísicas

➤ Colaboradores:

Saúl García Duarte
Oscar Jesús González Rodríguez
Edgar Méndez Lango



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

- Electromagnetismo
- Temperatura y Propiedades Termofísicas
- Tiempo y Frecuencia



Gracias
por su
Atención