

MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES UTILIZADOS EN EDIFICACIONES.

Dr. Leonel Lira Cortes

Laboratorio de Propiedades Termofísicas

División de Termometría

Área de Metrología Eléctrica

Centro Nacional de Metrología

Contenido

- Introducción.
- Patrón de Conductividad Térmica de materiales sólidos aislantes.
- Criterios de diseño.
- Resultados.
- Conclusiones.

En México la *Secretaría de Energía* promueve el ahorro y uso eficiente de la energía, a través de la **CONAE**. Esta comisión desarrolla diferentes programas, entre ellos, la elaboración de **NOM** de eficiencia energética. Estas **NOM** son obligatorias en la República Mexicana.

NOM-008 ENER-2001

NOM-018 ENER-1997

NOM-020-ENER-2008

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.

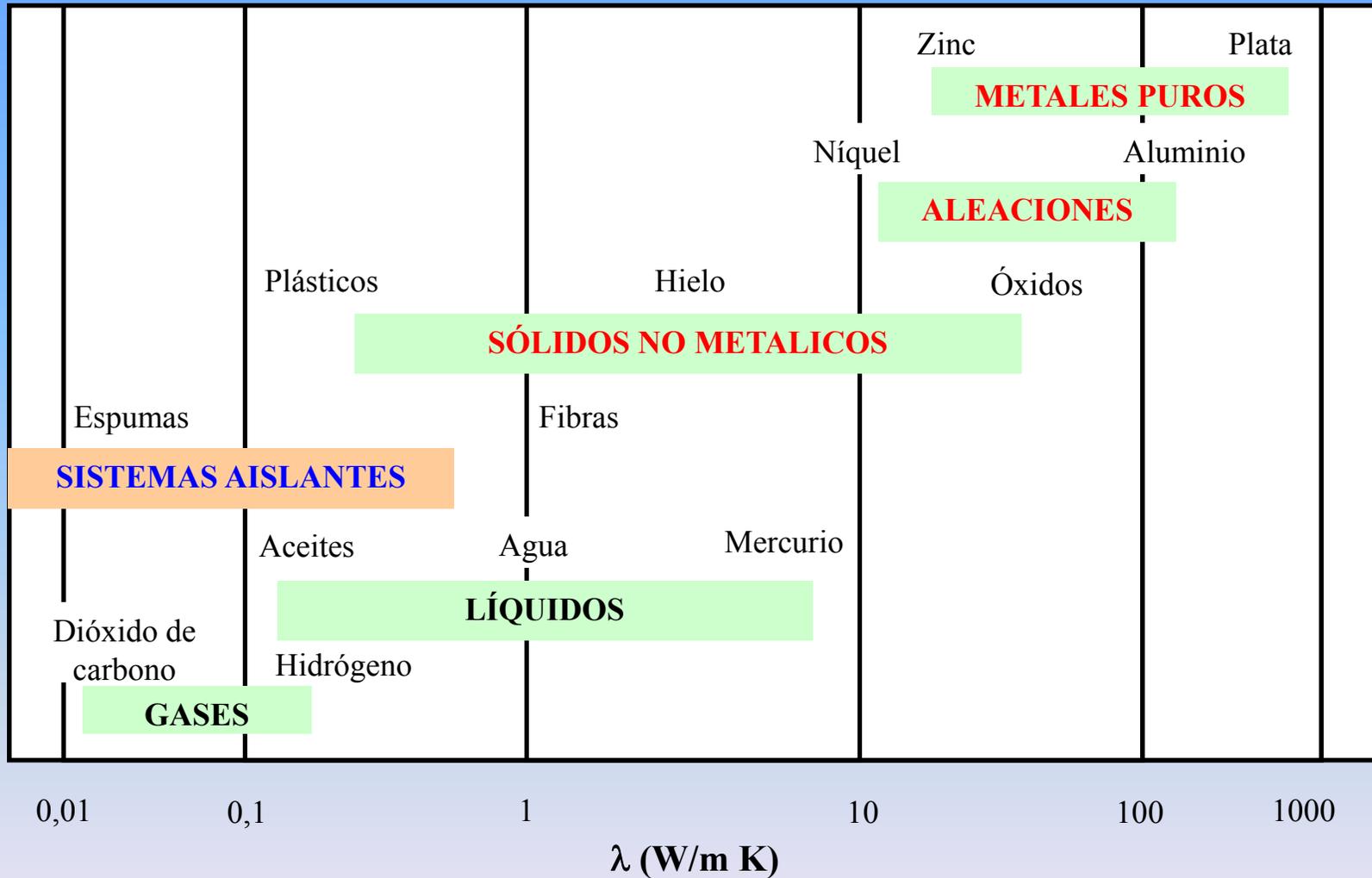


Diagrama de valores de conductividad térmica para diversos materiales a temperatura y presión ambiente.

En el **Centro Nacional de Metrología (CENAM)** fue desarrollado 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)

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

Patrón Nacional de Conductividad Térmica



Patrón Nacional de Conductividad Térmica

Alcance del patrón

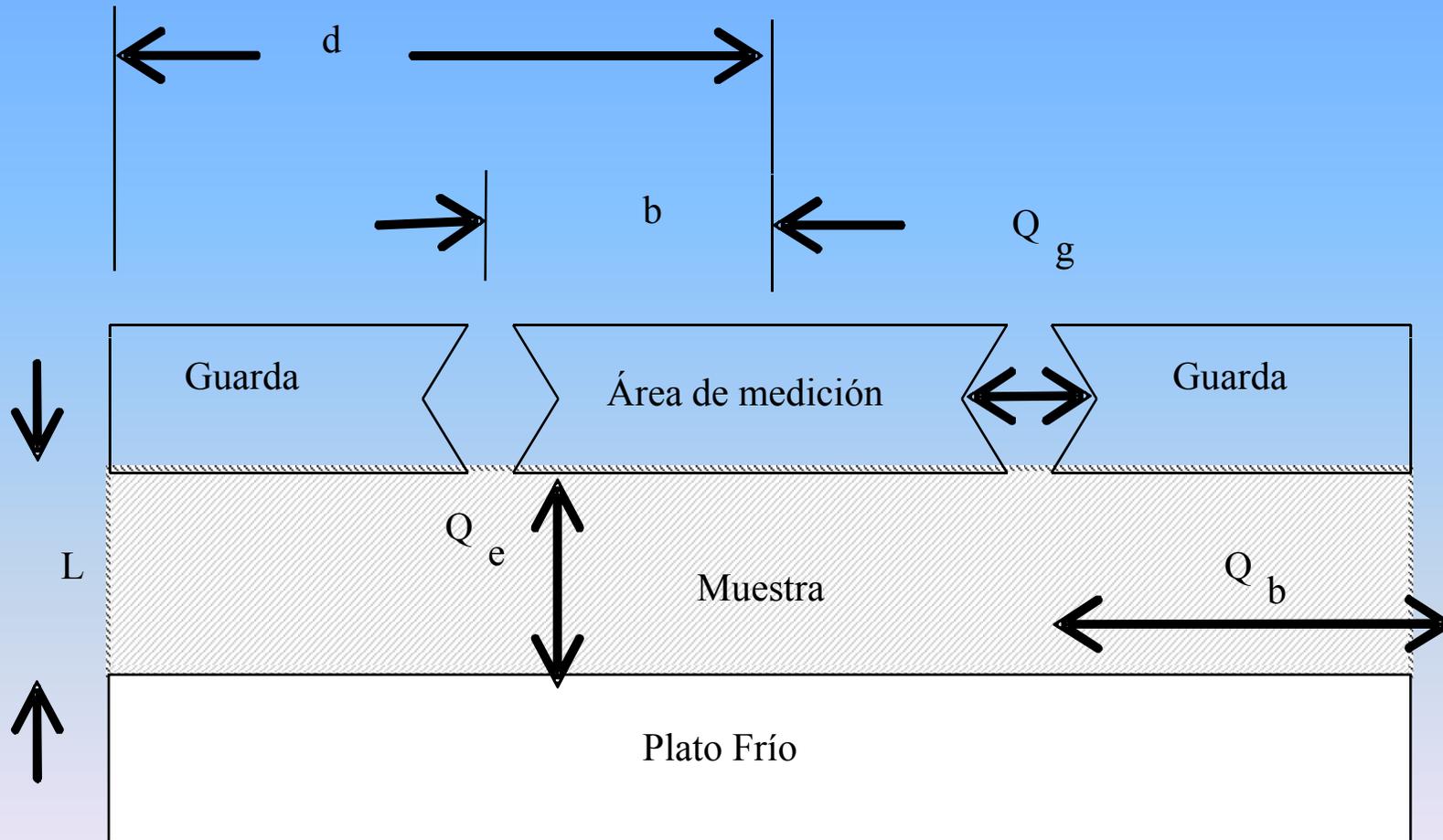
Conductividad térmica (λ) de materiales aislantes ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	$0,03 < \lambda < 0,17$
Espesor (L) de la muestra (mm):	$L < 47$
Temperatura (T_m) de medición (K):	$268 < T_m < 335$
Incertidumbre relativa con un nivel de confianza del 95 % :	entre 0,8% y 2%

Patrón Nacional de Conductividad Térmica

Para desarrollar el método primario se realizaron varios estudios y caracterizaciones al aparato de placa caliente con guarda, algunos de ellos son :

- del efecto de borde para obtener criterios de diseño y parámetros para la evaluación teórica del error.
- de la distribución del campo de temperatura en el plato caliente y la guarda de forma teórica y experimental.
- de la transferencia de calor en el espacio anular.

Patrón Nacional de Conductividad Térmica



Estudio del efecto de Borde

El efecto de borde se define como:

$$EB = (Q_i - Q_e) / Q_i = Q_b / Q_i$$

La ecuación a resolver para evaluar este efecto es:

$$k_r \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + k_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0$$

Las condiciones de frontera son:

$$\begin{array}{lll} z = 0 & 0 \leq r \leq d & T = V = T_C - T_A \\ z = L & 0 \leq r \leq d & T = U = T_F - T_A \\ 0 \leq z \leq L & r = d & 0 = k_r dT/dr + hT \end{array}$$

Estudio del efecto de Borde

La solución esta dada por:

$$T = V \left[\frac{(V - U)z}{L} \right] + \left(\frac{2h}{Lk_r} \right) \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{\left(\frac{V - (-1)^n U}{a_n} \right) I_0(w_n r) \text{sen}(a_n z)}{w_n I_1(w_n d) + \left(\frac{h}{k_r} \right) I_0(w_n d)} \right\}$$

La cual se puede escribir como:

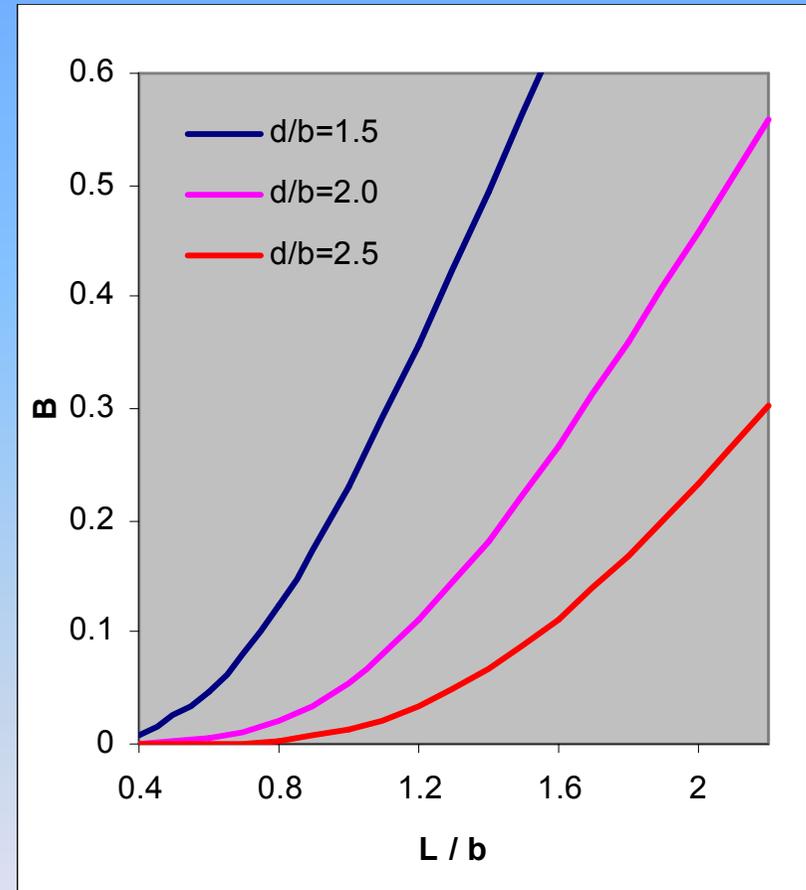
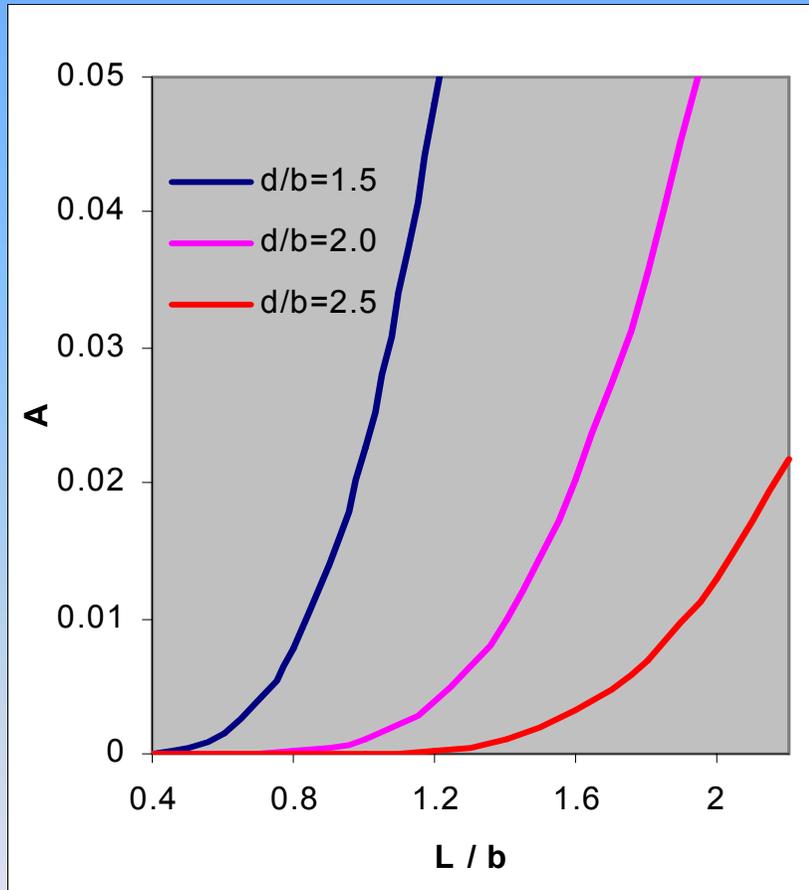
$$EE = EE(X, L/b, d/b, h/k_z, k_z/k_r)$$

$$EE = A + BX$$

$$X = (T_H + T_C - 2 T_A) / T_H - T_C$$

Resultados: $EB = A + B X$

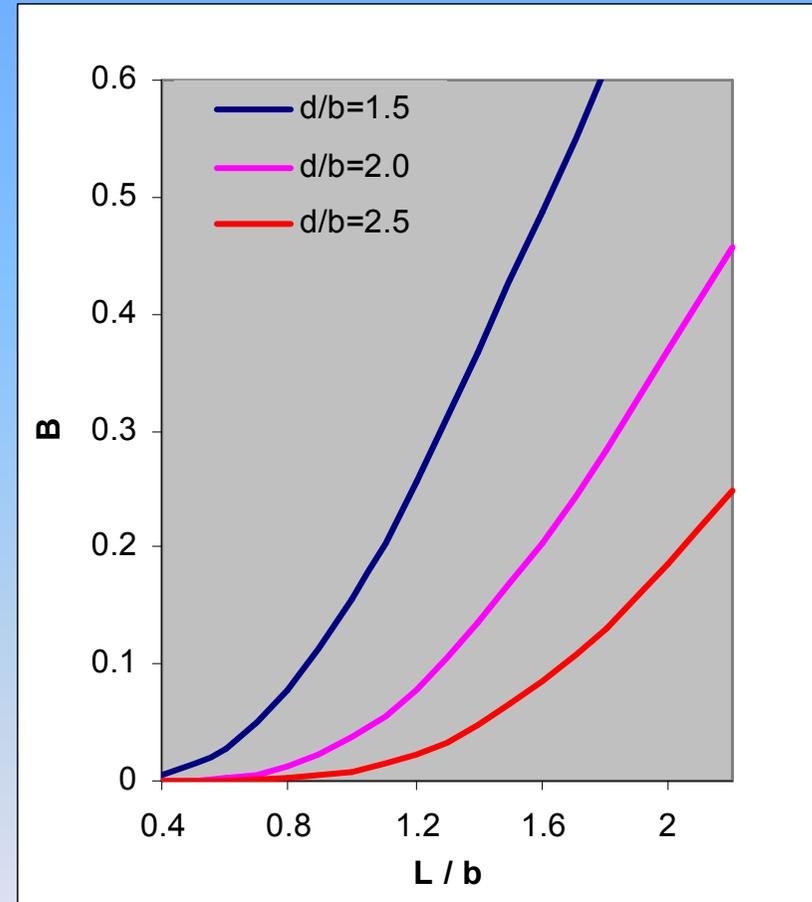
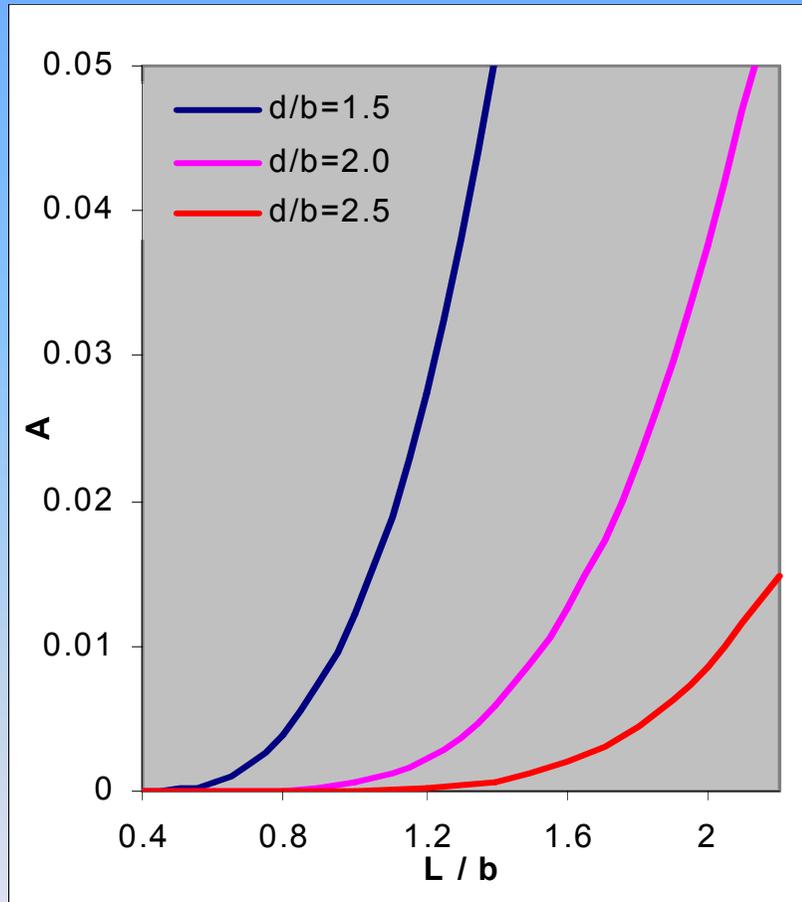
$$h / K_z = 196.5 \text{ m}^{-1}$$



Contribución del efecto de Borde como función de L/b, el espesor y el radio del área de medición

$$\text{Resultados: } EB = A + B X$$

$$h / K_z = 49.0 \text{ m}^{-1}$$



Contribución del efecto de borde como función de L/b, espesor y radio de medición

Resultados

- Utilizando los criterios de diseño, efecto de borde se evaluó el error que se comete al medir materiales no aislantes y con espesores mayores a los del diseño para aislantes.
- Se han evaluado distintas muestras de materiales aislantes y de construcción .

Resultados

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

Resultados

- 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.

Resultados

- 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%

Materiales

Construcción



Aislantes



Conclusiones

- Se midió la conductividad térmica de materiales de construcción; ladrillo, block, yeso que demandan los fabricantes.
- Para la medición se utilizaron los criterios de diseño del instrumento y el patrón nacional.
- Para reducir la incertidumbre es necesario contar con un instrumento que nos permita manejar muestras de mayor espesor.

Agradecimientos

- Dr. Edgar Mendez-Lango
- Ing. Oscar Gonzalez Rodriguez
- P.I. Ruth Paulina Rendón Trujillo