



**CFE** Una empresa  
de clase mundial

**PAESE**  
Programa de Ahorro de Energía  
en el Sector Empresarial

**CFE**ctiva  
empresarial

# **Comisión Federal de Electricidad**

## **Coordinación del Programa de Ahorro de Energía**

### **División de Distribución Golfo Norte**

### **Foro de Ahorro de Energía Eléctrica**

**Reynosa, Tamaulipas**

**Ahorro de Energía Mediante el Aislamiento Térmico**

**5 de Agosto 2011**

**Ing. Rubén Zagal**



# Antecedentes del Aislamiento Térmico



La envolvente es la piel del edificio y da sentido de acceso, orientación e identifica la edificación.

Es un sistema compuesto por materiales y controla el balance térmico:

- Confort
- Consumo de Energía

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMOCIÓN DEL ESTADO DEL PUEBLO AL MAXIMO CLARIDAD

**CFE** activa empresarial



Vivir Mejor

# Definiciones Básicas



**CALOR:** unidad térmica británica (BTU). Es la unidad básica de calor en EUA. Esta se define como la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de 1lb de agua en 1°F.

**AISLAMIENTO TÉRMICO:** en la construcción se evalúa por la cantidad de BTU, que se transfiere a través de 1ft<sup>2</sup>, por hora, por °F de diferencia de temperatura y se expresa en valores “K”, “C” o “U”.

**CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (K):** es la unidad básica de flujo de calor. Es la medida de la cantidad de calor que es transmitida a través de 1ft<sup>2</sup> en una pulgada de material en una hora, cuando hay diferencia de 1 °F entre las 2 superficies de materiales. Este valor “K” se usa normalmente en materiales homogéneos.  **$K = \text{BTU Pulg.}/(\text{Hr})(\text{FT}^2)(^\circ\text{F})$**

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMOVIMOS EL USO RESPONSABLE DEL ENERGÍA CLASIFICADO

**CFE**ctiva empresarial



Vivir Mejor

# Definiciones Básicas



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** Programa de Atención al Usuario del Estado

**CFE** activa empresarial

**FACTOR “R” (RESISTENCIA TÉRMICA):** El factor “R”, el “Ri” y el factor “Re” se suman para obtener lo que es la resistencia total “Rt” de esta manera se puede calcular el espesor del aislamiento requerido. Para calcular el espesor de aislamiento requerido se necesita un dato “U”. Para obtener el factor “R”, que es el inverso del valor “C” de un material, se calcula dividiendo  $1/“C” = R = 1/C$

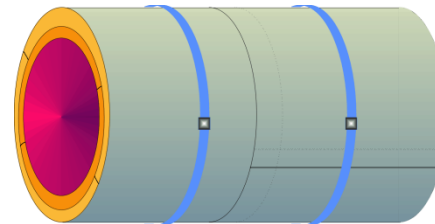
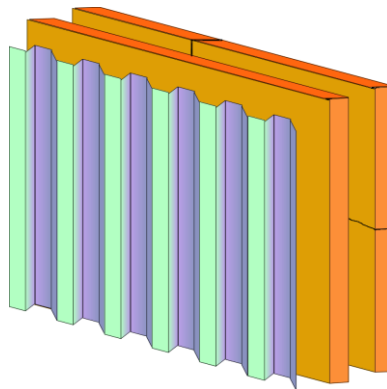
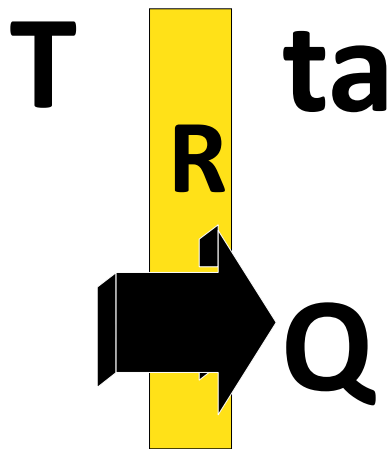
**COEFICIENTE TOTAL DE TRANSMITANCIA TÉRMICA (U):** es la unidad del flujo de calor para una construcción completa, en la que se incluyen las partículas de aire y todos los materiales en el ensamble. Se calcula tomando el recíproco de la suma total de las resistencias “R” de los elementos del ensamble.



Vivir Mejor

# Conceptos Básicos Utilizados en Aislamiento Térmico

- Los Aislamientos Térmicos son materiales que se distinguen por su baja capacidad para transferir la Energía Térmica
- No existe el aislante térmico perfecto
- Dado un diferencial de temperatura ( $T - t_a$ ), se establece un potencial que inicia ( $Q$ ) la transferencia de calor
- La Resistencia " $R$ " del aislante se contrapone al flujo de calor



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMOVIMOS LAS ACTIVIDADES DEL PAÍS PARA EL BIEN DE LA ECONOMÍA

**CFE** activa empresarial



Vivir Mejor

# Características Físicas de los Aislamientos Térmicos



- ✓ Estar constituídos en su mayor parte por aire. Actualmente los aislantes contienen mas del 90% de su volúmen en aire.

**Baja Conductividad.**

- ✓ El aire esta constreñido por sólidos que forman pequeñísimos espacios, y le impiden su movimiento.

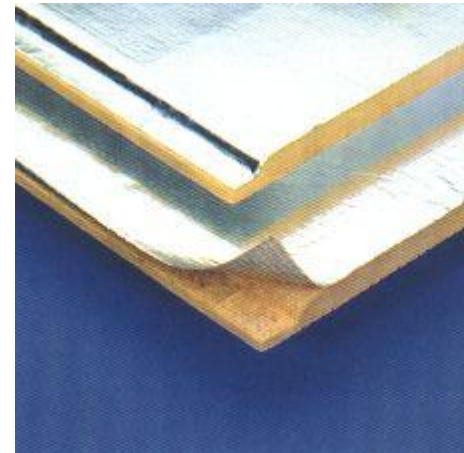
**Baja Convectividad**

- ✓ Son cuerpos opacos. Sin Transparencia.

**Baja Radiación.**

- ✓ Los sólidos NO son metálicos.

**Baja Conductividad.**



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMOVIMOS EL USO DE ENERGÍA EN EL SECTOR EMPRESARIAL

**CFE** activa empresarial



Vivir Mejor



# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



## Aplicación de Aislamiento en Tuberías de Procesos Industriales:

Ejemplo: Tubería horizontal de 14" a 500°C de Operación y 30°C ambientales, Aislada con Colcha CPI (fibra Roxulâ) en 150 mm espesor y forrada con aluminio

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMOTOR DEL SECTOR DE ENERGÍA DEL NOROCCIDENTE

**CFE** activa empresarial



Vivir Mejor

# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



- **Aislamiento Térmico Flexible de Tubos de gran diámetro mayores a 204 mm en servicio caliente:**

- Amarres de alambre recocido o galvanizado cal. 20 o fleje de 0.5 mm de espesor de aluminio 12 mm de ancho, 3 por cada tubo aislante.
- Lámina de aluminio en espesor de 0.635 mm min., preferible protegido contra la corrosión interior.
- Fleje de 0.5 mm de espesor de acero Inoxidable T304 de 12 mm de ancho, 3 por cada tramo de lámina de aluminio.



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMUEVE EL USO DEL PRODUCTO NACIONAL

**CFE** activa empresarial



Vivir Mejor



# Aplicaciones del Aislamiento Térmico

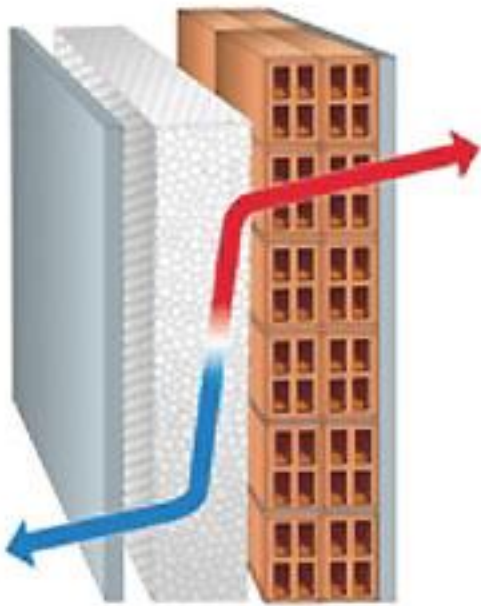


CFE Una empresa de clase mundial

PAESE

CFE activa empresarial

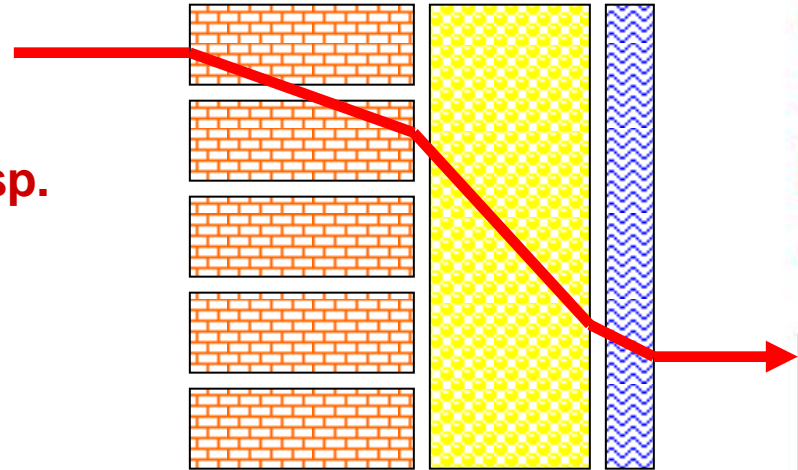
## Aislamiento Térmico Cálculo en aplicaciones de la construcción:



$$C = k/esp.$$

$$R = 1/C$$

$$R = 1/f$$



esp.	-----	6"	3"	1.5"	-----	-----
f	1.65	k 12	k .23	k 5	f 6.0	TOTAL
"C"	-----	12/6=2	.23/3=.077	5/1.5=3.3	-----	-----
"R"	0.61	0.50	13	0.3	0.17	14.08

$$U = 1/R$$

$$Q = U \cdot A \cdot (\text{temp.ext.} - \text{temp.int.})$$



Vivir Mejor

# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



CFE Una empresa de clase mundial

PAESE PROMOTOR DEL SECTOR DE ENERGÍA DEL MUNDO CLASIFICADO

CFE activa empresarial



Vivir Mejor

## Aislamiento de techos en edificaciones

Asoleamiento,  $t_{(ext.)} = t_{(amb)} + 9^{\circ}\text{C}$

$R_{TLP} / \text{in} = 6$

Acondicionamiento,  $t_{(int)} = t_{(ext)} - \Delta t$



- Reduce la temperatura interior del techo
- Elimina puentes térmicos
- Menor espesor aislante por su eficiencia
- Protege la losa (acero, concreto, etc.)
- Ahorra energía eléctrica

# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



## Aislamiento Térmico de techos industriales y comerciales:

- Placas rígidas aislantes
- Fijación mecánica a base de tornillos
- Fijación con adhesivos



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE**  
PROGRAMA DE ASESORIA EMPRESARIAL  
AL SECTOR ELÉCTRICO

**CFE**ctiva empresarial



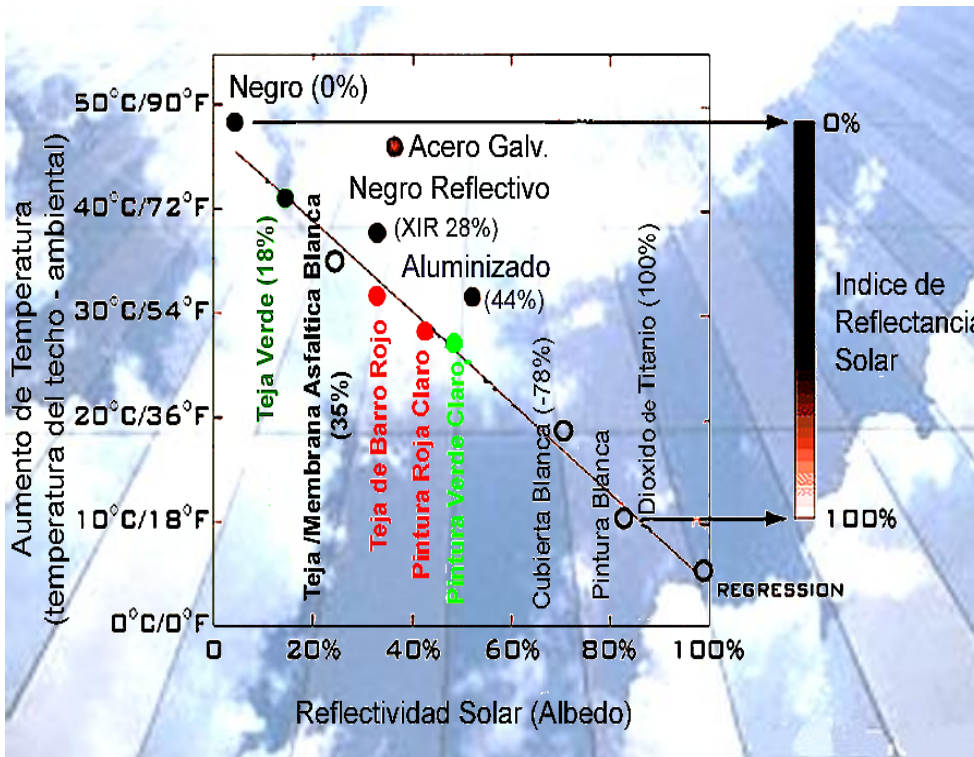
Vivir Mejor

# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



## Impermeabilización Reflectiva con Membrana

- Membrana con ALTO INDICE DE REFLECTIVIDAD



97%

CFE Una empresa de clase mundial

PAESE

CFE activa empresarial



Vivir Mejor



# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



## Impermeabilización Reflectiva con Membrana

- Membrana blanca o en colores, con uniones soldadas
- Sellado de las juntas con aire caliente



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMOVER EL AVANCE DEL PAÍS AL MAXIMO CLASIFICADO

**CFE**ctiva empresarial



Vivir Mejor

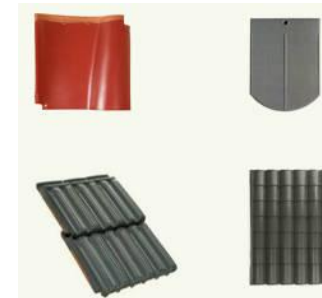


# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



## Opciones con tejas aislantes en Techos Residenciales

- Fijación con adhesivos sobre techos de concreto
- Fijación con clavo sobre techos de madera



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMUEVE EL USO DE ENERGÍA EN EL SECTOR EMPRESARIAL

**CFE**ctiva empresarial



Vivir Mejor

# Aplicaciones del Aislamiento Térmico



## Opciones con paneles aislados en construcciones Comerciales o Industriales

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE**  
PROGRAMA DE ASESORIA EN ENERGÍA  
AL SECTOR EMPRESARIAL

**CFE**ctiva  
empresarial



Vivir Mejor

# Paneles Foam Block



## CONCEPTO DEL SISTEMA

Es un bloque de poliestireno que trabaja como cimbra, para construir un muro de concreto armado con aislamiento térmico integrado.

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMUEVE EL USO DE ENERGÍA EN EL SECTOR ELÉCTRICO

**CFE** activa empresarial

## MERCADO DE LA CONSTRUCCIÓN



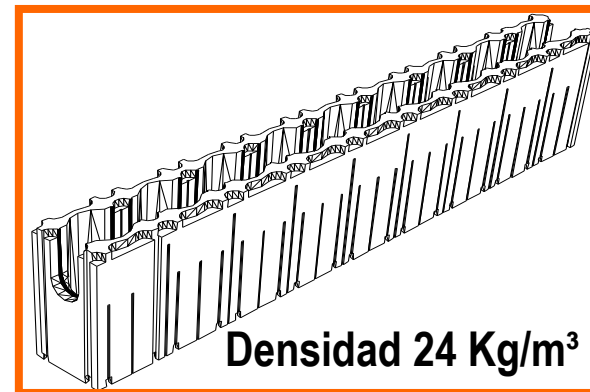
**BOVEDILLA**



**AISLAMIENTO EN MUROS**



Ancho: 12.5 cm  
Longitud: 112.5 cm  
Altura: 25 cm



**Densidad 24 Kg/m<sup>3</sup>**

Contiene 9 celdas circulares huecas de 8.5 cm de diámetro en sentido vertical y una cavidad horizontal



Vivir Mejor

# Paneles Foam Block

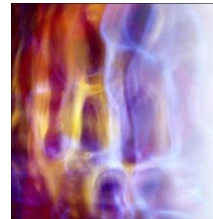


## VENTAJAS

- AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA
- \* AISLAMIENTO TERMICO INTEGRADO
- \* VENTAJAS INHERENTES DEL POLIESTIRENO
- \* FLEXIBILIDAD EN LOS DISEÑOS
- \* PROCESO CONSTRUCTIVO SENCILLO
- \* MENORES TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN
- \* MENORES DESPERDICIOS
- \* COMPATIBILIDAD CON OTROS SISTEMAS



Electricidad  
30 a 40%  
menos



Ni calor, ni frío  
El clima dentro de la casa  
mejor que fuera



No plagas  
Ni bacterias,  
ni termitas



Menos Ruidos  
Usted escucha  
sólo la tercera parte  
de los ruidos normales

**CFE** Una empresa  
de clase mundial

**PAESE**  
PROGRAMA DE ASESORIA EN ENERGIA  
DEL SECTOR ELABORADOR

**CFE** activa  
empresarial



Vivir Mejor



# Ejemplos Obras



**Casa habitación interés social  
INFONAVIT: 2 recamaras, sala-  
comedor, cocina, baño.**



**Casa habitación interés medio alto: 2  
recamaras, recibidor, sala-comedor,  
estancia, cocina, 11/2 baño, dos niveles.**



**Casa habitación  
interés social, 3  
recámaras, sala-  
comedor, cocina, 1  
1/2 baño, dos  
niveles.**



**Casa habitación tipo  
residencia: 3 recamaras,  
estancia, recibidor, sala,  
comedor, cocina, 4 1/2  
baños, cuarto de lavado,  
cochera, dos niveles.**



**CFE** Una empresa  
de clase mundial

**PAESE**  
PROGRAMA DE ASESORIA EN  
EL SECTOR ELÉCTRICO

**CFE**ctiva  
empresarial



Vivir Mejor





**CFE** Una empresa de clase mundial

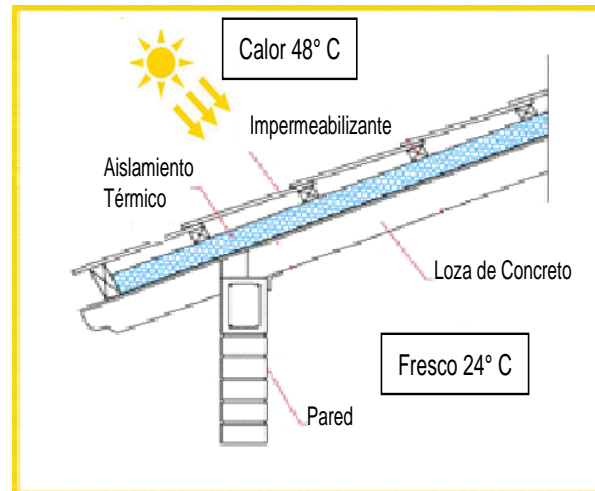
**PAESE** PROGRAMA AL SECTOR DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO

**CFE** activa empresarial

# Tipos de Aislamiento Térmico Considerados en los Programas de Ahorro de Energía en México

El ahorro promedio con un sistema de aislamiento térmico es del 25% de energía eléctrica sobre el consumo del aire acondicionado.

- ✓ **Poliuretano espolado**
- ✓ **Poliestireno**
- ✓ **Pintura reflejante**
- ✓ **Fibra de Vidrio**



Vivir Mejor

# Especificaciones Técnicas para Diferentes Tipos de Aislamiento Térmico



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE**  
PROGRAMA AL SECTOR DE ENERGÍA  
DEL SECTOR ELÉCTRICOS

**CFE** activa empresarial

	TIPO DE AISLAMIENTO				
CONCEPTO	ASFALTO TÉRMICO	POLIESTIRENO EXPANDIDO 12 Kg/m3	POLIESTIRENO EXPANDIDO 17 Kg/m3	POLIESTIRENO EXTRUIDO	POLIURETANO ESPREADO
Resistencia térmica en °Cm2/W	0.605	0.84	1.12	0.88	1.5
Espesor	3.5 mm	1.5 in	1.5 in	1.0 in	1.5 in
Acabado	Aluminio	Macilla	Macilla	Macilla	Pintura Elastomérica
Barrera de Vapor	Si	Si	Si	Si	Si



# Procedimiento para Aplicación del Poliuretano



CFE Una empresa de clase mundial

PAESE  
PROGRAMA DE ASESORIA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

CFE activa empresarial

1.- Limpieza y preparación de la superficie a tratar, consistente en el cepillado de la losa para librarla de basura y polvo existente.

2.- Aplicación de una mano de sellador acrílico concentrado, que actúa como "Barrera de Vapor".

3.- Calafateo de grietas existentes con cemento plástico acrílico para asegurar que no exista filtrado de agua.

4.- Aplicación de poliuretano esreado hasta 1.25 in (3 cm aprox.) en toda la losa y áreas que requieran nivelar pendientes; este producto sirve como "Barrera Térmica".

5.- Aplicación de dos manos de impermeabilizante en color blanco reforzado con una membrana de poliéster sencilla entre cada mano.



# Especificaciones Técnicas del Poliuretano



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMUEVE EL USO DE PRODUCTOS DE ORIGEN NACIONAL

**CFE** activa empresarial

ESPECIFICACIÓN	RESULTADO	COMENTARIO
Conductividad (k), W / m ° C ASTM-C-518-98	0.021	La conductividad térmica, que es medida con el Factor K dice que a menor valor es mejor aislante
Resistencia Térmica, ° C m2 / W	1.50 a un espesor de 1.25 in 2.42 a un espesor de 2.0 in	A mayor valor, mejor resistencia térmica, esta propiedad es denominada Factor R.
Envejecimiento (Años) Material aislante Materiales Complementarios	Mínimo 10 Mínimo 5	Mientras se realice su mantenimiento a la pintura que recubre el poliuretano, éste puede durar más de 10 años.
Ataque Biológico	Nulo a la proliferación de hongos y bacterias	No tiene incubación de microorganismos ya que no cuenta con ningún grado de nutrición alimenticia.
Toxicidad potencial a la combustión Interior Exterior	Nula No generación de gases tóxicos	Los gases generados en la combustión del poliuretano son en menor proporción que los desprendidos de la combustión del algodón, lana, madera, etc.
Flamabilidad	Autoextinguible	Contiene en su composición química un retardante a la flama, el cual retarda la propagación del fuego.
Densidad Aplicada	28-30 Kg/m3	
Resistencia a la compresión Paralelo al crecimiento Perpendicular al crecimiento	1.6-2.0 Kg/cm2 1.1-1.5 Kg/cm2	La propiedad de resistencia a la compresión es soportar un peso sobre el poliuretano sin sufrir una ruptura





# Evolución de los Programas de Aplicación de Aislamiento Térmico en México



**1.-** Se realizó en 2001 un **Proyectos Demostrativos** en 14 casas para la aplicación de aislamiento térmico en el techo de viviendas ubicadas en la ciudad de Mérida Yucatán.

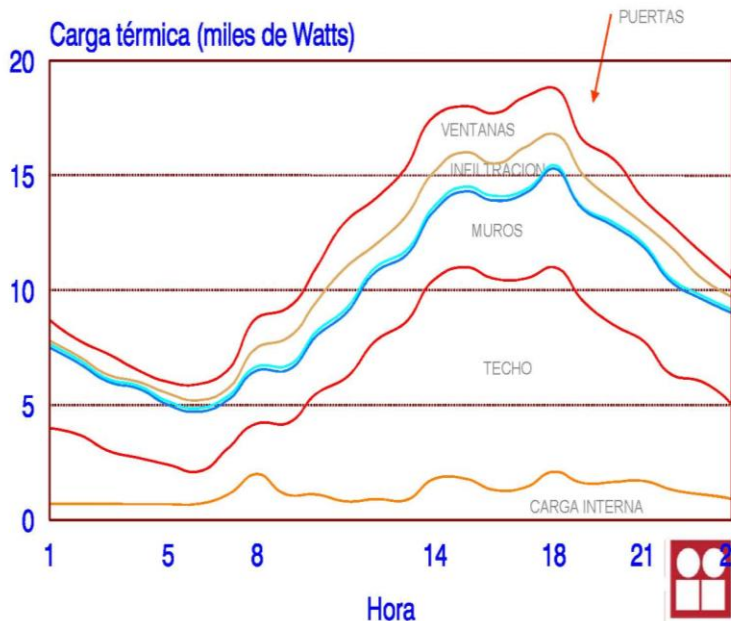
**2.-** Posteriormente se lleva acabo el **Programa PFAEE** aplicando aislamiento térmico durante 2002 - 2006

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROGRAMA DE ASESORIA EN ENERGÍA AL SECTOR EMPRESARIAL

**CFE** activa empresarial

## Comportamiento Térmico de una Vivienda



Región	Aislamiento Térmico	
	millones \$	Acciones
Noroeste	168	16,888
Sureste	5	458
Golfo Norte	21	2,125
Norte	57	5,497
Peninsular	0.15	23
Oriente	2	291
Centro Sur	0.17	14
San Luis Potosí	0.37	50
<b>Total</b>	<b>\$ 253.3</b>	<b>25,346</b>

Techos de loza de concreto



Vivir Mejor



# Evolución de los Programas de Aplicación de Aislamiento Térmico en México



- 3.-** Se identifica una nueva área de oportunidad de ahorro de energía eléctrica en el sector de construcción de nuevas viviendas ya que no incluían medidas eficientes.

Se inicia en 2004 el **Programa de Financiamiento para Incorporación de Medidas de Ahorro de Energía Eléctrica en Nuevas Viviendas en colaboración con el Infonavit**

Ciudad	Aislamiento Térmico Acciones	Tipo de Aislamiento Térmico Aplicado	Espesor (in)
Torreon, Coahuila	200	Poliuretano Espreado	1.25
Ciudad Juarez, Chihuahua	85	Poliestireno Expandido	2.00
Cancun, Quintana Roo	70	Poliuretano Espreado	1.25
Nuevo Laredo, Tamaulipas	107	Poliestireno Expandido	2.00
Hermosillo, Sonora	150	Poliuretano Espreado	1.25
<b>Total</b>	<b>612</b>		

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** Programa de Ahorro de Energía Eléctrica en Nuevas Viviendas

**CFE** activa empresarial



- 4.-** Se crea el Programa de Hipoteca Verde del INFONAVIT



# Evaluación



## Evaluación del Potencial de Ahorro de Energía Eléctrica

### Reemplazo de Equipos de Aire Acondicionado y Aplicación de Aislamiento Térmico a Viviendas

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROGRAMA ALTERNATIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR EMPRESARIAL

**CFE** activa empresarial



Vivir Mejor

# Análisis en Ciudades de Clima Cálido



Análisis de un grupo de 30 Usuarios inscritos en el Programa PFAEE de ciudades de clima cálido diferentes condiciones de humedad



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROGRAMA DE ASESORIA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

**CFE** activa empresarial

## Villahermosa, Tab.

- 15 usuarios sustituyeron equipos de aire acondicionado
- 5 de ellos, además, aplicaron aislamiento térmico



## Hermosillo, Son.

- 11 usuarios sustituyeron equipos de aire acondicionado
- 1 de ellos aplicó también aislamiento térmico
- 4 solo aplicaron aislamiento térmico



Vivir Mejor

# Metodología



Levantamiento de características constructivas de la vivienda



Determinación de las necesidades de refrigeración



Toma de mediciones de campo, 10 días antes y 10 días después de la aplicación de las medidas

Cálculo del ahorro, a partir de la diferencia de las mediciones



Determinación de la rentabilidad por la aplicación de las medidas de ahorro



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA EN EL SECTOR EMPRESARIAL

**CFE**ctiva empresarial



Vivir Mejor

# Aplicación de Aislamientos Térmicos y Sustitución del Aire Acondicionado



## PROMEDIOS EN VILLAHERMOSA

Ahorro de energía eléctrica 34.6%



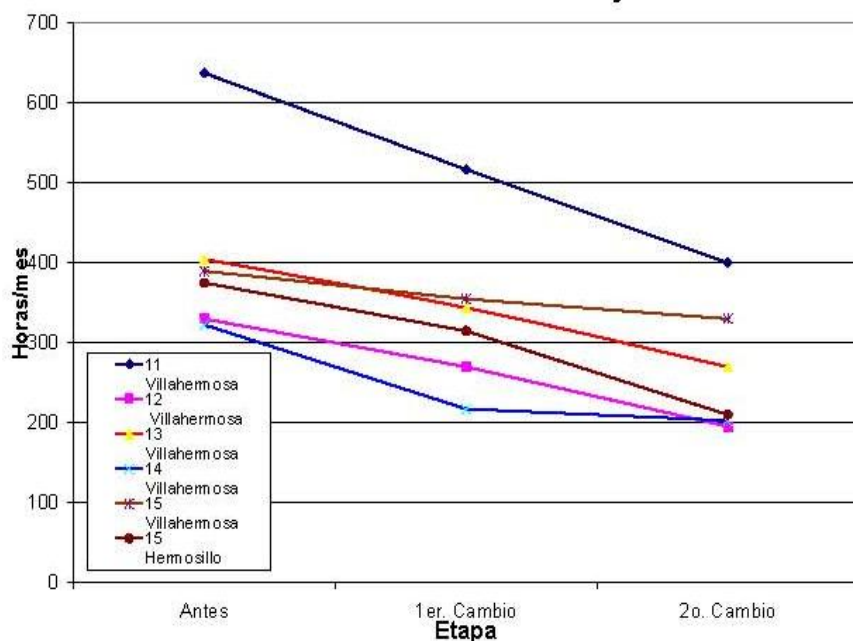
CFE Una empresa de clase mundial

PAESE PROGRAMA AL SECTOR DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO

CFE activa empresarial

El tiempo de recuperación es de 2 años, cuando se sustituyen por equipos más eficientes del mismo tipo

Disminución de horas de trabajo



## PROMEDIOS EN HERMOSILLO

Ahorro de energía eléctrica: 46.1%

El tiempo de recuperación es de 2.2 años, cuando se sustituyen equipos más eficientes del mismo tipo





# Resultados del Estudio



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMOVIMOS EL USO EFICIENTE DEL ENERGÍA ELÉCTRICA

**CFE** activa empresarial



Vivir Mejor

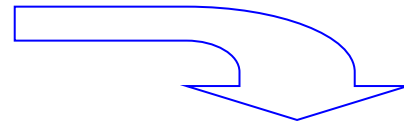
## Aplicación de Aislamientos Térmicos y Sustitución de Aire Acondicionado

**PROMEDIOS**



Ahorro de energía eléctrica

**40.4%**



Recuperación de la inversión

**2.1 AÑOS**

Cuando se sustituyen equipos de la misma capacidad y características y se aísla sólo el espacio acondicionado,



# Evaluación de Consumo Aplicación Aislamiento Térmico



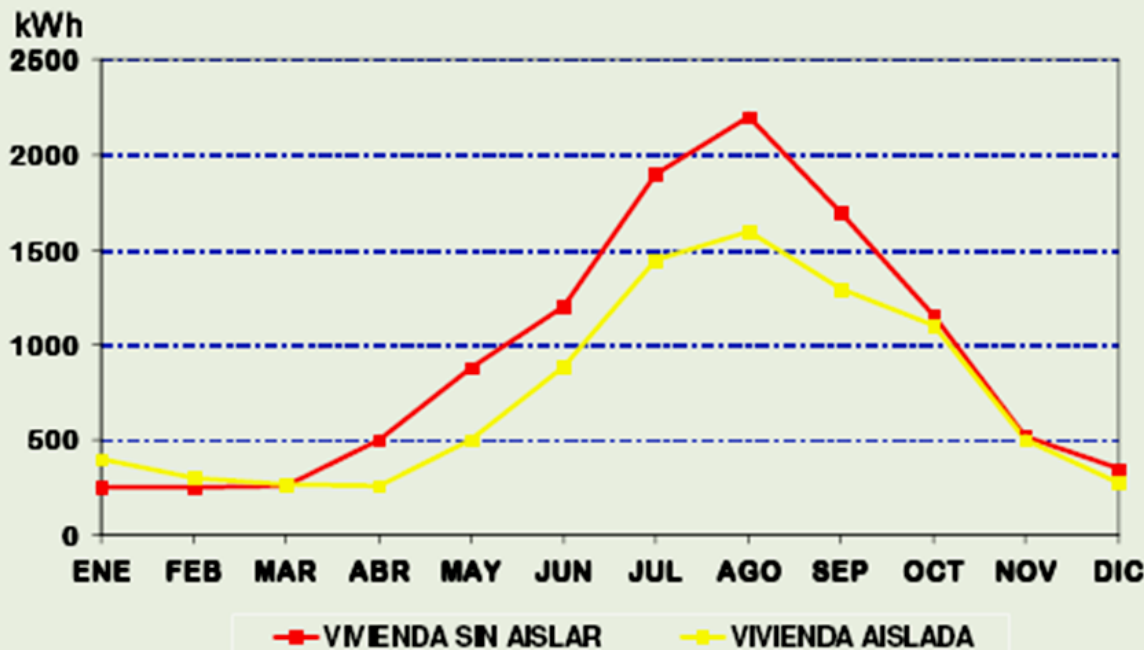
Ejemplo de la diferencia de consumos de energía eléctrica presentados en una vivienda de Mexicali Baja California antes y después de la aplicación de aislamiento térmico

CFE Una empresa de clase mundial

PAESE

CFE activa empresarial

Comportamiento de Consumo Promedio  
Mexicali, BC



FIPATERM



Ha aplicado  
aislamiento térmico  
en más de 87 mil  
viviendas



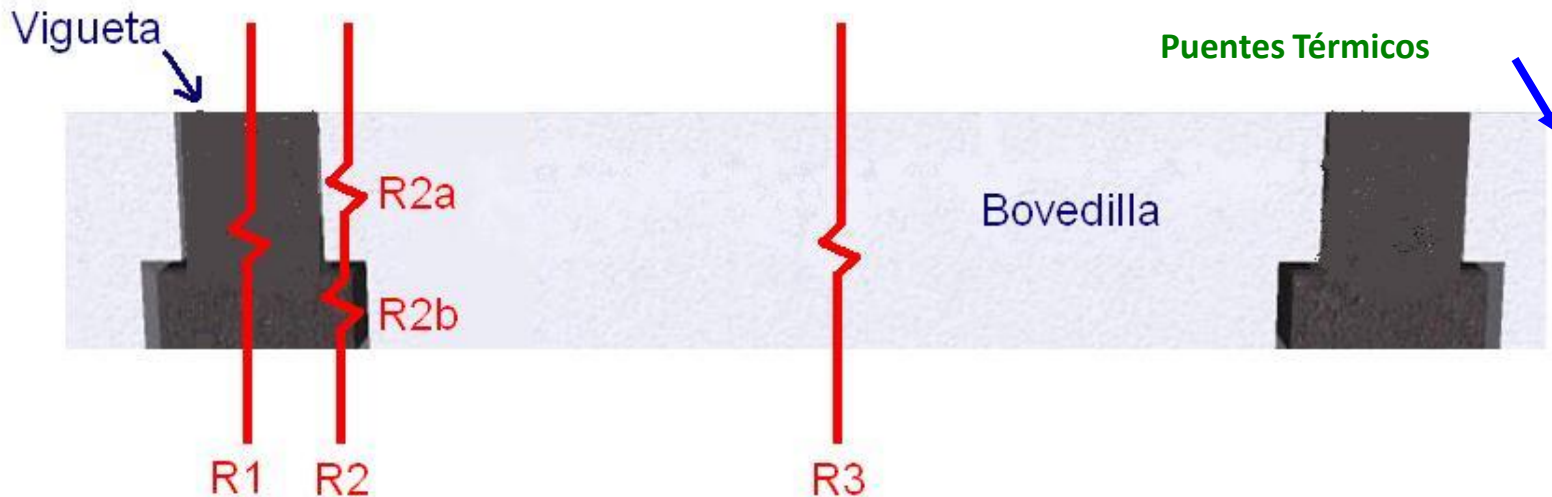
Vivir Mejor

# Sistema Constructivo de Vigueta y Bovedilla



El sistema Vigueta y Bovedilla presenta 3 diferentes resistencias térmicas debido a que no existe una uniformidad de materiales en todos los puntos de la losa.

Este sistema nos permite proporcionar mejores condiciones térmicas al interior de la vivienda, sin embargo aproximadamente el 30 % del área de losa está conformada por viguetas de concreto en donde la resistencia es baja por lo cual se debe aislar con un material adicional.



# Sistema Constructivo de Vigueta y Bovedilla

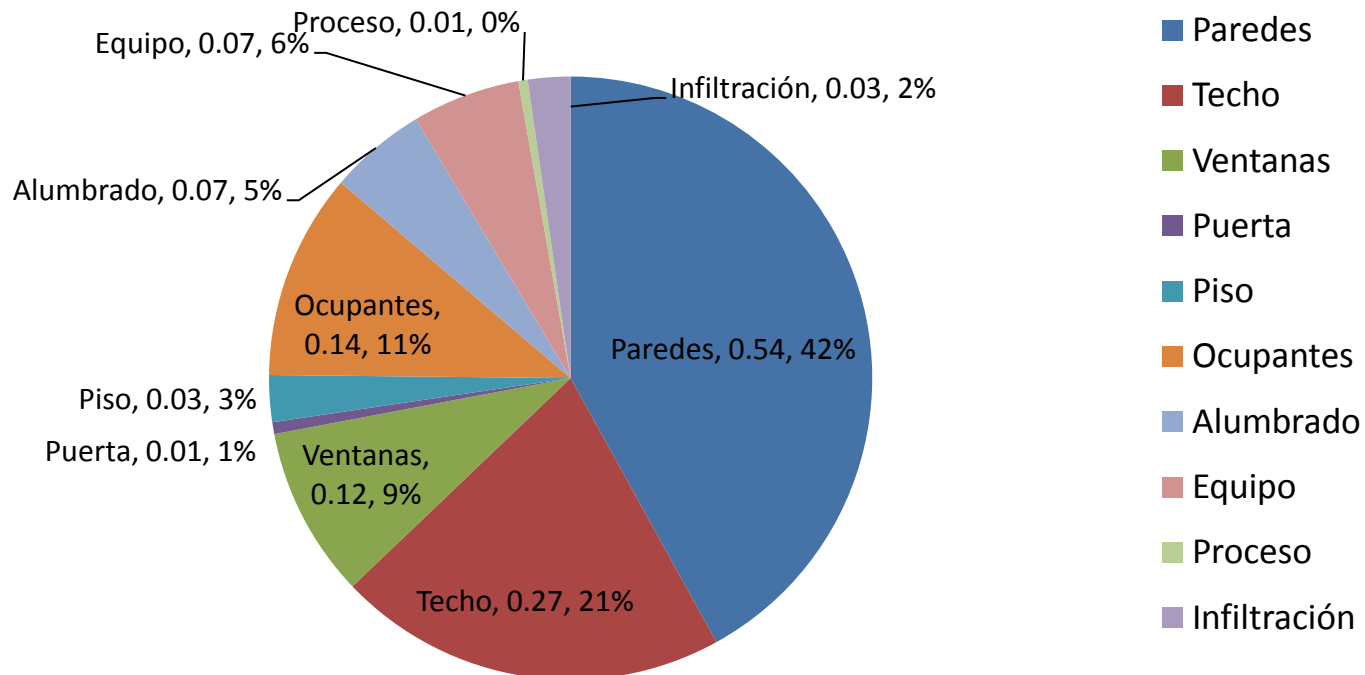


CFE Una empresa de clase mundial

PAESE

CFE activa empresarial

## Calor Sensible, vivienda 40 m2 (Toneladas)



Fuente: Centro de Ahorro de Energía Tecnológico de Monterrey



Vivir Mejor





# Tiempos de Uso del Compresor de Aire Acondicionado en una Vivienda con Aislamiento Térmico

## Tiempo de Uso Promedio Base Anual

Capacidad (toneladas)	Horas de uso por día del compresor		Reducción de tiempo de uso
	Equipo ineficiente	Equipo eficiente	%
1	5.29	3.3	37.6
1.5	6.12	4.65	24
2	6.9	4.43	35.8
Promedio	5.88	4.11	30.1

**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE**  
PROGRAMA ALIADO DE EMPRESAS DEL SECTOR ELÉCTRICO

**CFE**ctiva empresarial



# Análisis de Rentabilidad ( Ejemplo Usuario Tarifa 1 C )



**CFE** Una empresa de clase mundial

**PAESE** PROMUEVE EL USO DE ENERGÍA EN EL SECTOR EMPRESARIAL

**CFE** activa empresarial

## Clima Cálido Extremo

TECNOLOGIAS	DEMANDA INEFICIENTE ANUAL	CONSUMO INEFICIENTE ANUAL	DEMANDA EFICIENTE ANUAL	CONSUMO EFICIENTE ANUAL	AHORRO EN KW ANUAL	AHORRO EN KWH ANUAL	AHORRO EN (%)
AIRE ACONDICIONADO*	1.42	2,603	1.14	1,545	0.38	1,058	40.6%
ILUMINACION	0.53	862	0.14	223	0.39	639	74.1%
REFRIGERADOR	0.17	633	0.08	360	0.08	273	43.1%
ELECTRODOMESTICOS	1.81	559	1.81	559	0.00	0.00	0.00%
<b>PROMEDIO ANUAL</b>	<b>3.92</b>	<b>4,656</b>	<b>3.17</b>	<b>2,160</b>	<b>0.75</b>	<b>1,970</b>	<b>42.3%</b>

\* Incluye aplicación de aislamiento térmico

## Tecnologías Consideradas

Aire Acondicionado.  
Aislamiento Térmico  
Luminarios con LFC's  
Refrigerador

**Ahorro de Energía  
Eléctrica de hasta  
42.3 %**



Consumo Promedio = 4,656 kWh/año

Inversión = \$13,000.00

Ahorro en Energía: 1,970 kWh/año

Ahorro Anual = \$4,183.55

Tiempo de Recuperación: 3.1 años





**CFE** Una empresa  
de clase mundial

**PAESE**  
PROGRAMA DE ASESORIA EN EFICIENCIA  
DEL SECTOR ELÉCTRICO

**CFE**ctiva  
empresarial

# **i Muchas Gracias !**

**Ing. Juan Rubén Zagal León**

**Consultor en Eficiencia Energética**

**E-mail: [jrzagal@yahoo.com](mailto:jrzagal@yahoo.com)**

**Cel: 044 55 36 60 77 85**



**Vivir Mejor**