



Armstrong[®]
World Industries



Guía técnica

Templok[®]

Plafón de material de cambio de fase (PCM)

Índice

- 1-2 Introducción**
 - Masa térmica
 - Materiales de cambio de fase

- 2-3 Cómo funcionan los cielos acústicos de PCM**
 - Refrigeración pasiva
 - Calefacción pasiva
 - Estabilización de la temperatura

- 4 Ficha técnica**
 - Propiedades de almacenamiento térmico

- 5-6 Evaluación de laboratorio del desempeño de los plafones Ultima® Templok®**
 - Dinámica de la transferencia de calor
 - Estimación de los ahorros de energía

- 7 Estudios de caso**
 - Ahorros en calefacción en una escuela secundaria de New Hampshire



Plafones para ahorro de energía Ultima® Templok®



Masa térmica

Presentamos Templok®

Los materiales de gran masa como el concreto y el ladrillo pueden absorber una cantidad considerable de calor. En los edificios, estos materiales se consideran térmicamente masivos porque aumentan su “inercia” térmica.

Los edificios térmicamente masivos tienden a cambiar la temperatura de manera más gradual, lo cual permite mantener mejor el promedio del rango de temperatura entre el día y la noche. Este efecto estabilizador puede retrasar y reducir la necesidad de calefacción y refrigeración mecánicas durante las horas pico, lo que genera ventajas en materia de ahorro de energía, confort térmico y sustentabilidad.

Materiales de cambio de fase

Los materiales de cambio de fase (PCM) tienen una gran capacidad de almacenamiento de energía en un volumen y un peso pequeños, en comparación con los materiales convencionales de gran masa. Además, su almacenamiento de energía se concentra en torno a su temperatura de cambio de fase. Estas características hacen que los PCM sean atractivos para modernizaciones de edificios, desde la facilidad de transporte y la integración en el edificio hasta la concentración del desempeño en torno a las temperaturas operativas del edificio. Los PCM con una temperatura de cambio de fase que ronde los 72 °F pueden ser sumamente eficaces para regular la temperatura interior a una zona confortable, en comparación con los materiales convencionales de gran masa.

Material	Capacidad calorífica (kJ/m³°F)
Ladrillo	1,400
Hormigón	2,000
Granito	1,600
Yeso	800
Plafones acústicos	240
PCM	20,000

Ejemplos de capacidades caloríficas de materiales por unidad de volumen cercana a la temperatura de cambio de fase de un PCM.

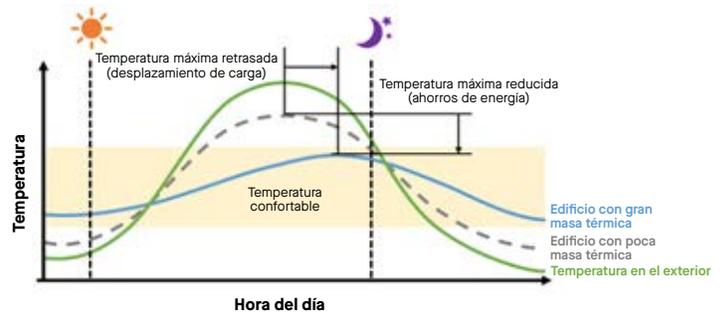


Ilustración de la variación de temperatura en edificios térmicamente masivos y livianos en un clima con días cálidos y noches frescas.

A medida que un edificio se calienta, el PCM dentro del edificio absorbe calor y se funde. El proceso de fusión almacena calor “de forma latente” o sin cambiar la temperatura. La estabilidad de la temperatura del PCM ayuda a estabilizar la temperatura del aire. Luego, por la noche, cuando la temperatura baja, el PCM libera calor y “se recarga” para el día siguiente. De hecho, el movimiento del calor del día a la noche puede reducir y desplazar la carga de refrigeración mecánica al tiempo que reduce la variación de temperatura en el edificio.

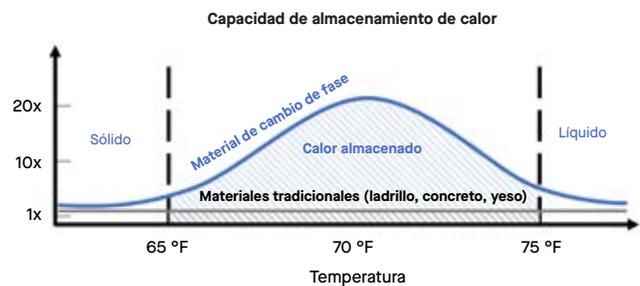


Ilustración de la capacidad de almacenamiento de calor concentrado de un PCM en comparación con materiales convencionales.

Cómo funcionan los cielos acústicos de PCM

Materiales de cambio de fase

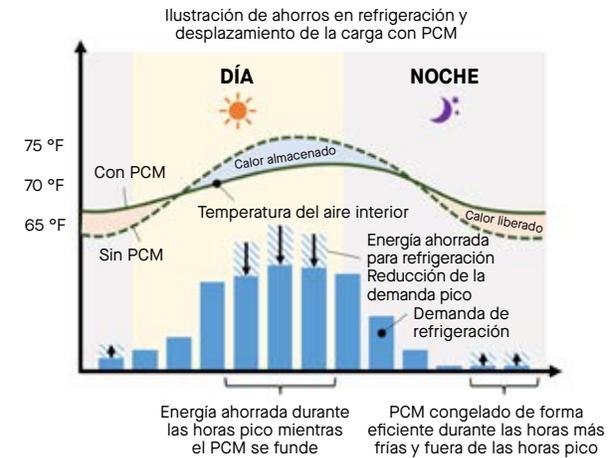
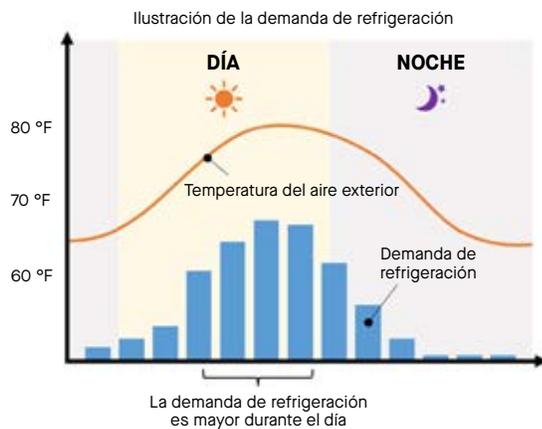
El cielo acústico es una superficie expansiva situada sobre fuentes generadoras de calor como, por ejemplo, personas y dispositivos electrónicos. Su gran superficie permite que el cielo acústico intercambie el calor con el aire del interior del edificio de manera eficiente. Durante el día y la noche, el cielo acústico absorbe y libera calor en respuesta a los cambios en la temperatura del aire. Cuando la temperatura del aire es más cálida que la del cielo acústico, el calor fluye hacia el cielo acústico. Cuando la temperatura del aire desciende, el calor fluye desde el cielo acústico. Los cielos acústicos térmicamente masivos ayudan a moderar la temperatura absorbiendo y liberando calor en respuesta a fluctuaciones en tiempo real.

Refrigeración pasiva

En días cálidos con noches frescas, los cielos acústicos de PCM pueden reducir la carga máxima del aire acondicionado proporcionando un efecto de refrigeración pasiva a medida que

el edificio se calienta durante el día. Por las noches, cuando la temperatura del edificio baja, el PCM libera calor y se congela, a fin de "recargarse" para el día siguiente.

Cuando las condiciones climáticas favorables lo permitan, los sistemas automatizados como los economizadores pueden generar aire fresco nocturno para ventilar el edificio. Esta estrategia de "refrigeración gratuita" puede eliminar eficazmente el calor del PCM con un mínimo gasto de energía. La refrigeración previa de la masa térmica del edificio puede desplazar la carga de refrigeración de las horas más cálidas de la tarde a las más eficientes y sustentables de la mañana o la noche. Es posible lograr una mayor eficiencia o alineación con fuentes de energía más limpia. El desplazamiento de la carga de refrigeración también puede ser rentable, ya que puede trasladar el consumo de energía a tarifas de servicios públicos fuera de las horas pico y reducir los cargos por pico de demanda.



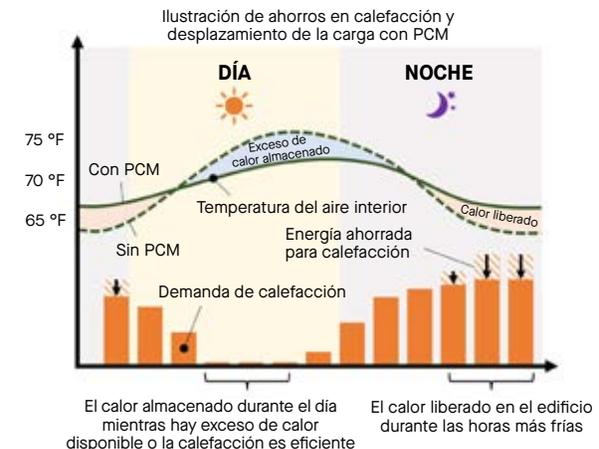
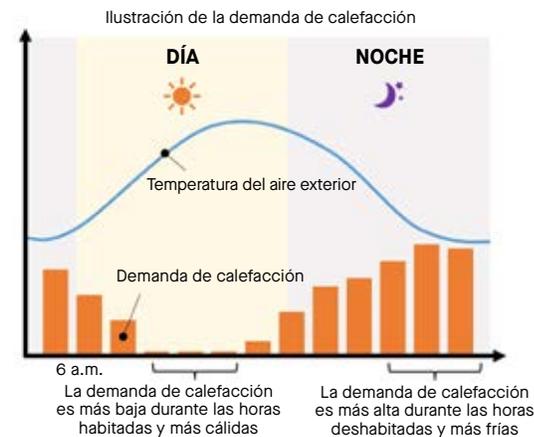
Calefacción pasiva

En los días frescos y en edificios que generan mucho calor durante el día de forma natural, los cielos acústicos de PCM pueden almacenar el exceso de calor del día y liberarlo en el edificio durante la noche, a medida que descienden las temperaturas. Los PCM pueden mantener un edificio más cálido durante la noche y reducir la intensidad de calefacción necesaria para el calentamiento matutino. Las aplicaciones más beneficiosas se dan en espacios que comienzan el día frescos, pero acumulan una cantidad significativa de calor durante las horas pico del día, hasta el punto de no necesitar calefacción en las horas de la tarde. Por ejemplo, los edificios de gran altura con fachadas de vidrio pueden requerir refrigeración debido a las importantes ganancias solares durante el día, y calefacción para mantener el confort durante la noche. En este caso, los PCM

pueden almacenar el exceso de calor de la tarde de manera "gratuita" y liberarlo en el edificio durante la noche. La masa térmica suele ser menos eficaz dentro de edificios en climas muy fríos con ganancias internas bajas o en edificios que utilizan retrocesos nocturnos profundos.

Estabilización de la temperatura

En espacios con cargas intermitentes a lo largo del día, la masa térmica en el cielo acústico puede ayudar a estabilizar la temperatura. En espacios como las salas de conferencias o los perímetros de edificios con ocupación intermitente y ganancias solares, la gestión de la temperatura puede ser un desafío. El efecto amortiguador de la masa térmica también permite ahorrar energía reduciendo las ineficiencias del calentamiento y la refrigeración excesivos de los espacios.

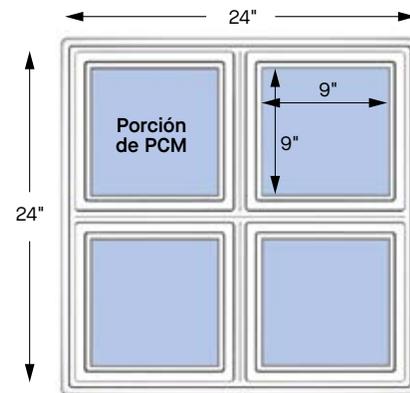


Plafones Ultima® Templok®

Propiedades térmicas			
Propiedad	Valor	Método de prueba	Notas
Rango de desempeño máximo	70-75 °F	Medidor de flujo de calor	Rango de temperatura con la ΔH más alta por °F
Rango completo del cambio de fase	66-81 °F	Medidor de flujo de calor	Rango de temperatura de toda la transición de fase
Entalpía de cambio de fase*	57 BTU/pi²	Medidor de flujo de calor	Calor total absorbido en todo el rango de fusión
Calor específico de líquidos*	0.95 BTU/pi² °F	Medidor de flujo de calor	Medido en un rango de 81 °F a 89 °F para calefacción y refrigeración
Calor específico de sólidos*	2.52 BTU/pi² °F	Medidor de flujo de calor	Medido en un rango de 60 °F a 66 °F para calefacción y refrigeración

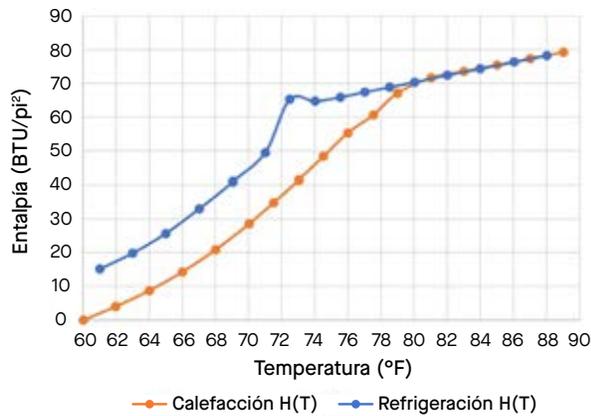
* Propiedades térmicas nominales de la porción de PCM por pie cuadrado en un rango de 66 °F a 81 °F. Medido con un aparato medidor de flujo de calor conforme a la norma ASTM C1784-20. Consulte el informe de las pruebas para conocer los valores reales.

Propiedades físicas	
Propiedad	Valor
Dimensiones de los plafones Templok®	24 × 24 × 0.25"
Dimensiones de la porción de PCM	9 × 9 × 0.25"
Porciones de PCM por plafón	4
Fracción de la superficie de la porción de PCM del plafón	0.563
Masa de PCM por sección	1.0 lb

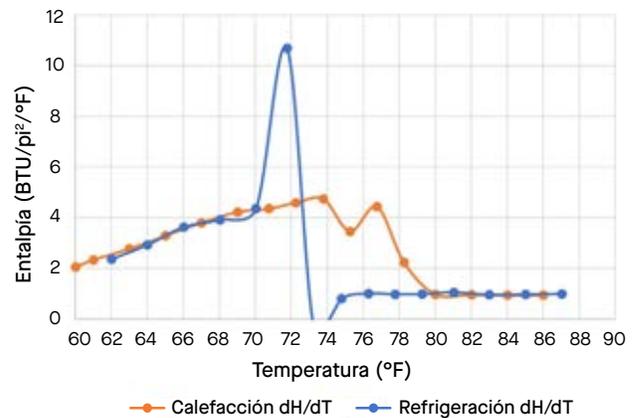


Entalpía vs. temperatura

Calefacción seguida de refrigeración conforme a la norma ASTM C1784-20



Cambio de la entalpía por 1 °F



La información presentada se basa en pruebas realizadas en laboratorios, que se complementan mediante datos seleccionados de fuentes autorizadas. Este documento está sujeto a cambios.

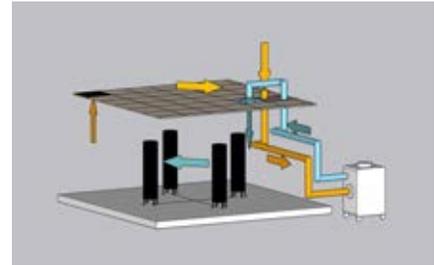
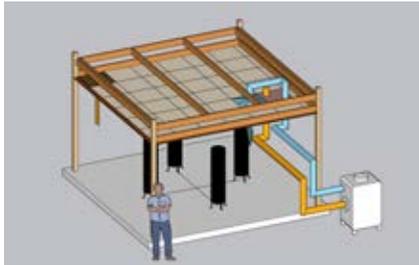
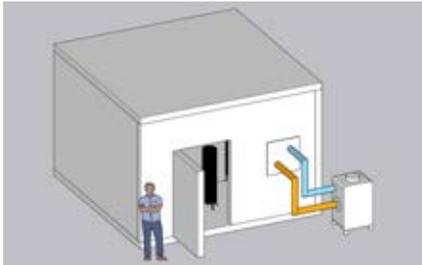
Evaluación de laboratorio

Evaluación de laboratorio del desempeño de los plafones Ultima® Templok®

Descripción general: Este estudio experimental demuestra los efectos de desplazar la carga y moderar la temperatura de un cielo acústico de PCM en una sala de pruebas bien instrumentada y controlada. En el estudio, se midió que alrededor de 53 BTU/pi² del calor pasaron del día a la noche con los plafones Ultima Templok, lo que llevó a una reducción significativa en la energía para refrigeración durante el día y a una reducción aproximada del 20% en la tasa de cambio de la temperatura del aire.

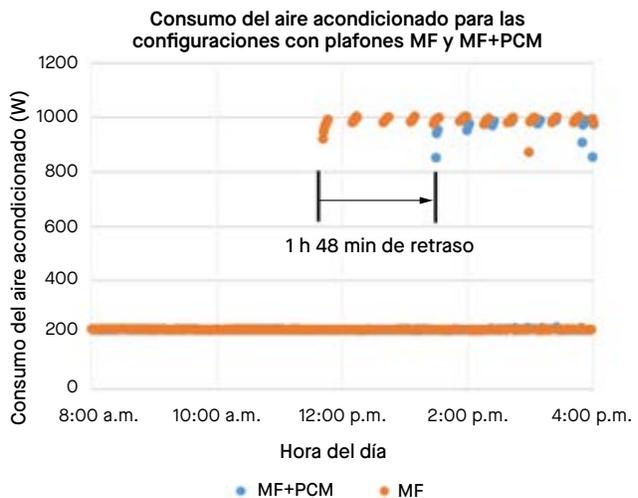
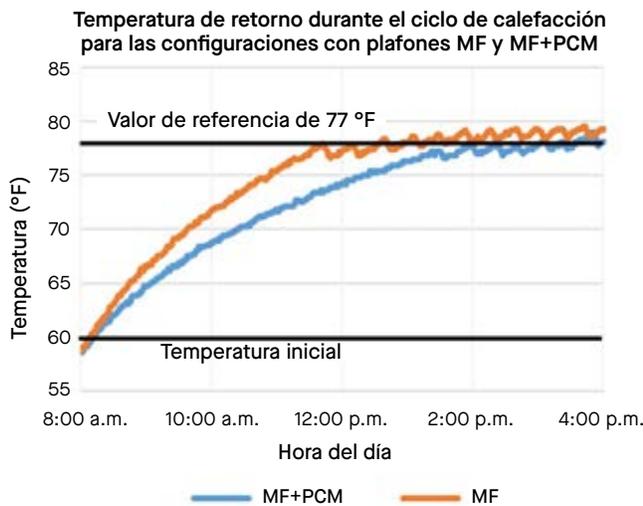
Configuración del experimento: Se construyó una sala de pruebas aislada y se la equipó con importantes aparatos para monitorear la temperatura, la energía eléctrica y el flujo de calor. La configuración incluyó 22 termopares y ocho sensores

de flujo de calor distribuidos en todas las superficies internas de la cámara y en ambos laterales del cielo acústico. La cámara recibió un flujo de aire constante de 100 pies cúbicos por minuto (CFM), lo que equivale a 5 cambios de aire por hora (ACH), desde una unidad de aire acondicionado fuera de la cámara en un circuito de aire cerrado. Durante el experimento, se fueron variando los valores de referencia para emular una refrigeración gratuita mediante ventilación nocturna. Las fuentes de calor se encendieron durante el día y se apagaron durante la noche para simular las ganancias por ocupantes.



Refrigeración pasiva y retraso en el uso del aire acondicionado: Durante el experimento, se compararon dos escenarios: uno con plafones Ultima Templok (MF+PCM) y otro con plafones estándares de fibra mineral Ultima (MF). La secuencia de la prueba implicó una refrigeración previa de la cámara a 60 °F por la mañana temprano, seguida de

un aumento del valor de referencia a 77 °F a las 8 a.m. En el escenario MF+PCM, el aire acondicionado empezó a refrigerar aproximadamente dos horas más tarde que en el escenario MF. Este retraso tuvo su correlación con un aumento más lento en la temperatura del aire, ya que esta temperatura fue moderada por el cielo acústico de PCM.

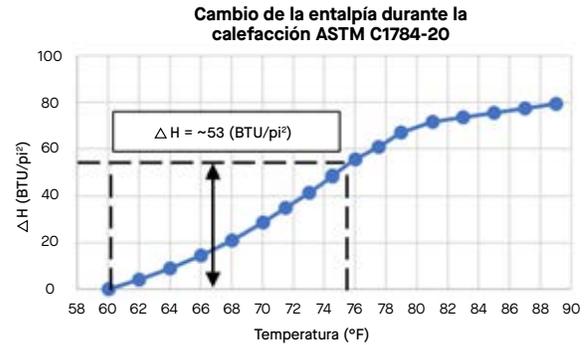


Desplazamiento de la carga: Cuantificación de flujos y ahorros de energía: Notablemente, en el escenario MF+PCM, el aire acondicionado eliminó 4080 BTU menos de calor durante el día que en el escenario MF. El calor absorbido por el cielo acústico en el caso MF+PCM fue significativamente mayor, por 3815 BTU, lo cual confirma que el PCM fue responsable de reducir la carga de refrigeración durante el día. Además, la estimación de

calor almacenado por el PCM, en función de los cambios de temperatura a lo largo del día y las propiedades de entalpía del PCM, fue de aproximadamente 53 BTU/pi² o 3935 BTU en total, un tercer punto de acuerdo.

Evaluación de laboratorio del desempeño de los plafones Ultima® Templok®

Análisis de los ahorros de energía: La energía diurna medida que se ahorró en el escenario MF+PCM fue del 20%, principalmente debido al menor consumo de energía del compresor de 8 a.m. a 4 p.m., a medida que el PCM se fundía. Gracias a estrategias como la "refrigeración gratuita" mediante ventanas abiertas o el funcionamiento eficiente del economizador, se podrían alcanzar ahorros significativos con un gasto mínimo de energía durante la noche. En climas con un rango de temperatura diurna más reducido, se estimó que los ahorros alcanzables en refrigeración serían de hasta un 15%.



Estudio de caso: Ahorros en calefacción en una escuela secundaria de New Hampshire

Introducción

El objetivo de este estudio de caso es estimar el impacto del material de cambio de fase (PCM) a través de los plafones Templok en una escuela secundaria de New Hampshire, enfocándose en el consumo de energía para calefacción durante el invierno y la primavera.

Descripción general del estudio

Se utilizaron múltiples técnicas de modelado para evaluar los datos sobre energía y temperatura recopilados en un ala con salones de clases, antes y después del tratamiento con plafones Templok. El objetivo principal era estimar el efecto de los

plafones Templok en la reducción del consumo de energía para calefacción durante las noches de invierno y primavera. En un clima fresco, en espacios con importantes ganancias de calor durante el día como los salones de clases, el principio operativo de los ahorros de energía es el que se ilustra en la Figura 1. La masa térmica del cielo acústico almacena calor durante el día cuando el edificio se calienta naturalmente y la calefacción mecánica es eficiente, y libera calor en los espacios durante la noche; de este modo, modera la temperatura del aire y compensa la necesidad de calefacción mecánica nocturna. Se investigó este principio durante el estudio de caso.

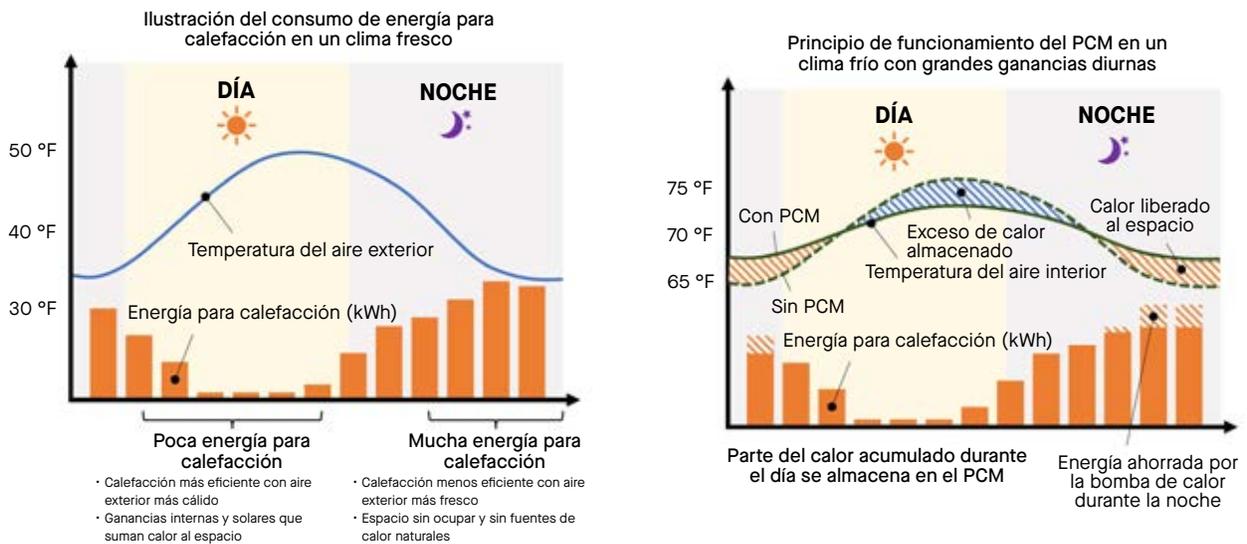


Figura 1 Ilustración del mecanismo de ahorro de energía de la masa térmica en un clima fresco, dentro de un edificio con grandes ganancias diurnas.

Ahorros en calefacción en una escuela secundaria de New Hampshire

Diseño del estudio

Se seleccionó un ala con salones de clases de tamaño y uso similar para identificar un conjunto adecuado de salones de clases para casos de control y tratamiento con PCM. Cada salón de clases disponía de calefacción mediante un sistema de bomba de calor dividida individual dentro del salón. Si bien es difícil controlar los experimentos en el mundo real, la uniformidad de los salones de clases repetitivos con calefacción mediante sistemas individuales ofreció una configuración ventajosa para aislar el efecto del cielo acústico de PCM. El estudio se realizó en cuatro etapas:

- 1. Recopilación del consumo de energía de referencia:** esta fase implicó el monitoreo y la selección de un grupo de salones de clases con un consumo de energía para calefacción comparable durante varios meses.
- 2. Implementación de PCM y sensores:** en esta fase, se instalaron plafones Templok en la mitad de los salones de clases seleccionados. Al mismo tiempo, se colocaron sensores de temperatura en cada salón de clases, en el aire debajo del cielo acústico, en la parte posterior de la superficie del cielo acústico, en el aire del pleno sobre el cielo acústico y en el ventilador de la unidad a lo largo de la pared exterior.
- 3. Análisis multivariante:** durante este análisis, se desarrolló un modelo multivariante para predecir el consumo de energía de la bomba de calor a partir de varias variables medidas, incluido el tratamiento con PCM.

- 4. Análisis de diferencias en diferencias:** este análisis comparó la diferencia en el consumo de energía en los salones de clases tratados con PCM, antes y después de la fecha del tratamiento, con la diferencia en el consumo de energía en los salones de clases de "control" sin tratamiento con PCM, antes y después de la fecha del tratamiento.

Datos de consumo de energía de referencia

Los transductores de corriente y un sistema de registro de datos documentaron el consumo de energía de las bombas de calor en 14 salones de clases a partir del 8 de septiembre. La Figura 1a muestra el diseño de cada salón de clases de ~800 pies cuadrados. Dentro de cada salón de clases, hay una bomba de calor ubicada cerca del cielo acústico. Cada salón también tiene una unidad de ventilación que proporciona aire exterior atemperado por las mañanas para ventilación. En el momento de colocar el PCM, se agregaron registradores de temperatura dentro de la unidad de ventilación para incluirla como variable en el modelo multivariante. La Figura 1b destaca los salones de clases que fueron monitoreados para determinar el consumo de energía de referencia en el primer y el segundo piso, y el conjunto de cuatro salones de clases que fueron seleccionados para su tratamiento y control en la siguiente fase.

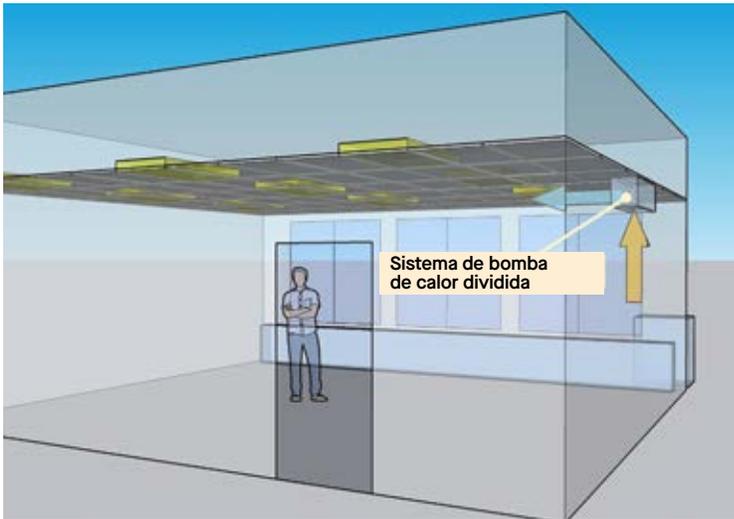


Figura 1a: Diseño del salón de clases.

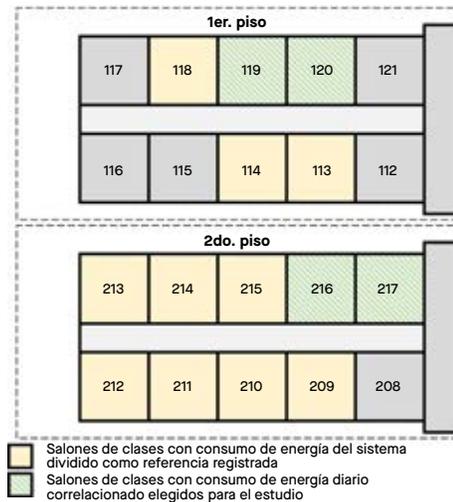


Figura 1b: Ala con salones de clases que muestra las salas monitoreadas.

Ahorros en calefacción en una escuela secundaria de New Hampshire

El consumo de energía de cada bomba de calor se registró a intervalos de 15 minutos para estimar la energía para calefacción de cada sistema a lo largo del tiempo. Las correlaciones entre los datos de consumo de energía en la mayoría de los salones de clases se comenzaron a fortalecer en febrero. En la Figura 2a, los datos de consumo de energía aparecen agrupados en sumas

diarias para el mes de febrero. Los salones de clases vecinos 119, 120, 216 y 217 en el primer y segundo piso presentaron grandes correlaciones en febrero, como se indica en la Figura 2b, y fueron seleccionados para el estudio.

Suma del consumo diario de energía del sistema dividido por salón de clases

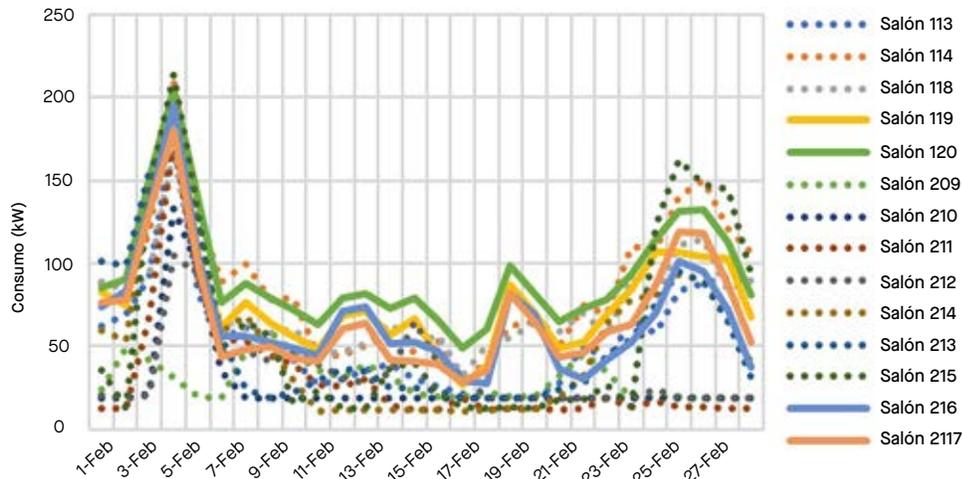


Figura 2a: Consumo diario total de las bombas de calor en los salones de clases monitoreados en febrero.

		Número de salón												
		113	114	118	119	120	210	211	212	214	213	215	216	217
Número de salón	113	1.00	0.94	0.93	0.86	0.87	0.68	0.70	0.42	0.91	0.83	0.85	0.78	0.83
	114		1.00	0.95	0.87	0.91	0.63	0.62	0.36	0.92	0.81	0.88	0.78	0.86
	118			1.00	0.86	0.88	0.62	0.57	0.30	0.87	0.83	0.81	0.80	0.88
	119				1.00	0.98	0.66	0.71	0.40	0.91	0.87	0.83	0.94	0.96
	120					1.00	0.70	0.71	0.44	0.91	0.89	0.88	0.94	0.97
	210						1.00	0.90	0.84	0.66	0.65	0.56	0.71	0.62
	211							1.00	0.81	0.73	0.65	0.57	0.75	0.62
	212								1.00	0.40	0.37	0.37	0.47	0.29
	214									1.00	0.90	0.84	0.82	0.87
	213										1.00	0.76	0.88	0.89
	215											1.00	0.75	0.83
	216												1.00	0.95
	217													1.00

Figura 2b: Coeficientes de correlación entre las sumas de consumo diario de energía de la bomba de calor de cada par de salones de clases.

Ahorros en calefacción en una escuela secundaria de New Hampshire

Implementación de PCM y sensores

El 1 de marzo, se instalaron plafones Templok sobre los plafones de los salones 120 y 217. En los cuatro salones, 119, 120, 216 y 217, se instalaron termopares en el cielo acústico para medir la temperatura del aire del salón y del pleno y la temperatura de la parte posterior del cielo acústico, como se ilustra en la Figura 3a.

La Figura 3b muestra un termopar para medir la temperatura del aire. En los salones de clases donde no se colocaron plafones con PCM, se colocó un termopar en la parte posterior de los plafones acústicos. Los registradores de datos documentaron las mediciones de temperatura de cada termopar.

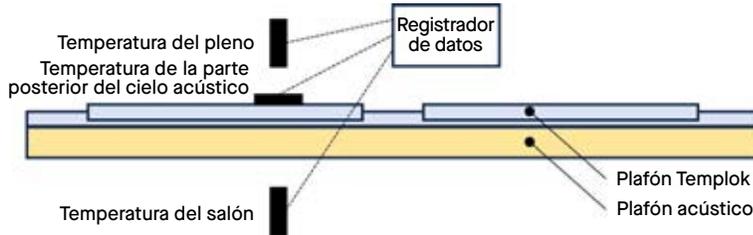


Figura 3a: Esquema del sensor de cielo acústico.

Figura 3b: Sensor de temperatura del aire del salón.

Se registraron los datos de consumo y temperatura de cada salón de clases del 1 de marzo al 5 de mayo. La Figura 4 muestra las tendencias en cuanto a temperatura y consumo de energía de la bomba de calor durante un día de semana en el salón 217. La intensidad de la calefacción es mayor por la noche, durante las horas más frías, y menor por la tarde, cuando el salón de clases está ocupado y la temperatura ambiente es más cálida. Las

mediciones bajas y uniformes de consumo de energía durante el día probablemente indican el consumo básico del ventilador con poca calefacción. El cambio de temperatura del cielo acústico a lo largo del tiempo indica el patrón diario de almacenamiento y liberación de calor. El PCM almacena calor durante el día, a medida que se calienta y se funde, y libera calor en el edificio durante la noche, a medida que se enfría y se congela.

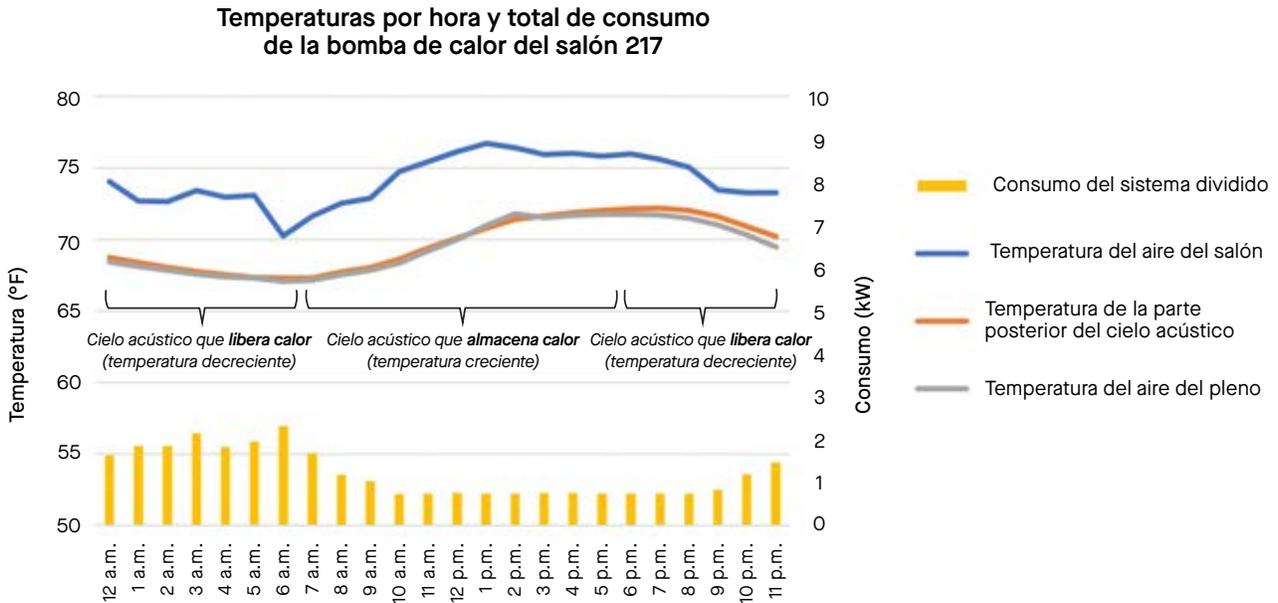


Figura 4: Temperaturas diurnas del salón, el cielo acústico y el pleno, e intensidad del consumo de energía del sistema de bomba de calor dividida por hora.

Ahorros en calefacción en una escuela secundaria de New Hampshire

Análisis multivariante

El conjunto de datos se estratificó por estación (invierno, primavera) y hora (día, noche) para su análisis. A continuación, se construyó un modelo aditivo generalizado, que incluía variables medidas que se sospechaba que afectaban el consumo de energía de la bomba de calor. El modelo incluía el estado de verdadero/falso de la calefacción del ventilador de la unidad, la temperatura del aire exterior y del salón, el piso, una marca de tiempo y el estado de verdadero/falso del PCM en el cielo acústico.

La Tabla 1 muestra un análisis de ambos pisos durante el invierno. En horas de la noche, se estimó una reducción del 5% en el consumo de energía para calefacción aislando la variable PCM. El resultado fue estadísticamente significativo ($P < 0.05$), y el modelo tuvo un gran poder predictivo ($R^2 = 0.81$). Durante el día, no se estimó ningún cambio significativo en el consumo de energía para calefacción.

Tabla 1: Reducción estimada del consumo de energía para calefacción debida a la variable PCM (ambos pisos, invierno).

Condición	Estimación	Valor P	R ² ajustado	Reducción (%)
Invierno (13-MAR a 4-ABR)-Horario diurno (8 a.m. a 8 p.m.)	0.000 (P > C)	> 0.05	0.77	--
Invierno (13-MAR a 4-ABR)-Horario nocturno (9 p.m. a 7 a.m.)	-0.032 (P < C)	< 0.05	0.81	5%

Las anomalías en los datos sobre consumo de kW en el salón 119 después del 4 de abril llevaron a reorientar el análisis de primavera exclusivamente al segundo piso. La Tabla 2 muestra un análisis del segundo piso durante los días y las noches de invierno y primavera. El modelo predijo una reducción del 7% y el 9% en el consumo de energía para calefacción en invierno y primavera,

respectivamente. Ambos resultados fueron estadísticamente significativos con una buena capacidad predictiva. No se estimó que el consumo diurno de energía para calefacción se viera afectado significativamente por el PCM, aunque el modelo fue menos predictivo en los días de primavera debido a variables no controladas que no estaban incluidas en el modelo.

Tabla 2: Reducción estimada del consumo de energía para calefacción debida a la variable PCM (segundo piso, invierno y primavera).

Condición	Estimación	Valor P	R ² ajustado	Reducción (%)
Invierno (13-MAR a 4-ABR)-Horario diurno (8 a.m. a 8 p.m.)	-0.001 (P < C)	> 0.05	0.72	--
Invierno (13-MAR a 4-ABR)-Horario nocturno (9 p.m. a 7 a.m.)	-0.032 (P < C)	< 0.05	0.71	7%
Primavera (5-ABR a 5-MAY)-Horario diurno (8 a.m. a 8 p.m.)	-0.001 (P < C)	> 0.05	0.59	--
Primavera (5-ABR a 5-MAY)-Horario nocturno (9 p.m. a 7 a.m.)	-0.018 (P < C)	< 0.05	0.78	9%

Análisis de diferencias en diferencias

Es posible utilizar un análisis de diferencias en diferencias (DiD) para estimar el efecto de un tratamiento comparando los resultados de los grupos de control y de tratamiento a lo largo del tiempo (antes y después del tratamiento). En este análisis, el DiD estima el efecto que tuvo la instalación de PCM sobre la diferencia en el consumo de energía medio en los salones de clases con PCM antes y después de realizar la instalación, menos la diferencia en los salones de clases de control durante el mismo período de tiempo. El método DiD se basa en un supuesto de tendencias

paralelas que tuvo más fuerza para el segundo piso que para el primero. Por lo tanto, solo se analizó el segundo piso con el método DiD. Se analizaron el mes inmediatamente anterior y posterior a la intervención con PCM (febrero y marzo). Controlando la temperatura exterior y el cambio promedio en las mediciones de consumo de energía en la sala de control entre febrero y marzo, las mediciones del consumo de energía durante las horas nocturnas indicaron una disminución promedio de 0.045 kW (6%) después de instalar el PCM.

Tabla 3: Reducción estimada mediante DiD de las mediciones del consumo de energía promedio debida a la variable PCM (segundo piso, febrero y marzo)

Condición	Estimación	Valor P	Reducción (%)
Horario diurno (8 a.m. a 8 p.m.)	-0.022	> 0.05	--
Horario nocturno (9 p.m. a 7 a.m.)	-0.045	< 0.05	6%

Resultados

A través de varias técnicas de modelado, los salones de clases que tenían instalados PCM presentaron una disminución en el consumo de energía del 5% al 9% en comparación con los salones de clases de control durante las noches de invierno. Este efecto fue relativamente uniforme en todas las estrategias de modelado.

Ahorros en calefacción en una escuela secundaria de New Hampshire

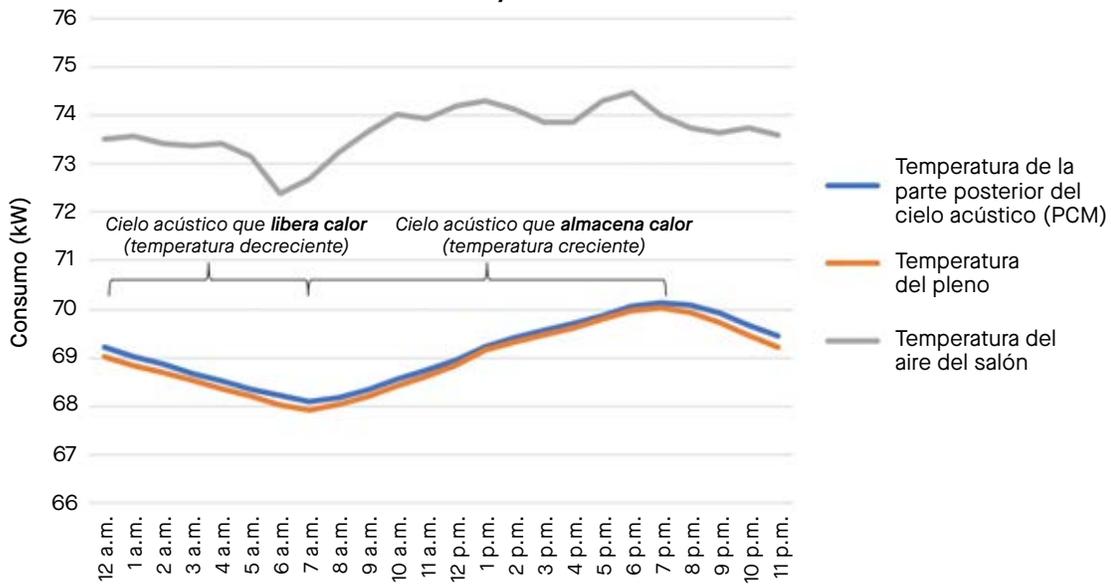
Conciliación del resultado del estudio de caso con la predicción de laboratorio

El cambio diario en la temperatura del plafón y sus propiedades de entalpía/temperatura pueden utilizarse para estimar de forma independiente la cantidad de calor que transfiere el PCM del día a la noche. En marzo y abril, la variación de temperatura diurna promedio del cielo acústico de PCM fue de aproximadamente 2 °F, lo que tiene una estrecha correspondencia con la temperatura del aire del pleno cerca del cielo acústico. En cuanto a las propiedades de entalpía del PCM, la refrigeración de 70 °F a 68 °F se corresponde con una liberación de aproximadamente 8 BTU/pi² de calor del PCM al edificio. Se instalaron alrededor de 144 plafones Templok por salón de clases, lo que representa una cobertura de aproximadamente 324 pies cuadrados de la parte de Templok con

PCM. Por lo tanto, el calor diario previsto que transfiere el PCM del día a la noche es de aproximadamente 2600 BTU por salón de clases.

En la sección anterior, se estimó mediante varios métodos que la reducción del consumo en kW promedio nocturno era del 5% al 9%. Durante marzo y abril, en el salón 217, el consumo total promedio de energía (kWh) en las horas nocturnas (de 9:00 p.m. a 7:00 a.m.) fue de 4.5 kWh. Suponiendo que la bomba de calor tiene un COP de 3, el ahorro de energía nocturno del 5% al 9% representa alrededor de 2300 a 4200 BTU de calor ahorrado, lo que concuerda en general con la estimación de 2600 BTU de calor liberado por los plafones con PCM durante la noche.

Temperaturas promedio por hora del salón 217 entre el 1 de marzo y el 30 de abril



Análisis

Incluso con un modesto rango de temperatura diurna en el cielo acústico de unos 2 °F, en el estudio se detectó una reducción significativa del consumo de energía para calefacción nocturna del 5% al 9%, sin penalización por calefacción diurna. Este resultado es alentador, ya que sugiere que los edificios con mayores ganancias de calor interno y solar durante el día podrían lograr ahorros de energía aún más sustanciales durante la noche.

Conclusión

El estudio de caso en una escuela secundaria de New Hampshire contribuye a la aplicación relativamente menos establecida de PCM en climas frescos para ahorrar energía en calefacción. El estudio estimó una reducción del 5% al 9% en el consumo de energía para calefacción nocturna durante las noches de invierno y primavera después de la modernización con plafones Templok. El resultado concuerda con la cantidad estimada de calor liberado por el PCM durante la noche, medida con termopares y en referencia a las propiedades de entalpía del material.

Experience, Above All™

El próximo paso

[877 276-7876 \(se habla Español\)](tel:8772767876)

Representantes de Servicio al Cliente De lunes a viernes, de 7:45 a.m. a 5:00 p.m., hora del este

TechLine: información técnica, dibujos detallados, asistencia con diseños CAD, información de instalación, otros servicios técnicos. Días y horarios de atención: de lunes a viernes, de 8:00 a.m. a 5:30 p.m., hora del este. FAX 1 800 572 8324 o correo electrónico: techline@armstrongceilings.com

armstrongceilings.com/commercial (seleccione: Español)

Últimas noticias sobre productos

Información de productos estándar y personalizados

Catálogo en línea

Archivos CAD, Revit*, SketchUp*

Herramienta visual de selección A Ceiling for Every Space*

Muestras y literatura de productos – servicio express y ordinario

Contactos: representantes, dónde comprar, quién hará la instalación



armstrongceilings.com/projectworks (Seleccione: Español)

El poder de **ProjectWorks***, Servicio de diseño y previos a la construcción.

Mezcle y combine diferentes tamaños, formas, colores y materiales para reinventar su cielo acústico estándar, especial o personalizado.

Visite nuestra galería de modelos en línea si quiere encontrar ideas para su próximo proyecto en armstrongceilings.com/patterngallery.

¡Comuníquese con su representante local para comenzar un diseño! ¿No está seguro de quién es su representante local? Visite armstrongceilings.com/findarep (Seleccione: Español)



Armstrong[®]
World Industries

Todas las marcas comerciales utilizadas en este documento son propiedad de AWI Licensing LLC o de sus empresas afiliadas
© 2024 AWI Licensing LLC · Impreso en los Estados Unidos de América

TechLine / 877 276-7876
armstrongceilings.com/energysavingceilings (Seleccione: Español)