

El Desafío Nuevo de GAINA 2026

GAINA se enfrenta a obstáculos en sus actividades comerciales. Actualmente, el indicador más común para evaluar el rendimiento del aislamiento térmico de los edificios **es la transmitancia térmica (valor U) (W/m^2K)**, y los proyectos públicos exigen la presentación de este valor durante las licitaciones.

Sin embargo, el método de evaluación de la transmitancia térmica (valor U) presenta problemas estructurales inherentes, lo que imposibilita una evaluación precisa del rendimiento del aislamiento térmico de **GAINA**. Esto representa un obstáculo importante para la obtención de la certificación **GAINA**.

La evaluación actual del rendimiento del aislamiento térmico de los edificios utiliza la transmitancia térmica (valor U) como indicador, por lo que la resistencia a la transferencia de calor superficial (**R_S: Resistencia_Surface**) no considera los efectos de la radiación de onda corta, y no se evalúa el aumento de la temperatura superficial del edificio debido a la radiación solar. Por ejemplo, se subestima la cantidad de calor que ingresa al interior del edificio en verano. Con el avance del calentamiento global, las temperaturas del aire, del suelo y de las superficies de los edificios están aumentando. Creemos que las tecnologías que suprimen el aumento de la temperatura superficial de los edificios deben reevaluarse para mitigar el calor en el interior de los edificios y para el ahorro de energía.

Este documento tiene como objetivo demostrar las limitaciones de la evaluación de la transmitancia térmica (valor U) y probar las características de **GAINA**. **La página siguiente explica los problemas y aclaraciones de la evaluación basada únicamente en la transmitancia térmica (valor U); consúltela.**

➔ Cabe destacar que el fabricante de **GAINA** ha completado el desarrollo de una nueva **simulación del efecto económico** que utiliza una fórmula de **balance energético para cuantificar los datos meteorológicos** de la zona donde se ubica el edificio, separando y calculando la radiación y la convección. Asimismo, el **Grupo de la Asociación de Normas de Japón (JSA: desde 1945)** ha publicado la primera norma mundial para el rendimiento del aislamiento térmico de pinturas aislantes térmicas, **JSA-S2103:2025**(desde 2017) [**Método para determinar el rendimiento del aislamiento térmico de películas de pintura cerámica ultrafina de alta densidad**]. El rendimiento obtenido en esta prueba de verificación, utilizando la fórmula de balance energético, permite una predicción más realista del efecto económico de **GAINA**.

1. Limitaciones de la evaluación mediante la transmitancia térmica (valor U)

1. Definición de **transmitancia térmica (valor U)**: $U = 1 / (R_{so} + R_{wall} + R_{si})$

Imagine la superficie exterior, la superficie interior y la superficie exterior de la pared de una casa.

R_{so}: Resistencia a la transferencia de calor de la superficie exterior **R_{wall}**: Suma de las resistencias a la transferencia de calor de la pared $= \sum (d/\lambda) * d$ es el espesor del material, λ es la conductividad térmica

R_{si}: Resistencia a la transferencia de calor de la superficie interior

2. Principales problemas con la transmitancia térmica (valor U) y su impacto en GAINA

Problemas	Impacto en GAINA
1) No considera el calentamiento de la superficie exterior debido a la radiación solar. Presupone el control de la temperatura interior (ambiente) mediante aire acondicionado. *En otras palabras, presupone una diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, y no puede evaluarse en edificios sin aire acondicionado durante el verano.	No se está evaluando el efecto de la función principal de GAINA, la baja absorptividad de la radiación solar (es decir, la alta reflectividad de onda corta).
2) Considere la resistencia a la transferencia de calor superficial como constante. Según <u>la Ley de Conservación de Energía en Edificios revisada de Japón</u>: Lado exterior: R_{so} = 0,04 m² K/W Lado interior: R_{si} = 0,09 m² K/W *Suponiendo un coeficiente de transferencia de calor por convección de aproximadamente 20 W/m² K, un coeficiente de transferencia de calor por radiación de aproximadamente 5 W/m² K, una velocidad del viento de 4 m/s, tiempo nublado y una diferencia de temperatura interior-exterior de 20 ° C.	No se han evaluado las características de transferencia de calor de GAINA. * Alta emisividad de onda larga * Efecto de la rugosidad superficial debido a finas irregularidades superficiales (la rugosidad superficial aumenta el coeficiente de transferencia de calor por convección) →→ La norma JSA se estableció para medir con precisión la resistencia a la transferencia de calor superficial de los recubrimientos de GAINA. Las pruebas realizadas según la norma JSA demostraron que, a medida que aumenta la velocidad del viento, aumenta el caudal de aire, pero también aumenta la resistencia (suma de la resistencia superficial y la resistencia a la conducción), y se reduce la cantidad de intrusión de calor.

3. Errores fatales en la evaluación mediante la transmitancia térmica (valor U)

(en el caso de la radiación solar)

(1) Cantidad de calor que entra al interior: $q = U \times (T_{out} - T_{in}) = 0,37 \times (30 - 40,7) = 0,37 \times (-10,7) = -4,0 \text{ W/m}^2$

➔ Este cálculo muestra que "el calor escapa del interior al exterior", pero en realidad, el calor entra al interior desde el exterior.

Nota: La dirección de la transferencia de calor se invierte.

⇓

(2) La realidad de los techos expuestos a la radiación solar

En los techos expuestos a la radiación solar, la temperatura de la superficie exterior T_{surf} es significativamente mayor que la temperatura del aire exterior T_{out} .

Balance térmico superficial ("solo como referencia"): $q_{in} = \alpha \cdot GHI + h_c \cdot (T_{out} - T_{surf}) + h_r \cdot (T_{sky} - T_{surf})$

Supuestos de cálculo: α es la absorptividad solar (0~1), GHI es la radiación solar global (W/m^2), h_c es el coeficiente de transferencia de calor por convección (típicamente $10 \sim 25 \text{ W/m}^2\text{K}$),

h_r es el coeficiente de transferencia de calor por radiación (aproximadamente $4 \sim 5 \text{ W/m}^2\text{K}$), T_{sky} es la temperatura del cielo ($(L_{\downarrow}/\sigma)^{1/4}$), $L_{\downarrow}$ es la radiación infrarroja descendente. q es el flujo de calor que atraviesa el techo hacia la habitación.

σ es el coeficiente de Stefan-Boltzmann. *La irradiancia solar global (GHI) es de 1000 W/m^2 (día soleado de verano), α es de 0,7 (material de cubierta típico).***La temperatura exterior T_{out} es de 30° C , la temperatura interior T_{in} es de $40,7^\circ \text{ C}$ y el coeficiente de transferencia de calor U es de $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$.

El resultado muestra que existe absorción solar, y $\alpha \cdot GHI = 0,7 \times 1000 = 700 \text{ W/m}^2$. El cálculo iterativo utilizando la fórmula de balance térmico superficial anterior arroja una temperatura superficial exterior de 65° C , pero si no se consideran $L_{\downarrow}$ ni la transferencia de calor por convección, $T_{ao} + \alpha \cdot GHI \cdot R_{so} = 30 + 1000 \cdot 0,70 \cdot 0,04 = 58^\circ \text{ C}$.

*El problema con la evaluación usando el valor U es: ➔ (1) No considera el calentamiento de la superficie exterior debido a la radiación solar. ➔ (2) Cuando la temperatura de la habitación es más alta que la temperatura exterior, el **valor U** no se puede usar para la evaluación.

Los efectos de **GAINA** se muestran con un ejemplo de cálculo.

Artículo	Fórmula	Valor (W/m ²)		Tasa reducida% (B) / (A)
		(A) Sin pintar	(B) GAINA	
Tasa absorbida de radiación solar	$\alpha \cdot GHI$	700	120	83%
Transferencia de calor desde el techo hacia el interior	q_{in}	120	5	96%
Disipación de calor por convección hacia el aire exterior	$h_c \cdot (T_{surf} - T_{out})$	525	75	86%
Calor radiante hacia el cielo	$\epsilon \cdot \sigma \cdot (T^4_{surf} - T^4_{sky})$	55	40	28%

	Sin pintar	GAINA
Tasa absorbida de radiación solar α	0.7	0.13
Emisividad ϵ	0.90	0.946

σ : Constante de Stefan-Boltzmann: $5,67 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2\text{K}^4\text{)}$

A continuación se presenta una lista de símbolos relacionados con la ley de Stefan-Boltzmann:

I: Emisividad radiativa **T**: Temperatura termodinámica **σ** : Constante de Stefan-Boltzmann **ϵ** : Emisividad (factor de corrección)

ν : Frecuencia **c**: Velocidad de la luz **h**: Constante de Planck **k**: Constante de Boltzmann

ARTÍCULO	Sin Pintar	GAINA	Efecto de mejora
Temperatura de la superficie exterior	65°C	35°C	– 30°C
Temperatura de la superficie del Techo	41.8°C	31.7°C	– 9.9°C (-24%)
Temperatura de la habitación (del aire)	40.4°C	31.5°C	– 8.9°C (-22%)
Temperatura sensible (de funcionamiento)	41°C	31.6°C	– 9.4°C (-23%)
Diferencia con la temperatura exterior	+11°C	+1.6°C	– 9.4°C

Flujo de calor desde Techo (cálculo teniendo en cuenta la temperatura del techo y de habitación)	8.7W/m²	1.2W/m²	-7.5W/m² (-86%)
Continuidad del trabajo	Dificultad	Posible	Mayor eficiencia laboral 10~15%UP

● ¿Por qué el hielo se derrite lentamente en Gaina?

Se aplica un recubrimiento cerámico ultrafino de alta densidad a una cara de una placa metálica. La otra cara se deja sin tratar. Esta cara se calienta desde abajo con un quemador a casi 100°C , y se coloca un cubo de hielo sobre el lado con recubrimiento cerámico **GAINA**. Normalmente, el hielo se derrite rápidamente en agua debido al calor, pero en este caso, el cubo de hielo no se derrite de inmediato. Comienza a derretirse lentamente después de varios minutos. ¿Se puede explicar este fenómeno físicamente? En particular, ¿podría explicar en detalle el fenómeno del hielo y la superficie **GAINA**?

Explicación (1) Este fenómeno puede explicarse completamente mediante la física. La clave reside en la combinación de varios factores: el flujo de calor dentro de la placa de hierro, la conductividad térmica del recubrimiento cerámico, el estado de contacto entre el hielo y la superficie, la capa de aire microscópica en la película y en **GAINA**, y la combinación de la capacidad calorífica y la difusión térmica.

Explicación (2) En resumen, la estructura básica es la siguiente: la parte posterior de una placa de hierro se calienta a aproximadamente 100°C con un mechero, y se coloca hielo sobre la superficie **GAINA**, que cuenta con un recubrimiento cerámico ultrafino de alta densidad. El hielo no se derrite inmediatamente, sino que lo hace gradualmente durante varios minutos. Con una placa de hierro común y corriente: el hierro tiene una conductividad térmica muy alta, por lo que el calor se transfiere al hielo instantáneamente. El hielo se derrite rápidamente. Sin embargo, con una capa cerámica,

6/4/2026 la transferencia de calor cambia drásticamente.

Explicación (3)

El factor más importante: la diferencia en la conductividad térmica. El hierro y la cerámica tienen conductividades térmicas significativamente diferentes.

Ejemplos típicos: Material Conductividad térmica W/mK

Hierro Aprox. 80

Aluminio Aprox. 200 **Cerámica general** 0,5-5

Aire 0,024 En otras palabras, la capa cerámica "obstruye fuertemente el flujo de calor".

Explicación (4)

El flujo de calor se expresa mediante la ley de Fourier:

$q = -k(dT/dx)$, donde: **q**: tasa de flujo de calor, **k**: conductividad térmica, **dT/dx**: gradiente de temperatura.

Debido a que **k** es pequeño en la cerámica, el calor no llega fácilmente al lado del hielo.

Explicación (5) Sin embargo, lo interesante es: **"¿Por qué funciona a pesar de ser un recubrimiento delgado?"**. Simplemente llamarlo "material aislante" no es una explicación suficiente. En realidad, la capa cerámica ultrafina posee una gran cantidad de interfaces de nanopartículas microporosas. Dentro de estas, se forma una interfaz de dispersión térmica de la capa de aire. El calor en un sólido donde el flujo de calor se ve perturbado se transporta principalmente **por fonones electrónicos (vibraciones de la red cristalina)**. Cuando las nanopartículas cerámicas se vuelven ultrafinas, los fonones se dispersan violentamente en los límites de grano. En otras palabras, la difusión térmica, donde el calor no puede viajar en línea recta, se vuelve extremadamente lenta. Esto se conoce como "baja conductividad térmica **debido a la dispersión de fonones**".

Explicación (6) Fenómenos que ocurren en la superficie del hielo: Al colocar hielo sobre la superficie de contacto: **1.** La temperatura superficial desciende bruscamente y, dado que el hielo se encuentra a unos 0°C , la capa superior de la superficie cerámica se enfría rápidamente. Sin embargo, el calor no se transfiere fácilmente desde el interior de la cerámica. **Resultado:** Solo la superficie permanece a baja temperatura. **2.** Como cuello de botella térmico, incluso si el interior de la placa de hierro está cerca de los 100°C , la superficie más externa en contacto con el hielo puede permanecer a 0°C o a unos pocos $^{\circ}\text{C}$. **En otras palabras:** toda la placa de hierro está caliente, pero se produce una separación de temperaturas donde "solo la superficie más externa en contacto con el hielo está fría". **3.** Formación de una capa de aire microscópica; el recubrimiento cerámico ultrafino no es perfectamente liso. Al colocar hielo: las irregularidades microscópicas limitan los puntos de contacto. En otras palabras, se trata más bien de un "contacto puntual" que de un "contacto superficial". El aire penetra en estos huecos, y el aire es un conductor de calor extremadamente deficiente. Esto suprime aún más la transferencia de calor. **4.** En cuanto al comportamiento de la película de agua, se produce una pequeña fusión en la parte inferior del hielo, lo que crea una fina capa de agua. Sin embargo, cuando la humectabilidad de las superficies cerámicas, menos propensas a la convección, se ve reducida por microirregularidades específicas, la película de agua actúa como una barrera térmica.

Explicación y resumen (7)

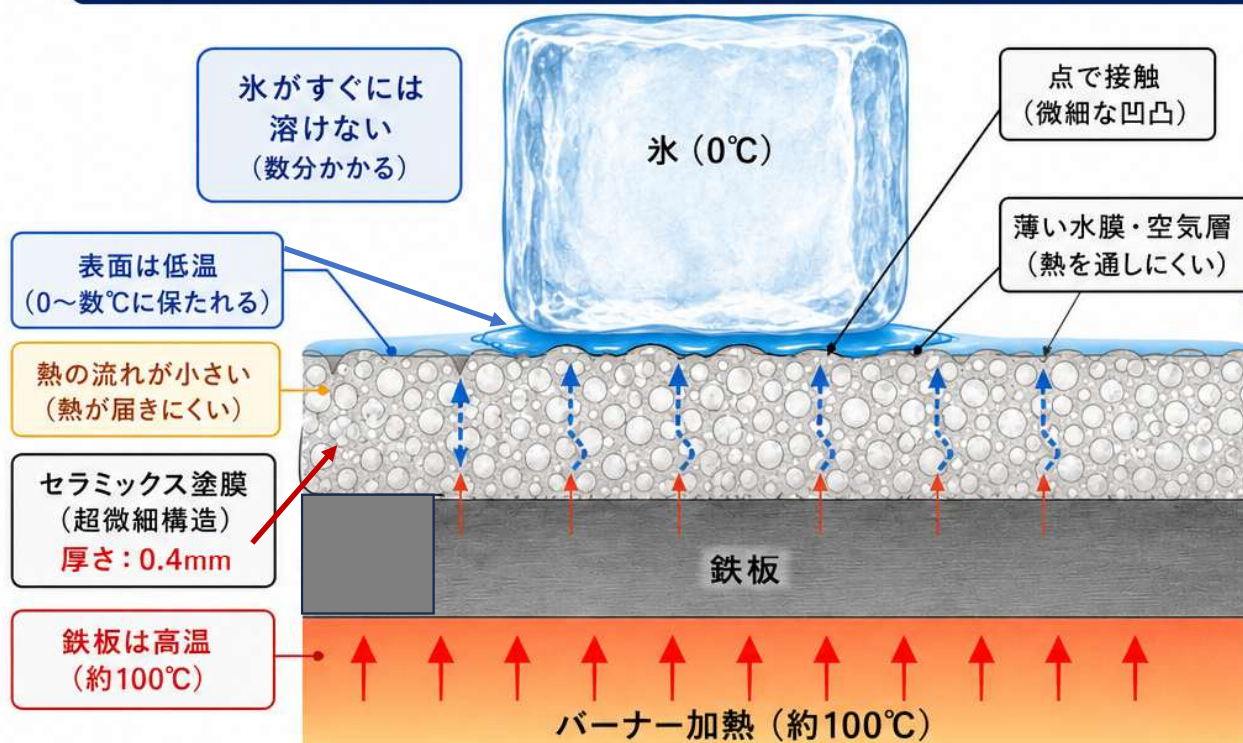
Diferencia con **el efecto Leidenfrost**: Si bien es algo similar, es completamente diferente. El efecto **Leidenfrost** es un fenómeno en el que el vapor de agua asciende debido a una película de vapor de agua sobrecalentada. Este fenómeno experimental de **GAINA** se debe principalmente al contacto de la barrera térmica formada por la cerámica y una fina capa de aire con resistencia térmica. Sin embargo, localmente puede intervenir una capa de vapor débil. **¿Por qué dura "varios minutos"?** Derretir hielo requiere una gran cantidad de calor. El calor de fusión del hielo es $Q = mL_f$, donde L_f es el calor latente de fusión del hielo (aproximadamente 334 kJ/kg). En otras palabras, el hielo necesita absorber una gran cantidad de calor antes de que su temperatura aumente. Sin embargo, debido a que la capa cerámica restringe el flujo de calor, la cantidad de calor suministrada por unidad de tiempo es pequeña. Como resultado, la velocidad de fusión se vuelve muy lenta.

En realidad, los recubrimientos cerámicos de alto rendimiento ofrecen más que simple aislamiento. Además, la reflexión infrarroja controla la radiación térmica y la energía superficial. En particular, las cerámicas finas pueden dispersar y reflejar los rayos infrarrojos. Esto reduce la transferencia de calor desde la placa de hierro a la superficie.

Resumen: Este fenómeno se produce principalmente debido a la baja conductividad térmica, la dispersión de fonones, la microcapa de aire, la mayor resistencia térmica de contacto y el enfriamiento rápido y sostenido de la superficie causado por el recubrimiento cerámico GAINA. Como resultado, se alcanza un estado en el que "la placa de hierro está caliente, pero solo la superficie más externa en contacto con el hielo permanece fría", lo que impide que el hielo se derrita inmediatamente. Esto no es un simple "**aislamiento adiabático**", sino un fenómeno de control de la transferencia de calor mediante la microestructura.

La página siguiente ilustra este concepto. ¡Consúltela!

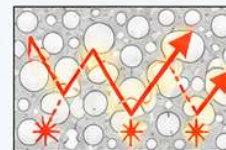
セラミックス塗膜が氷の融解を遅らせる仕組み（全体イメージ）



熱が伝わりにくい主な要因

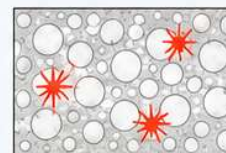
1. 低い熱伝導率

セラミックスは熱を通しにくい



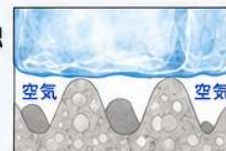
2. フォノン散乱

微粒子の境界で熱（振動）がさえぎられる



3. 微細空気層・点接触

実際は面接触でなく点接触になり、空気が熱をさえぎる

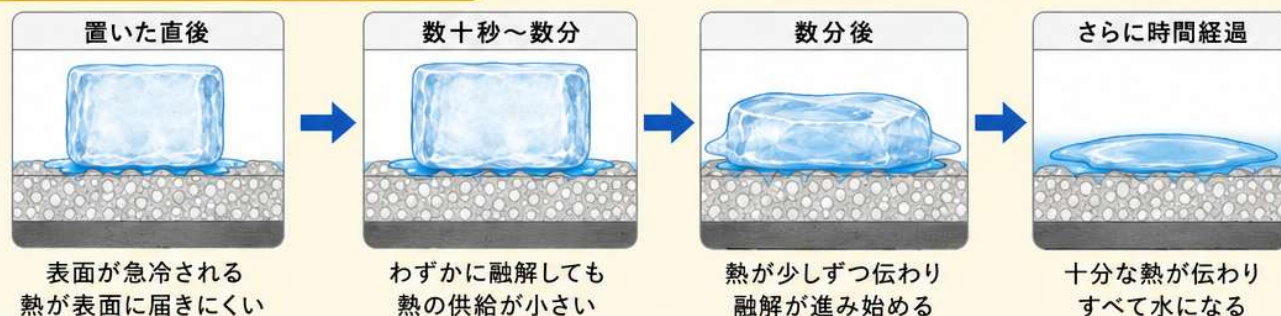


4. 水膜・蒸気の効果

薄い水膜や蒸気層が熱の移動をさらに抑える



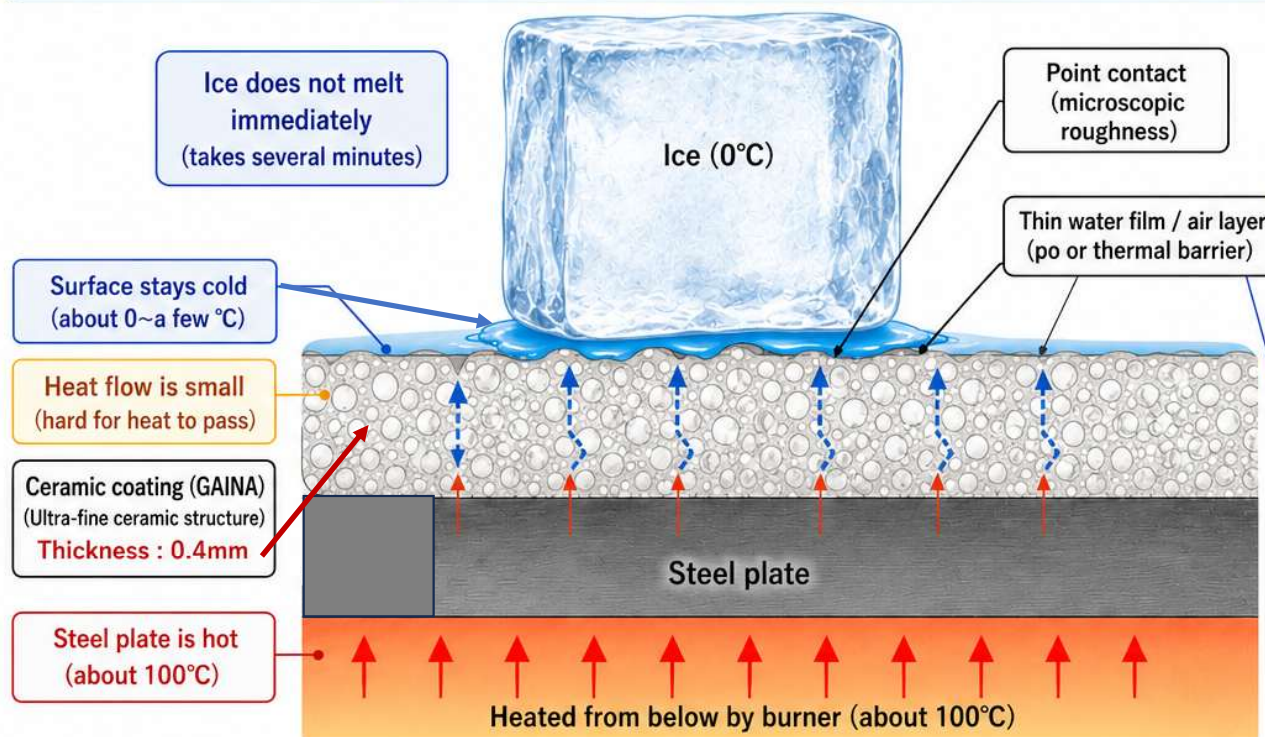
氷が溶けるまでの流れ（時間経過）



まとめ

- ・セラミックス塗膜の厚さは0.4mm
- ・熱の流れが小さく、表面は0～数℃に保たれる
- ・微細構造が接触と熱の移動を妨げる
- ・氷への熱供給が小さいため、融解が遅くなる

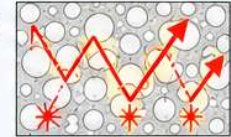
How ceramic coating of 0.4mm thick (GAINA) can slow down an ice-cubic melting ?



Main reasons why heat is hard to reach the ice

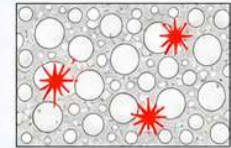
1. Low thermal conductivity

Ceramic has low thermal conductivity, so heat does not pass easily.



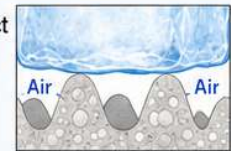
2. Phonon scattering

At the boundaries of micro-particles, phonons (vibrations) are scattered, reducing heat transfer.



3. Micro air layer / point contact

In reality, it is not full contact but point contact, and air in the gaps acts as a thermal insulator.

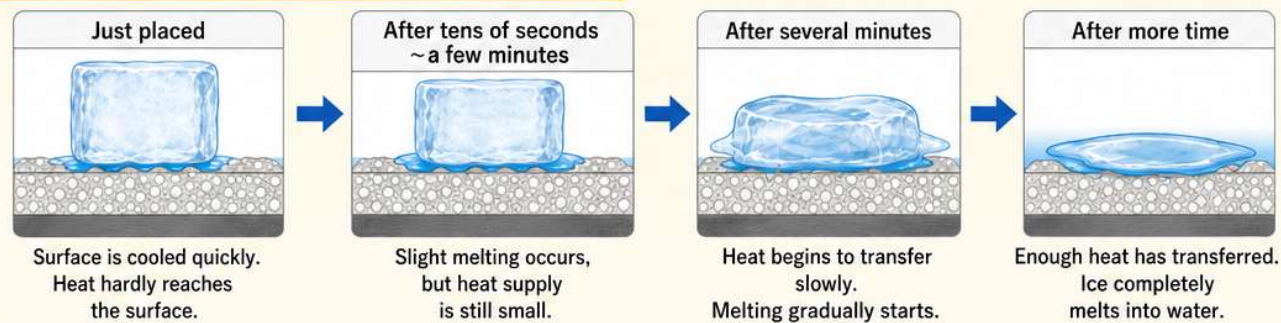


4. Water film / vapor effect

Thin water film or vapor layer suppresses heat transfer further.



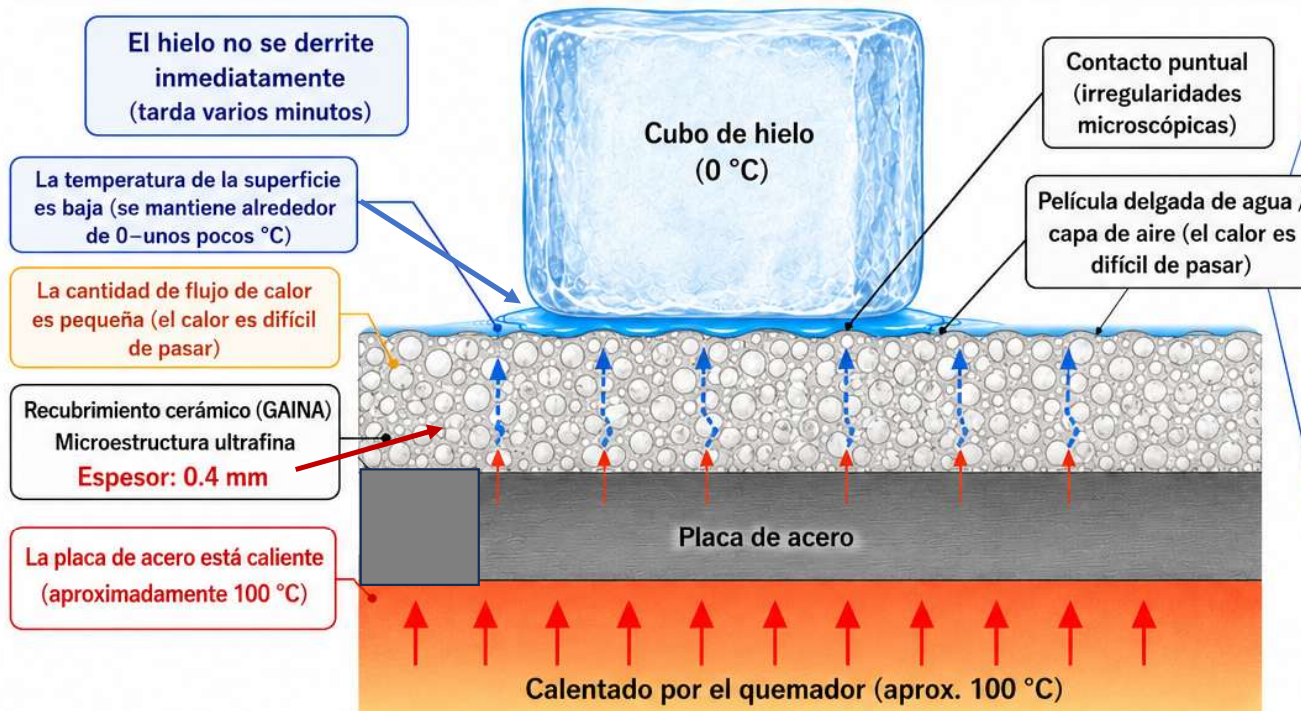
Melting process of an ice cube (time progression)



Summary

- Ceramic coating thickness is 0.4mm.
- Heat flow is greatly reduced, so the surface stays around 0~a few °C.
- Microstructure and point contact hinder heat transfer.
- Since heat supply to the ice is small, melting is significantly delayed.

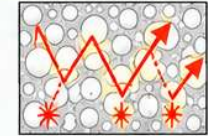
¿Cómo el recubrimiento cerámico de 0.4 mm de espesor (GAINA) puede retardar el derretimiento de un cubo de hielo?



Principales razones por las que el calor es difícil de transferir

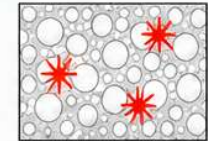
1. Baja conductividad térmica

La cerámica tiene baja conductividad térmica, por lo que el calor es difícil de pasar.



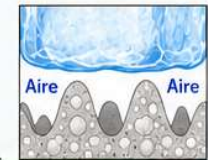
2. Dispersión de fonones

El calor (vibración de la red) se dispersa en los límites de las partículas ultrafinas.



3. Capa de aire microscópica y contacto puntual

El contacto real ocurre solo en puntos, no en toda la superficie, por lo que el aire impide la transferencia de calor.



4. Efecto de película de agua y vapor

La película delgada de agua y el vapor de agua reducen aún más la transferencia de calor.



Proceso hasta que el hielo se derrite (secuencia de tiempo)



Resumen

- El recubrimiento cerámico (GAINA) tiene un espesor de 0.4 mm.
- El flujo de calor es pequeño, por lo que la temperatura de la superficie se mantiene alrededor de 0—unos pocos °C.
- La microestructura ultrafina y el contacto puntual impiden la transferencia de calor.
- El suministro de calor al hielo es pequeño, por lo que el derretimiento se retrasa.

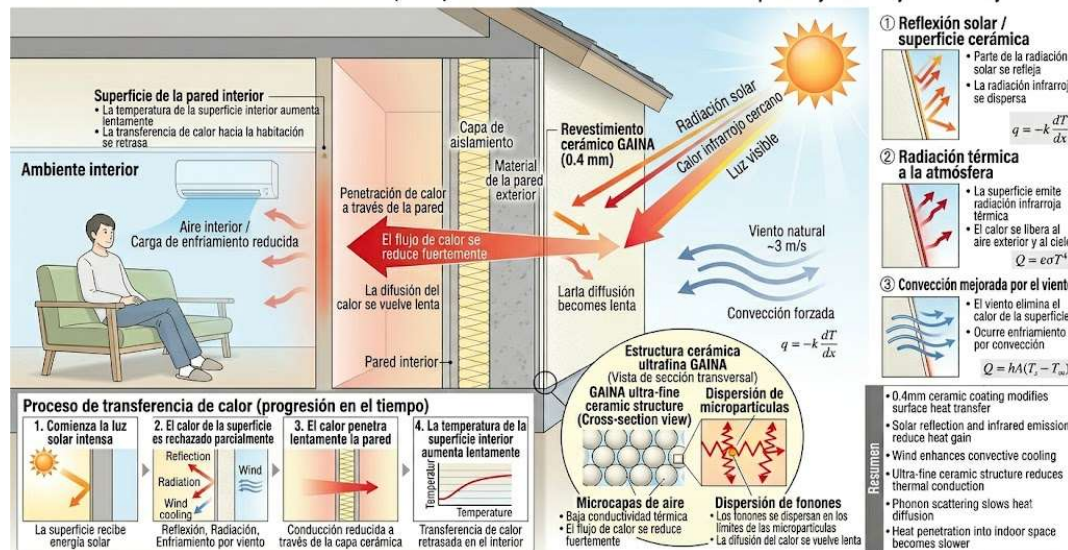
AHORA QUE comprende las propiedades y características de la estructura cerámica ultrafina de alta densidad de **GAINA** mediante el experimento de fusión del hielo, **¿qué sucede cuando estas propiedades se aplican a las paredes exteriores y techos de casas y edificios comunes?** Esto se explicará en el siguiente diagrama.

(Nota) El diagrama puede contener imprecisiones y requerir explicaciones adicionales. Se necesita más información.

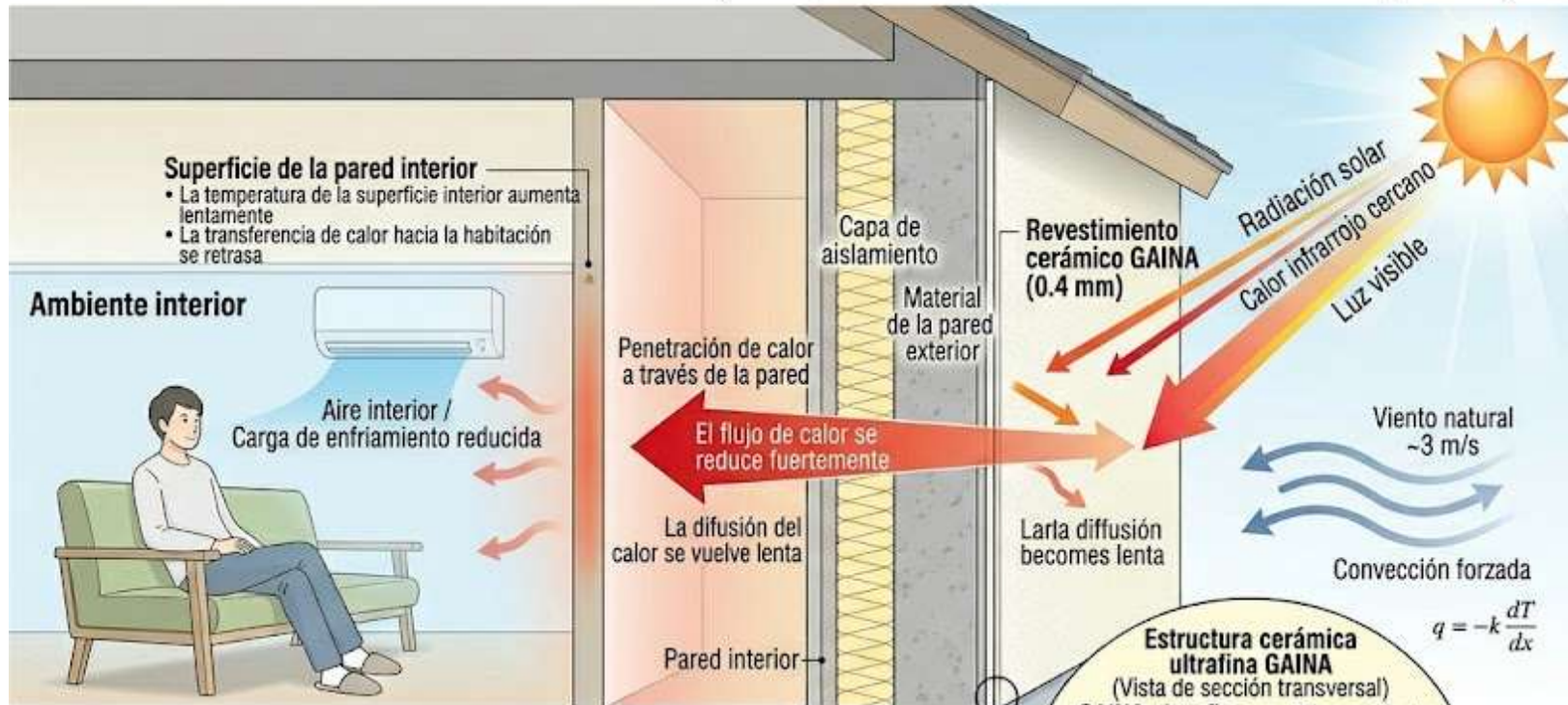
Según los resultados del método **JSA S1023:2025** para determinar el rendimiento de aislamiento térmico de películas delgadas, se ha demostrado que **GAINA** posee excelentes efectos de **aislamiento térmico**.

****(Para obtener más detalles técnicos o documentos de pruebas de demostración, contáctenos por separado)****

Cómo el revestimiento cerámico ultrafino de 0.4 mm (GAINA) reduce la transferencia de calor a través de paredes y techos bajo la luz solar y el viento



Cómo el revestimiento cerámico ultrafino de 0.4 mm (GAINA) reduce la transferencia de calor a través de paredes y techos bajo la luz solar y el viento



① Reflexión solar / superficie cerámica

- Parte de la radiación solar se refleja
 - La radiación infrarroja se dispersa
- $$q = -k \frac{dT}{dx}$$

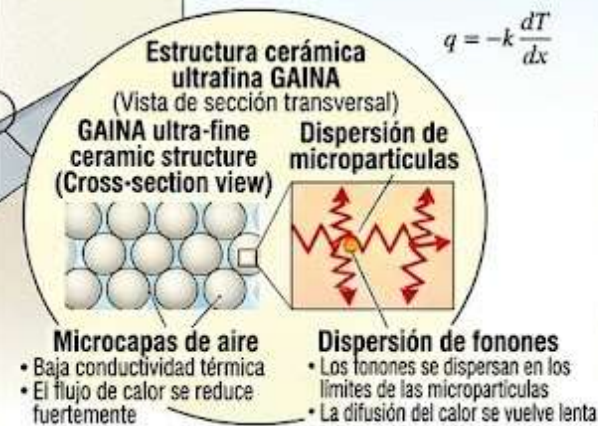
② Radiación térmica a la atmósfera

- La superficie emite radiación infrarroja térmica
 - El calor se libera al aire exterior y al cielo
- $$Q = \epsilon \sigma T^4$$

③ Convección mejorada por el viento

- El viento elimina el calor de la superficie
 - Ocurre enfriamiento por convección
- $$Q = hA(T_s - T_{\infty})$$

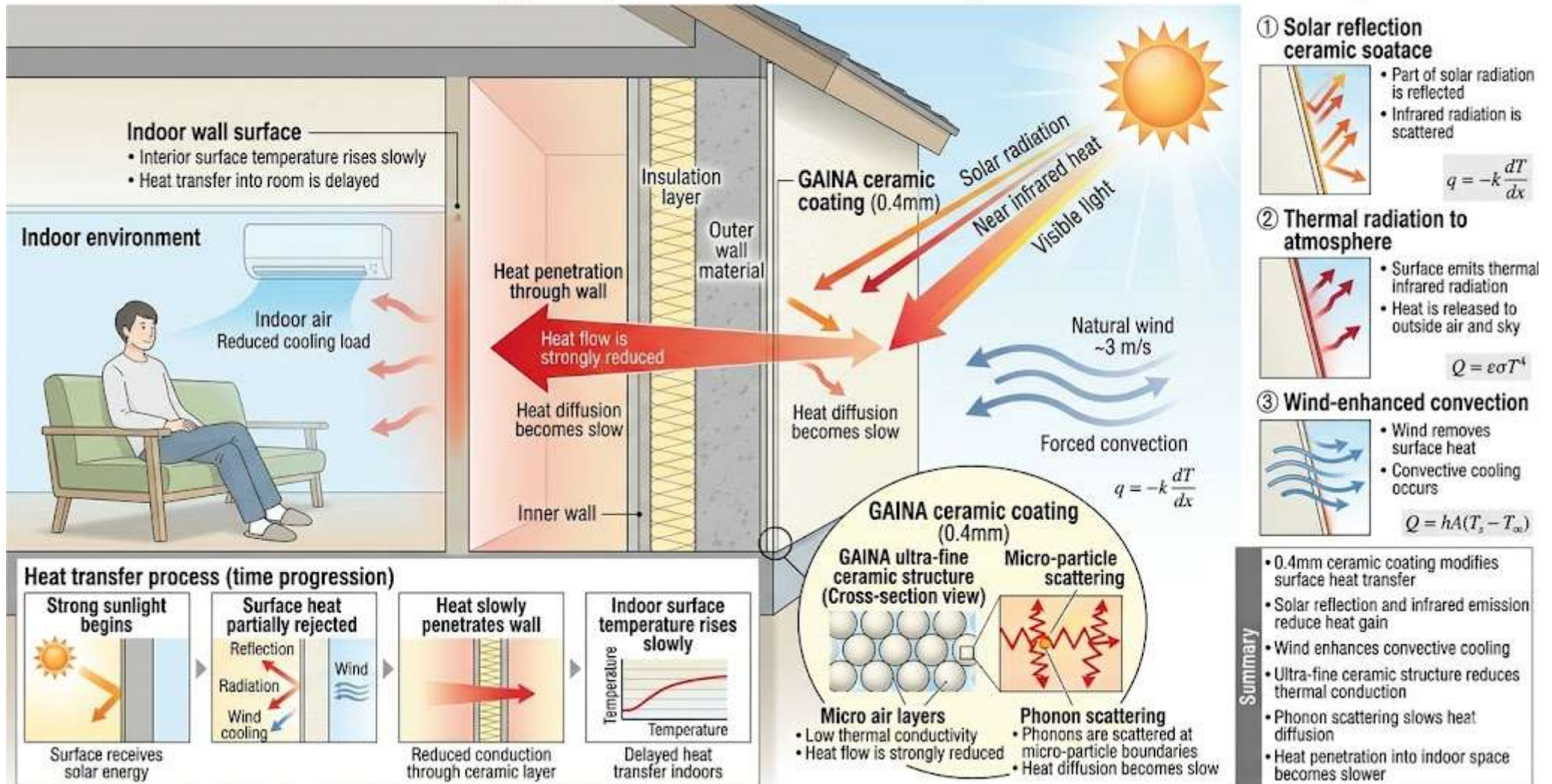
Proceso de transferencia de calor (progresión en el tiempo)



Resumen

- 0.4mm ceramic coating modifies surface heat transfer
- Solar reflection and infrared emission reduce heat gain
- Wind enhances convective cooling
- Ultra-fine ceramic structure reduces thermal conduction
- Phonon scattering slows heat diffusion
- Heat penetration into indoor space becomes slower

How 0.4mm ultra-fine ceramic coating (GAINA) reduces heat transfer through walls and roofs under sunlight and wind



Resumen ejecutivo para las partes interesadas técnicas de la UE

(Optimizado para mayor claridad científica, alineación normativa y relevancia comercial)

Descripción general

GAINA es un recubrimiento multifuncional de control térmico diseñado para reducir simultáneamente la radiación, la conducción y la convección. A diferencia de los materiales aislantes convencionales que se basan únicamente en una baja conductividad térmica, **GAINA** incorpora microesferas cerámicas reflectantes de infrarrojos para suprimir la transferencia de calor por radiación, un factor esencial en entornos térmicos reales.

Este documento resume los resultados de una evaluación térmica estandarizada de análisis de seguridad del trabajo (**JSA**) que compara paneles de aluminio recubiertos con **GAINA** con muestras de referencia sin recubrimiento, bajo condiciones controladas de flujo de aire y temperatura.

Principales hallazgos

1. Reducción significativa de la transferencia de calor por radiación

Las microesferas cerámicas huecas de **GAINA** reflejan y dispersan la radiación infrarroja, lo que resulta en una menor temperatura superficial en el lado recubierto. Esto reduce directamente el flujo de calor por radiación, un mecanismo que no abordan los materiales aislantes tradicionales.

2. Menor flujo de calor por conducción a través del sustrato

La capa de **GAINA** de 0,4 mm presenta una conductividad térmica considerablemente menor que el sustrato de aluminio. Como resultado, el flujo de calor total a través de la muestra disminuye en todas las condiciones de flujo de aire.

3. Supresión de la transferencia de calor por convección

Al reducir la temperatura superficial, **GAINA** disminuye el gradiente de temperatura entre el panel y el aire circundante. Esto conlleva una menor transferencia de calor por convección, especialmente bajo flujo de aire forzado (2–3 m/s).

Resumen del método de ensayo

La evaluación se realizó utilizando placas de aluminio ($300 \times 300 \times 1$ mm) con las siguientes configuraciones:

Muestra recubierta con **GAINA**: Una cara recubierta con 0,4 mm de **GAINA**, la cara opuesta con laca negra.

Muestra de referencia: Laca negra en ambas caras.

Se ejecutaron seis condiciones de ensayo, combinando:

Flujo de aire: 0 / 2 / 3 m/s Orientación del recubrimiento: cara caliente / cara fría Presencia del recubrimiento: con / sin **GAINA**

Las mediciones incluyeron: Flujo de calor (W/m^2)

Temperaturas superficiales (caras caliente y fría) Temperatura del aire Separación de los componentes radiativos y convectivos. Implicaciones técnicas para aplicaciones en la **UE** Eficiencia energética

La capacidad de **GAINA** para reducir la transferencia de calor por radiación la hace altamente eficaz en entornos donde la carga solar, la calefacción radiante o los equipos de alta temperatura son las principales fuentes de calor.

Alineación normativa

El rendimiento del recubrimiento contribuye al cumplimiento de las directivas de la **UE relacionadas con:**

Eficiencia energética (EPBD, EED)

Confort térmico y rendimiento de la envolvente del edificio

Optimización energética industrial

Beneficios de sostenibilidad

Al reducir el flujo de calor y estabilizar las temperaturas superficiales, **GAINA contribuye a:**

Menor consumo energético de climatización (HVAC) • Menores emisiones de CO_2 • Mayor confort térmico sin aumentar el espesor del material

Conclusión

Los resultados de las pruebas **JSA** demuestran que **GAINA** proporciona un control térmico multimecanismo medible que va más allá de lo que pueden lograr los materiales aislantes convencionales. Su supresión combinada de la transferencia de calor por radiación, conducción y convección lo posiciona como una solución de alto valor para las industrias de la **UE** que buscan eficiencia energética, sostenibilidad y un mejor rendimiento térmico.