Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV-CSIC)
httts://www.icv.es// Telf.: 917355840
C/ Kelsen 5, Campus de Cantoblanco (UAM) 28049, Madrid

PRESTACIÓN DE SERVICIO

RESUMEN DE TRABAJO

FECHA	NOMBRE DEL PROYECTO	ELABORADO POR
Diciembre de 2025	Caracterización de 4 pinturas enviadas por ITENE: ✓ Medida del Índice de Reflexión Solar (SRI) ✓ Reflectancia en el rango 250nm < λ < 2500nm ✓ Medida de conductividad y resistividad térmica	Julián Jiménez Reinosa José Francisco Fernández Lozano

DATOS DE LA ENTIDAD SOLICITANTE Y CONTACTO

Nombre o razón social de la entidad: ITENE (Instituto Tecnológico del Embajale, Transporte y Logística)

Domicilio: C/ Albert Einstein 1

C.I.F.: G96308184

Representante: Arantxa Ballesteros Riaza (arantxa.ballesteros@itene.com)

María Rivero García (maria.rivero@itene.com)

OBJETIVO Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Objetivo:

Medida del Índice de Reflexión Solar (SRI), espectro de reflectancia en el rango de longitud de onda 250nm < λ < 2500nm y determinación de los valores de resistencia y conductividad térmica de 4 muestras de recubrimientos termoaislantes de color blanco (pinturas), los cuales se aplican en el ICV sobre soporte metálico de conductividad térmica conocida. Las muestras de pintura corresponden a pinturas de referencia:

- Revestimiento termoaislante Muestra nº1
- Antigoteras termoaislante Muestra nº 3

Metodología de medida:

- Índice de Reflexión Solar (SRI) y espectro de reflectancia

- Emisividad Térmica (o emitancia) ε:

Determinación de la emisividad según ASTM C1371-15 "Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers". Para realizar dicha medida se ha utilizado una cámara termográfica FLIR T440 y una cinta adhesiva SE&Co.K GaA 209 de emisividad conocida ε=0.95 de la casa comercial Testo (figura 1). Las condiciones del laboratorio de medida fueron 27 ± 2ºC con una humedad relativa del 68%.

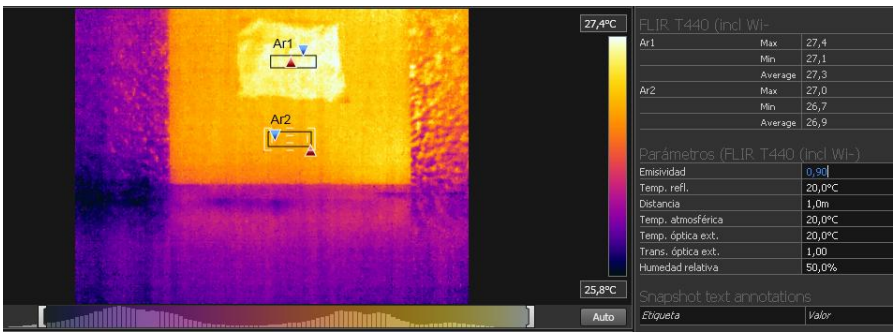


Figura 1. Medida de emisividad térmica de pintura aplicada a partir de cinta adhesiva de referencia cinta adhesiva SE&Co.K GaA 209 (Testo).

- Reflectividad Solar (o albedo) SR:

Determinación de la reflectancia solar según ASTM E903-12 "Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres".

a) Para calcular la reflectancia solar de las superficies es necesario conocer el espectro de reflectancia en el rango de longitud de onda 300nm < λ < 2500nm. Para ello se ha utilizado un espectrofotómetro UV Lambda 950 de la casa comercial Perkin Elmer utilizando para la medida en condiciones de reflectancia la esfera integradora y aplicando una velocidad de barrido de 1nm/s. Las condiciones del laboratorio de medida fueron 25 ± 2ºC con una humedad relativa del 71%.

b) Para realizar el cálculo de reflectividad solar se ha aplicado los datos de irradiancia solar según la normativa ASTM 0903-20. En concreto se utilizarán los datos de la tabla X2.3 de la normativa correspondiente a la Irradiancia normal directa sobre la superficie de la Tierra con una masa de aire 1.5 ($W/m^2 \cdot nm$).

- **Conductividad y resistencia térmica**

El equipo de medida de conductividad y resistencia térmicas es un DTC-25 Thermal Conductivity Tester de la casa comercial TA Instruments (Lukens Drive, New Castle, DE 19720). Este equipo está diseñado para ajustarse a la normativa ASTM E1530 "Standard Test Method for Evaluating the Resistance to Thermal Transmission by the Guarded Heat Flow Meter Technique". En la tabla 1 se incluyen las especificaciones técnicas del equipo ofrecidas por la casa comercial.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del equipo DTC-25 Thermal Conductivity Tester

Method	Guarded Heat Flow Meter
Standard Test Method	ASTM E1530
Specimen Compatibility	solids, pastes, liquids, thin films, auxiliary capsules for pastes and liquids
Specimen Size	
Thickness	Maximum 1.25" (32mm) depending on thermal resistance Thin films down to 0.004" (0.1mm), with optional software
Diameter	50 mm
Temperature Range	Near ambient
Thermal Conductivity Range	0.1 to 20 W/mK
Thermal Resistance Range	0.0004 to 0.012 m^2K/W
Accuracy	±3% to 8% depending on conductivity
Reproducibility	±2%
Dimensions	20" (50.8 cm) W x 14" (35.56 cm) D x 27" (68.58 cm) H

La figura 2 incluye una fotografía del equipo utilizado además de otra fotografía de la celda de medida empleada.



Figura 3. a) Equipo de medida DTC-25 Thermal Conductivity Tester;
b) Celda de medida de conductividad y resistencia térmica.

Características de las muestras:

Las pinturas de revestimiento termoaislante se aplicaron sobre soportes metálicos circulares de 50 mm de diámetro mediante aerografía. Se depositaron mediante aerografía 0.55 g de muestra, alcanzando espesores de 250 μm (figura 3).

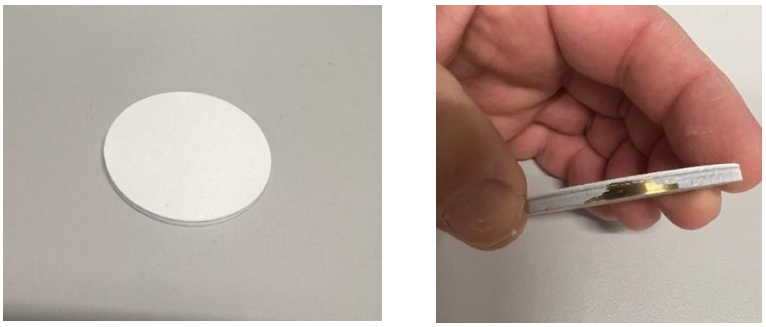


Figura 3. Ejemplo de muestra de revestimiento termoaislante aplicada sobre soporte metálico para su estudio.

En la figura 4 se incluye un ejemplo de medida de espesor de capa de pintura aplicada sobre las probetas de metálicas mediante perfilómetro óptico.

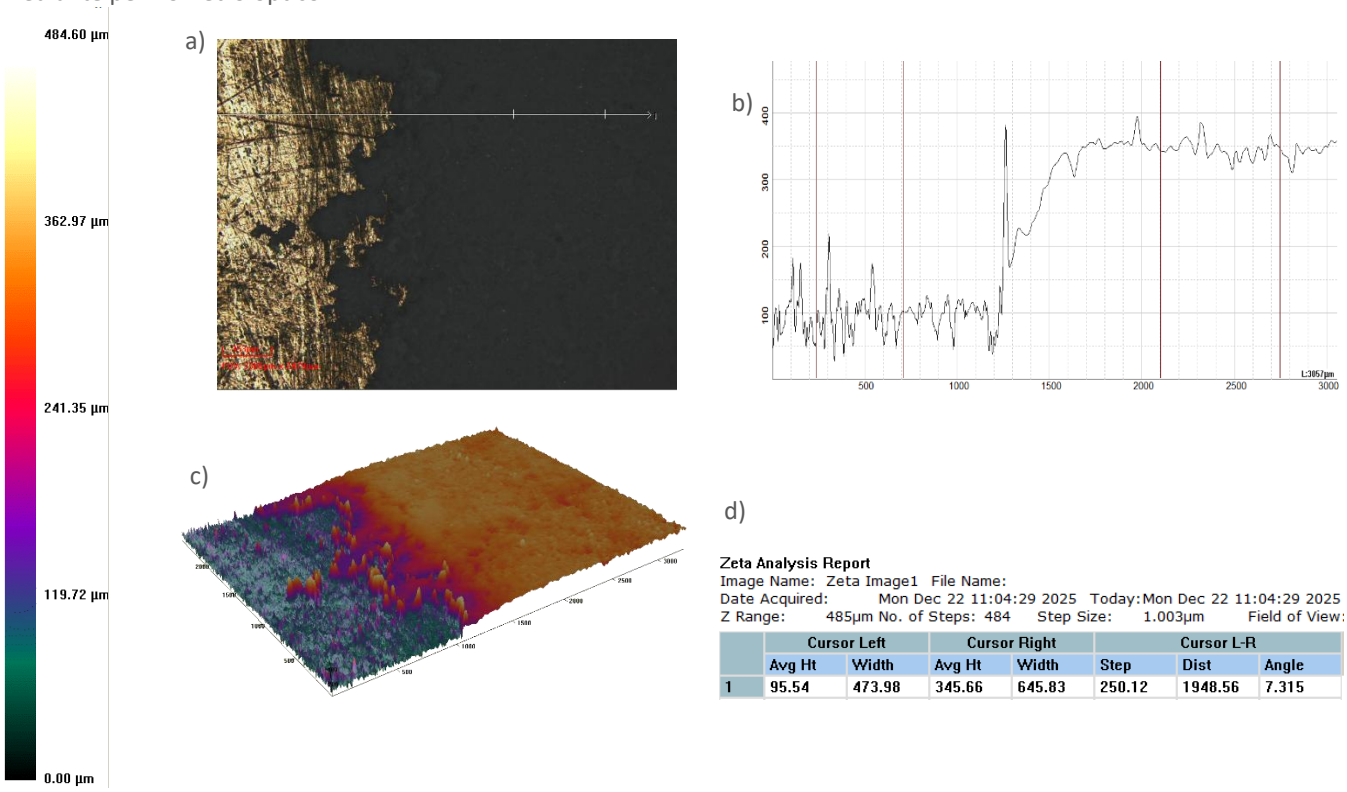


Figura 4. Estudio del espesor de las capas de pintura aplicadas mediante perfilometría óptica:
a) Micrografía de zona de soporte metálico con y sin pintura aplicada; b) Perfil lineal de zona de soporte metálico con y sin pintura; c) Imagen en 3D de zona de soporte metálico con y sin pintura aplicada y escala de color; d) Datos de medida de perfil.

RESULTADOS

- Emisividad Térmica (o emitancia) ε:

Los valores de emisividad térmica alcanzado por las muestras estudiadas se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de emisividad térmica ε de las probetas estudiadas

Muestras termoaislantes	ε	ε	ε	ε promedio
Revestimiento Muestra nº 1	0.93	0.92	0.92	0.92 ± 0.01
Antigoteras Muestra nº 3	0.89	0.91	0.90	0.90 ± 0.01

- Reflectividad Solar (o albedo) SR:

Las curvas de reflectancia promedio obtenidas para cada muestra de pintura (realizada las medidas por 3 probetas por cada una) se presentan en las figuras 5-8. Indicar que ninguna de las muestras estudiadas alcanza los valores de reflectancia del material Spectralon utilizado como referencia de máximo valor de transmitancia.

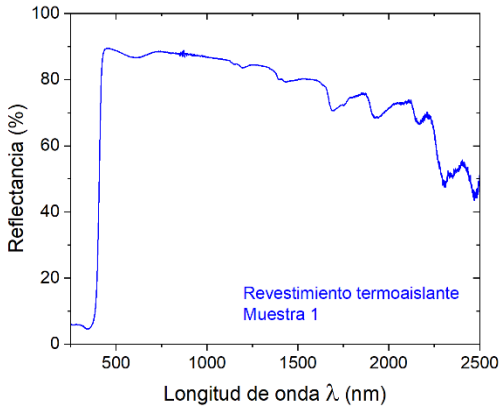


Figura 5. Curva de reflectancia promedio de las probetas de Revestimiento termoaislante nº 1

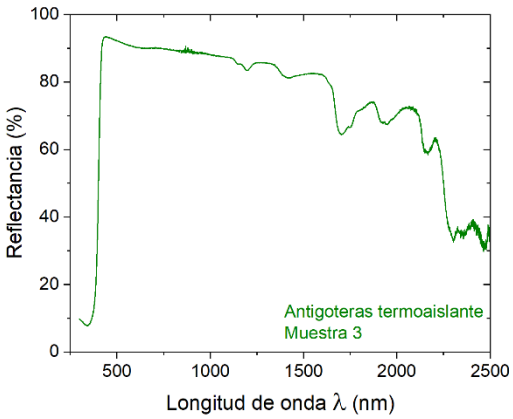


Figura 7. Curva de reflectancia promedio de las probetas de Antigoteras termoaislante nº 3

Los valores de reflectancia promedio en el rango 300 nm < λ < 2500 nm de las muestras estudiadas se incluyen en la tabla 3.

Tabla 3. Valores de reflectancia promedio de las probetas estudiadas

Muestras termoaislantes	Reflectancia (%)
Revestimiento Muestra nº 1	81,81
Antigoteras Muestra nº 3	81,79

- Valor de Índice de Reflexión Solar, SRI

Se calcula a partir de la normativa ASTM 1980-11, aplicando la ecuación 1:

Ecuación 1 $$SRI = 123.97 - 141.35\chi + 9.655\chi^2$$

donde χ corresponde al valor obtenido a partir de la ecuación 2:

Ecuación 2 $$\chi = \frac{(\alpha - 0.029\varepsilon)(8.797 + h_c)}{9.5205\varepsilon + h_c}$$

a su vez, donde α es la absorbancia solar (1-reflectancia)

ε es la emisividad

h_c es el coeficiente convectivo en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, que presenta los siguientes valores según las condiciones del viento:

5 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, en el caso de viento suave (velocidad de 0 - 2 m/s)

12 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, en el caso de viento moderado (velocidad de 2 - 6 m/s)

30 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, en el caso de viento fuerte (velocidad de 6 - 10 m/s)

Los valores de SRI para las diferentes muestras estudiadas se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de SRI de los recubrimientos termoaislantes

Muestras termoaislantes	Viento suave	Viento moderado	Viento fuerte
Revestimiento Muestra nº 1	103,2	102,9	102,7
Antigoteras Muestra nº 3	102,8	102,6	102,4

- Resistencia térmica:

En la tabla 5 se incluyen los resultados de conductividad térmica σ (la cantidad de calor transmitida a través de un material de espesor cuando se encuentra sometido a una diferencia de temperatura) y resistencia térmica (propiedad inversa a la conductividad térmica) suponiendo un contacto completo de toda la superficie de la probeta, atendiendo además a los espesores de cada una. Indicar que, al haberse incluido el recubrimiento de revestimiento y antigoteras sobre una pieza metálica y al haberse medido las propiedades térmicas en conjunto (metal+recubrimiento) se ha de aplicar las relaciones de las Ecuaciones 3 y 4:

Ecuación 3: $R_{total} = R_{metal} + R_{recubrimeinto}$ donde R es resistividad térmica

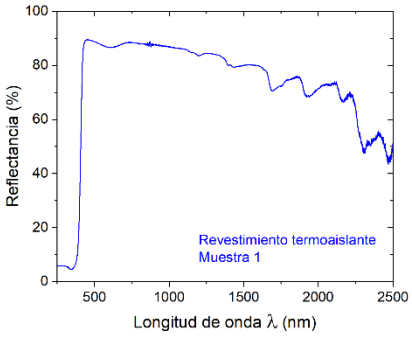
Ecuación 4: R = espesor/conductividad

Indicar que el soporte metálico se ha elegido atendiendo a la capacidad aislante de las muestras de pinturas propuestas para el ensayo, de manera que la resistividad térmica del soporte sea notablemente inferior (un orden de magnitud) que la de los recubrimientos generados con tales pinturas.

Tabla 5. Valores de conductividad y resistencia térmica promedio de los recubrimientos aplicados estudiados

Muestras termoaislantes	Reflectancia (%)	Resistividad térmica ($m^2 \cdot K/W$)	Conductividad térmica (σ) (W/m·K)
Revestimiento Muestra nº 1	81,81	$2{,}52 \cdot 10^{-3}$	0,14
Antigoteras Muestra nº 3	81,79	$1{,}05 \cdot 10^{-3}$	0,26

RESUMEN DE RESULTADOS (SEGÚN PETICIÓN)



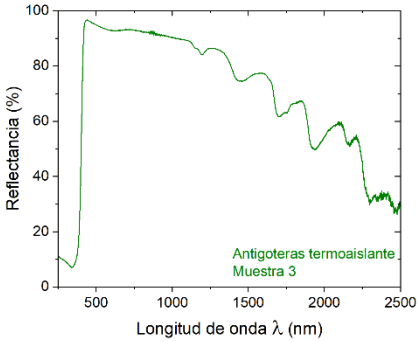
Revestimiento termoaislante Muestra 1

Reflectancia $_{300\ nm < \lambda < 2500\ nm}$= 81,81%

SRI viento suave = 103,2

$R = 2{,}52 \cdot 10^{-3}\ m^2 \cdot K/W$

σ = 0,14 W/m·K



Antigoteras termoaislante Muestra 3

Reflectancia $_{300\ nm < \lambda < 2500\ nm}$= 81,79%

SRI viento suave = 102,8

R = 1,05·10^{-3} m^2·K/W

σ = 0,26 W/m·K

DISCLAIMER

The Publication as provided reflects only the authors´ view. Every effort has been made to ensure complete and accurate information concerning this document. However, the author(s) cannot be held legally responsible for any mistake in printing or faulty instructions. The author(s) retrieve the right not to be responsible for the topicality, correctness, completeness or quality of the information provided. Liability claims regarding damage caused by the use of any information provided, including any kind of information that is incomplete or incorrect, will therefore be rejected.