Nº INFORME 13_00453-1

CLIENTE	LIGNUM ELITE (ALTO STANDING Asesores S.L.)
PERSONA DE CONTACTO	TIBERIO GIOLGAO
DIRECCIÓN	C/ PRÍNCIPE DE VERGARA 80 28006 MADRID
OBJETO	DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO SEGÚN EN ISO 6946 y CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN UNE-EN ISO 10077-2
MUESTRA ENSAYADA	PAVIMENTO DE MADERA CON CONDUCTORES INTERNOS REF.: "LIGNUM HIGH EFFICIENCY® ref. 16-16"
FECHA DE RECEPCIÓN	05.02.2013
FECHAS DE ENSAYO	20.02.2013 – 24.03.2013
FECHA DE EMISIÓN	16.04.2013

Razón Social: Fundación Tecnalia Research & Innovation• Nº F-69 Registro de Fundaciones del Gobierno Vasco • CIF: G48676767

tecnalia Inspiring Business

Ainhoa Galparsoro
Técnico Laboratorio Térmica - Acústica
Servicios Tecnológicos

Miguel Mateos
Responsable Laboratorio Térmica - Acústica
Servicios Tecnológicos

* Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.
* Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma integra.

TABLA DE CONTENIDO

1. Antecedentes 3

2. Objetivos 3

3. Hipótesis de Cálculo 4

4. Características de la muestra 4

5. Resultados 7

6. Procedimiento de cálculo 10

7. Resultados 11

8. Anexo 12

1. Antecedentes

El 5 de febrero del 2013 se recibieron en TECNALIA, enviados por la empresa ALTO STANDING Asesores S.L., los datos necesarios para la realización del estudio del comportamiento térmico del pavimento de madera con conductores internos, de referencia:

"LIGNUM HIGH EFFICIENCY® ref. 16-16".

El ensayo solicitado es la *"determinación de la resistencia y transmitancia térmica para elementos de construcción"* según la norma UNE-EN ISO 6946:1997, siendo éste un método de cálculo.

Con fecha 16 de abril de 2013, TECNALIA emite el presente informe con los resultados obtenidos, detallados a continuación.

2. Objetivos

El objetivo del presente informe es analizar la **resistencia térmica** y la **transmitancia térmica** de pavimento de madera con conductores internos de ALTO STANDING Asesores S.L., con el fin de verificar su compatibilidad con el suelo radiante. Para ello se ha calculado el **coeficiente de transmisión térmica** del pavimento realizándose representaciones gráficas de las distribuciones de temperaturas y de flujos de calor resultantes del cálculo en cada caso.

El cálculo de la **resistencia térmica**, según la UNE-EN ISO 6946:1997, se ha calculado partiendo del coeficiente de transmisión térmica.

3. Hipótesis de Cálculo

3.1 Método computacional

La simulación se ha realizado utilizando el programa THERM 6, desarrollado en el Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). Se trata de una herramienta informática basada en el método de elementos finitos para la resolución de la ecuación de transmisión de calor bidimensional. Esta herramienta computacional ha sido convenientemente testada mediante los ejemplos de cálculo propuestos por diferentes normativas, como EN ISO 10077-2:2012 «Thermal performance of windows, doors and shutters- Calculation of thermal transmittance», o UNE EN 1745:2002 «Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto ».

El cálculo se realiza importando a THERM la sección correspondiente y creando sobre esta plantilla el modelo a simular mediante combinaciones de polígonos. Es necesario definir a continuación las propiedades de los materiales involucrados, así como las condiciones de contorno a aplicar.

Con la información anterior, THERM realiza el mallado para el análisis por elementos finitos y el cálculo de la transferencia de calor en el sistema simulado.

4. Características de la muestra

La tarima "LIGNUM HIGH EFFICIENCY® ref. 16-16" de ALTO STANDING Asesores S.L. es un pavimento multicapa constituido por tres capas de roble macizo. Se ha enviado a las instalaciones de TECNALIA_ Azpeitia muestras de este producto de 600 mm x 600 mm con el fin de visualizar la configuración de ésta.

La tarima está compuesto de:

- Una capa noble de roble macizo de 6 mm. El roble tiene una densidad de 775 kg/ m^3. Por lo tanto, se considera madera frondosa pesada
- Soporte central de roble de 8mm, siendo de las mismas características que la anterior.
- Contracara de roble de 6mm, siendo de las mismas características que la anterior.
- Inserciones de aluminio de Φ3 x 15 mm.
- Las inserciones se colocan uniformemente cada 16 mm, en las dos direcciones.

Se muestra una fotografía de la probeta enviada de "LIGNUM HIGH EFFICIENCY® ref. 16-16":

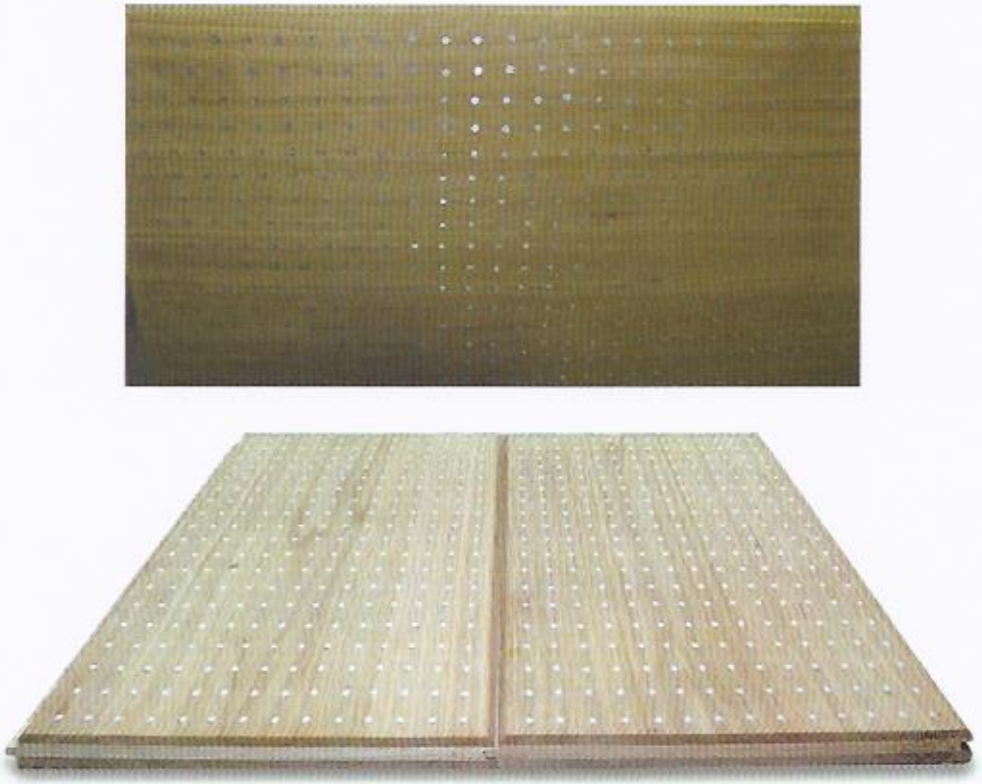


***Fig.* 1:** *fotografía del detalle de las inserciones cada 16mm*

Se tabulan los valores de conductividad térmica de los materiales que han sido utilizados en el cálculo:

MATERIAL	ESPESOR	CONDUCTIVIDAD TERMICA, λ (W/mK)
tarima de roble macizo	6 mm	0,23
Soporte central de roble	8 mm	0,23
Contracara de roble	6 mm	0,23
inserciones de aluminio	Ø = 3 mm	230

Tabla 1: *Características físicas de los componentes del pavimento.*

Los valores de conductividad térmica se han obtenido a través del catálogo de elementos constructivos del código técnico de la edificación, CTE. Los cuales se han contrastado con la norma UNE-EN 12524:2000 "Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores de diseño tabulados".

Cabe reseñar, que las resistencias superficiales utilizadas son las que establece el Código Técnico de la Edificación, en su documento básico HE, en el apéndice E tabla E.6 "Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en m^2K/W".

Dirección del flujo de calor	Exterior (Rse) m^2 K / W	Interior (Rsi) m^2 K / W
Ascendente (en particiones horizontales interiores)	0,10	0,10
Descendente (en particiones horizontales interiores)	0,17	0,17

***Tabla 2**. Resistencias Superficiales para Flujo de Calor Horizontal de particiones interiores*

5. Resultados

5.1 Cálculo de la transmitancia térmica

Se determina la transmitancia térmica del pavimento, aplicando el criterio que estipula el apartado C.2 del anexo C de la norma EN 13947:2006. Este anexo aporta un método para evaluar la transmisión de calor tridimensional provocada por tornillos utilizando el cálculo bidimensional y los procedimientos especificados en la norma UNE-EN 10077-2.

Para hacer el cálculo del producto "LIGNUM HIGH EFFICIENCY® ref. 16-16" se ha utilizado la analogía existente entre los tornillos que se describen en la norma EN 13947:2006 y los conductores metálicos introducidos en el producto. Así, se han modelado los conductores con su diámetro real pero utilizando una conductividad equivalente $\lambda_{s,eq}$. Esta conductividad equivalente se ha calculado mediante la ecuación C.1 de la anteriormente citada norma:

$$\lambda_{s,eq} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot \frac{1}{l_s \cdot d_s} \cdot \lambda_s = \frac{\pi \cdot d_s}{4 \cdot l_s} \cdot \lambda_s$$

donde

d_s	diámetro de los conductores (m).
l_s	distancia entre conductores (m).
λ_s	coeficiente de conductividad térmica de los conductores (W/m.K)

Teniendo en cuenta que el diámetro de los conductores es de 3 mm y la distancia entre ellos es de 16 mm,

$$\lambda_{s,eq} = 33{,}87 \text{ W/m.K}$$

Con todos estos datos se ha procedido a calcular los valores térmicos del producto en su parte central y en la parte en la que se encuentra la junta que une distintas unidades de pavimento.

- **"LIGNUM HIGH EFFICIENCY® ref. 16-16" con flujo ascendente**

$U_{sin\ junta}$ (W/m^{2}K)	$U_{con\ junta}$ (W/m^{2}K)
4,09	4,08

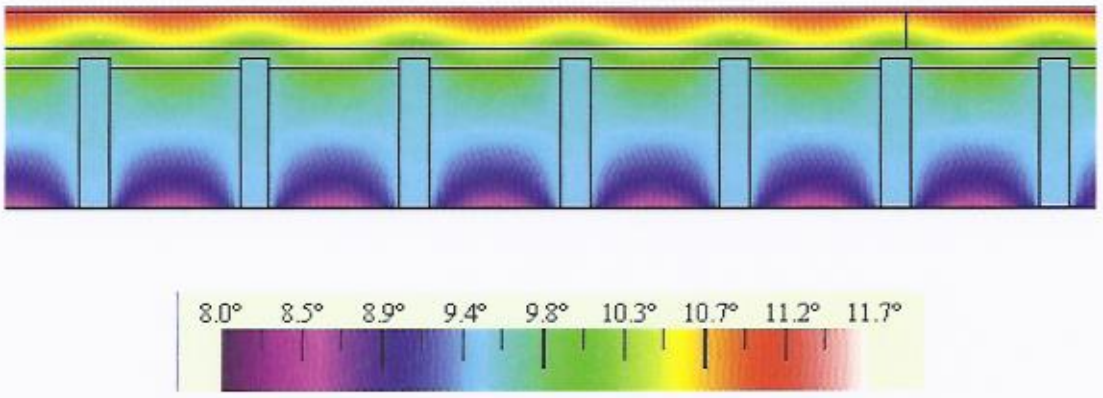


***Fig. 2**: Distribución de temperatura junto con la escala en ºC.*

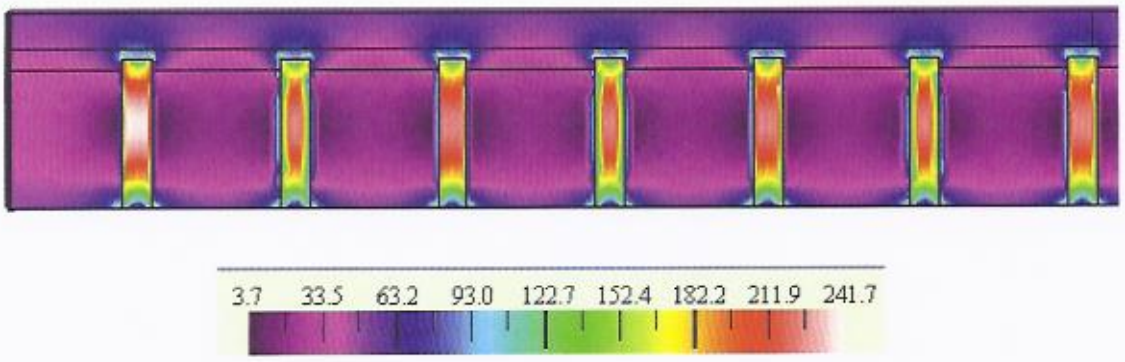


***Fig. 3**: Distribución de flujo de calor junto con la escala en W/m^2.*

- **"LIGNUM HIGH EFFICIENCY® ref. 16-16", con flujo descendente**

$U_{sin\ junta}$ (W/m^{2}K)	$U_{con\ junta}$ (W/m^{2}K)
2,60	2,59

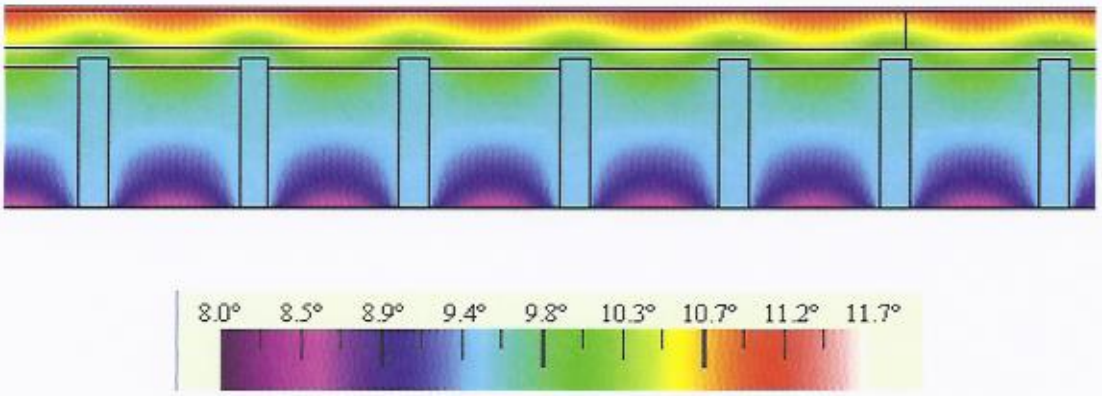


Fig. 4: Distribución de temperatura junto con la escala en °C.

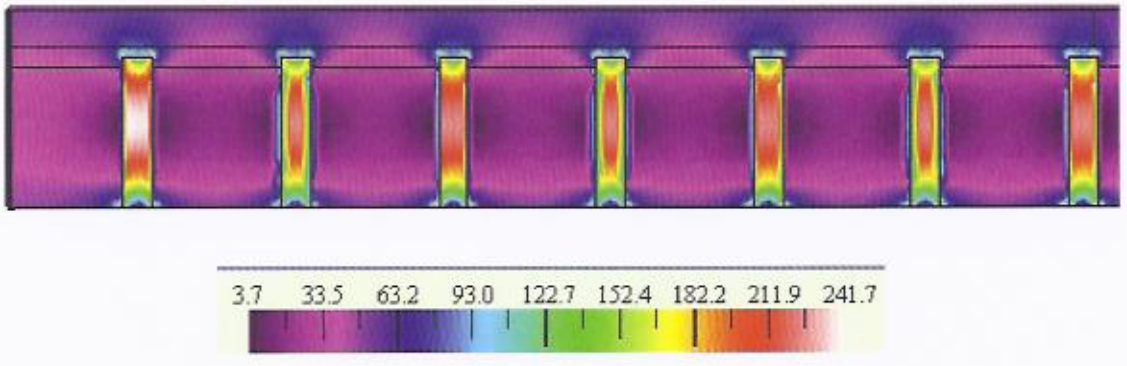


Fig. 5: Distribución de flujo de calor junto con la escala en W/m^2.

6. Procedimiento de cálculo

La muestra no se considera homogénea debido a las inserciones de aluminio. Es por ello, que se ha evaluado la influencia que tienen las inserciones manteniendo la configuración original de ellas en la muestra, véase Fig. 1. La evaluación de la influencia de las inserciones de aluminio se ha llevado a cabo mediante simulación por elementos finitos, y como resultado se ha obtenido la transmitancia térmica, U, del conjunto con el flujo de calor ascendente y descendente.

En cuanto a la transmitancia térmica, se recuerda que ésta se define como:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

La resistencia térmica total, R_T, de un elemento de edificación constituido por capas térmicamente homogéneas perpendiculares al flujo de calor se calculará según la siguiente expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots\ldots R_n + R_{se}$$

donde, R_{si} y R_{se} son las resistencias superficiales interior y exterior, respectivamente y R_1, R_2, ...R_n son las resistencias térmicas de diseño de cada capa.

En este caso, en particular, se obtendrá la Resistencia Térmica del conjunto, soporte central con capa noble de roble con inserciones de aluminio, para los dos casos en los cuales el flujo de calor es ascendente y descendente.

7. Resultados

TRANSMITANCIA TÉRMICA y RESISTENCIA TÉRMICA:

	TRANSMITANCIA TERMICA U, W/m^2K sin junta	TRANSMITANCIA TERMICA U, W/m^2K con junta
Flujo de calor ascendente	**4,09**	**4,08**
Flujo de calor descendente	**2,60**	**2,59**

Cabe destacar que la característica física fundamental para el cliente es la resistencia térmica de la tarima, debido a la aplicación del producto. Este producto va destinado al revestimiento de suelo radiante. Es por ello, que el requisito para el cumplimiento para la colocación del parqué sobre suelo radiante lo rige la norma UNE 56810:2010: "Suelo de madera. Colocación. Especificaciones".

En el apartado 11 "Especificaciones para la colocación de parqué sobre el suelo con sistemas de climatización por suelo radiante" de la norma UNE 56810: 2010 "Suelo de madera. Colocación. Especificaciones", indica lo siguiente:

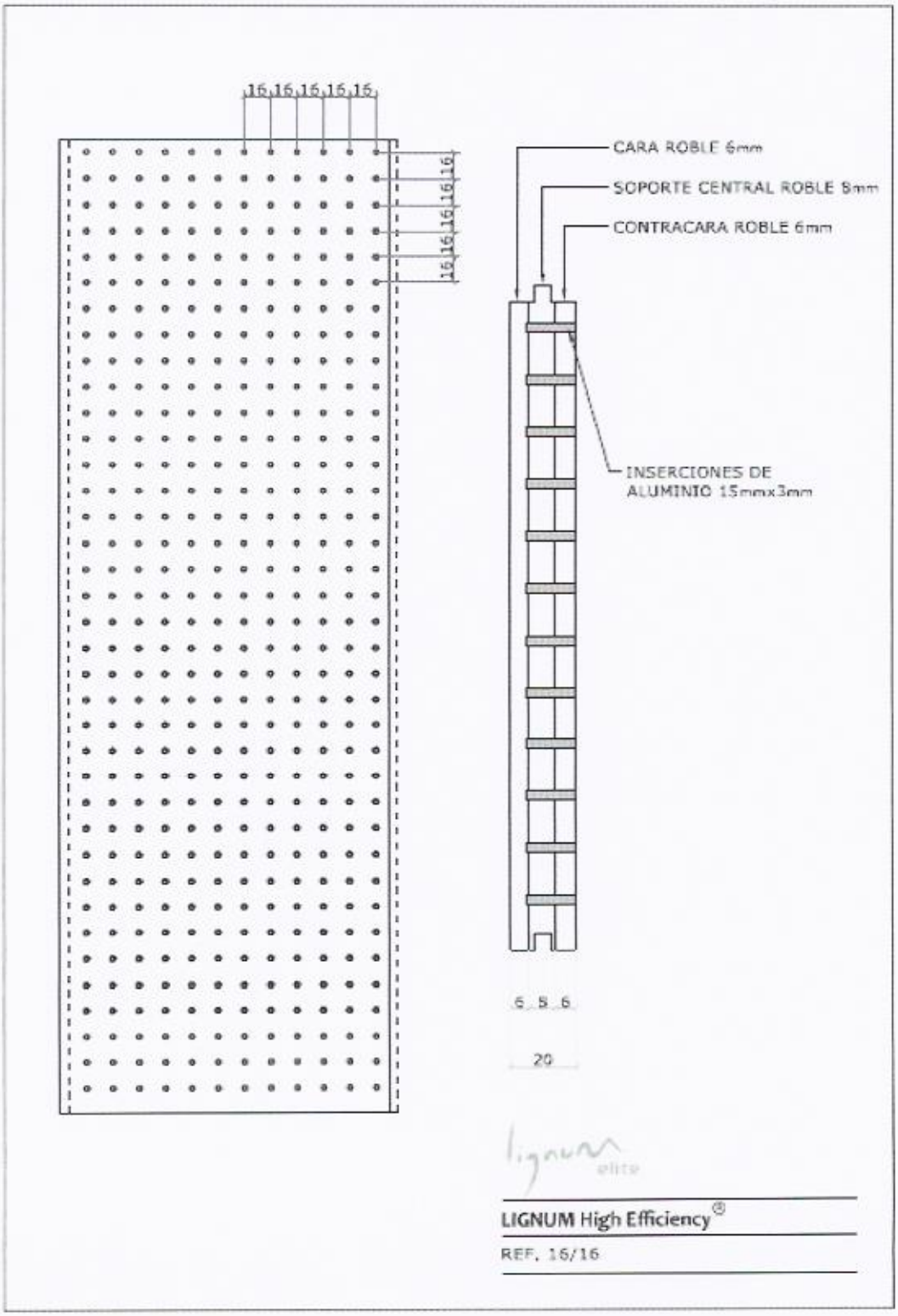
> *11.6 Resistencia térmica del parqué y subcapas:*
> "*La resistencia térmica del conjunto del parqué y subcapas, es decir, de todos los materiales de revestimiento o de soporte que se sitúen por encima de la solera radiante, debe ser como* ***máximo de 0,17m²K/W***"

Por lo que, la resistencia térmica del pavimento de **20mm de espesor** del pavimento de madera con conductores internos es de:

RESISTENCIA TÉRMICA TARIMA sin junta	**R = 0,045 m^2K/W**
RESISTENCIA TÉRMICA TARIMA con junta	**R = 0,045 m^2K/W**

8. ANEXO

PLANO DESCRIPTIVO DE LA COMPOSICION:



Fotografias descrotivas de la muestra ensayada: