



# PAVLAM

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE PAVIMENTACIÓN DE BALDOSAS  
CERÁMICAS DE ESPESOR REDUCIDO.



# PROYECTO

## PAVLAM



Optimización de sistemas de pavimentación de baldosas cerámicas de espesor reducido.

Proyecto financiado por el Instituto Valenciano de Competitividad (IVACE), en la convocatoria de ayudas a centros tecnológicos de la Comunidad Valenciana. Dentro del programa de Proyectos de I+D en cooperación con empresas, con cofinanciación de la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Nota: Los resultados contenidos en este documento deben considerarse como representativos únicamente de las muestras ensayadas. No deben estimarse como valores absolutos, sino como indicativos de tendencias o comportamientos cualitativos.

Para cualquier duda o consulta pueden contactar con Alfredo Beltrán mediante el correo electrónico [alfredo.beltran@itc.uji.es](mailto:alfredo.beltran@itc.uji.es) o llamando al número de teléfono +34 608 38 72 20

# ¿QUÉ ES UNA LÁMINA CERÁMICA?



©idylum

**Según la Norma UNE 138002**

**Lámina cerámica:** denominación comercial de baldosas cerámicas de **muy reducido espesor (normalmente 3-6 mm)** respecto del resto de dimensiones (generalmente longitudes de hasta 3.600 mm y anchuras entre 900 y 1.500 mm), con **muy baja absorción de agua (<0,5%)**. Generalmente no esmaltadas (UGL). Fabricadas por monococción. Sus características las hacen particularmente adecuadas para el revestimiento de fachadas y paredes interiores en edificios de pública concurrencia.



# ¿QUÉ ES UNA LÁMINA CERÁMICA?

Según la Guía de la Baldosa 2019

Medidas usuales	Grosor usual	Tipos	Absorción de agua
Hasta 160 x 365 cm	3 - 6 mm	UGL	≤ 0,5%
		GL	
Carga de rotura	Abrasión UGL	Resistencia a la helada	Resistencia química
300 - 1.400 N	110 - 160 mm <sup>3</sup>	Sí	Sí
	Variable		Variable



# OBJETIVOS PAVLAM

- » Obtener un sistema en el que se pueda utilizar lámina fina de porcelánico **en pavimentos interiores** de edificios (particiones horizontales), con prestaciones mejoradas, y riesgo mínimo de aparición de patologías derivadas de su instalación, uso o mantenimiento
- » Generar conocimiento para el desarrollo de **nuevas aplicaciones** basadas en cerámica de bajo espesor, que permitan **diversificar su uso y aumentar la cuota de mercado** de estos productos, tanto en usos tradicionales como en nuevos o incipientes

# ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA LÁMINA CERÁMICA DE ESPESOR FINO

## Ventajas

### POCAS JUNTAS

Debido a su gran formato, el número de juntas es mínimo. Esto alarga la vida del producto instalado en zonas húmedas, ya que las juntas suelen ser un punto crítico de aparición de patologías.

### REDUCCIÓN TIEMPOS OBRA

Su gran formato permite aumentar el rendimiento de instalación y, por tanto, reducir los tiempos de construcción en obras de grandes dimensiones.

### SISTEMA COLOCACIÓN

En rehabilitación, existe la posibilidad de colocación encima del pavimento existente (siempre y cuando se den las condiciones necesarias para ello)



## Inconvenientes

### DIFÍCIL INSTALACIÓN

Para la instalación de este producto es necesaria la formación de los instaladores. Además, por parte del prescriptor, hay una necesidad de formación de los colocadores.

### DIFÍCIL MANIPULACIÓN

La manipulación no es fácil y la reparación es compleja. Suelen aparecer problemas con la rotura de piezas durante la manipulación/instalación del producto.

### MAYOR COSTE MANO DE OBRA

Debido a su gran formato, para la manipulación del material es necesaria la presencia de dos operarios. Esto incrementa el coste de la mano de obra.

### ACOPIO

En obras de rehabilitación o reforma de interiores, el acopio del gran formato puede ser un problema.

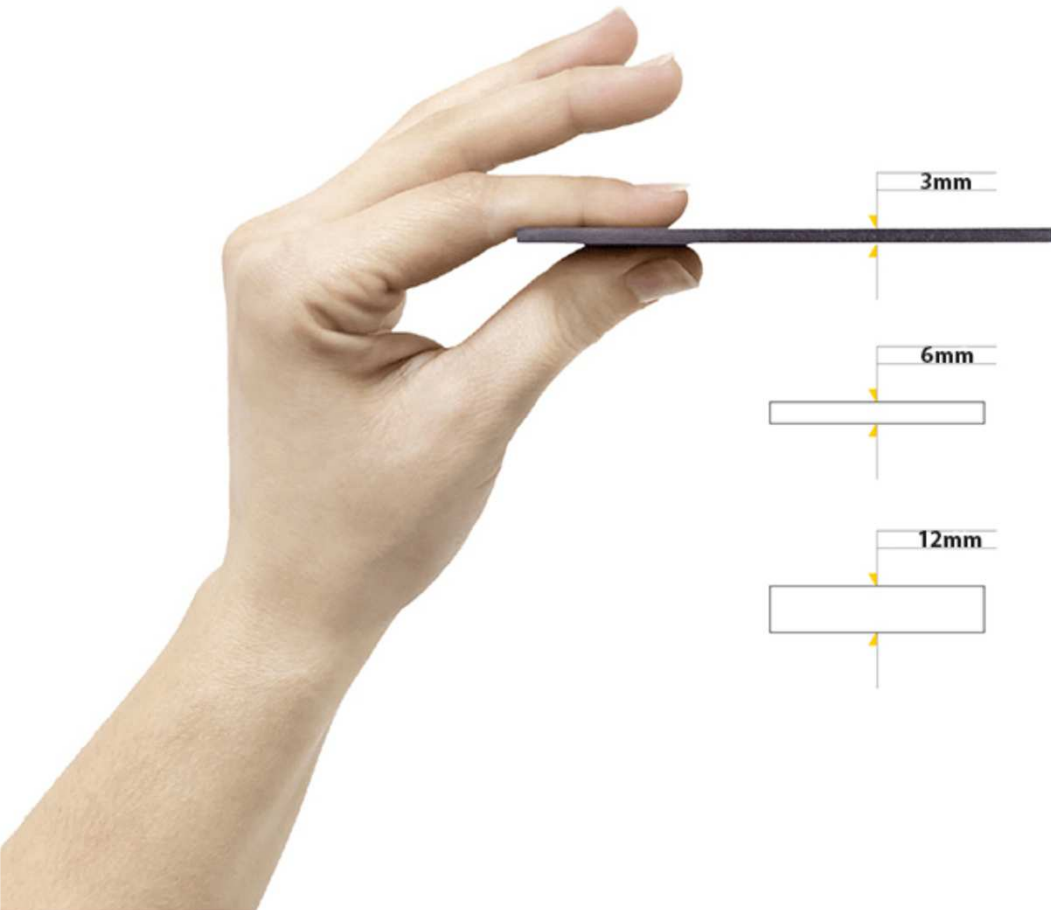
### PATOLOGÍAS

Este material suele presentar una patología recurrente: cejas por mala colocación.

### PIEZAS ESPECIALES

En ocasiones, es difícil encontrar piezas complementarias para los pavimentos como son los rodapiés.

# REQUISITOS LIMITANTES DE LA LÁMINA CERÁMICA RESPECTO AL PORCELÁNICO TRADICIONAL



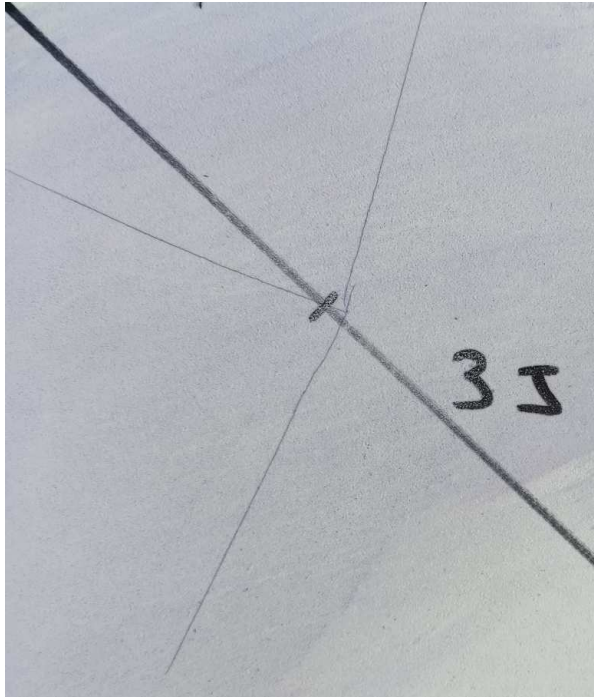
Será necesario estudiar las características asociadas a su bajo espesor:

- *Resistencia mecánica*

Las características superficiales serán las mismas que en el porcelánico tradicional.

- *Resistencia a manchas*
- *Resistencia química*
- *Dureza al rallado, etc*

# USOS DE LÁMINA Y REQUISITOS LIMITANTES



RESISTENCIA AL  
IMPACTO



RESISTENCIA A  
CARGAS



# CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LA LÁMINA CERÁMICA POR SÍ SOLA

Antes de proponer nuevos sistemas, vamos a **CARACTERIZAR LAS LÁMINAS CERÁMICAS POR SI MISMAS**, sin estar asociadas a ningún sistema. Todas las láminas son del mismo modelo y fabricante, en dos espesores diferentes.



Lámina 6mm SIN malla



Lámina 3mm SIN malla



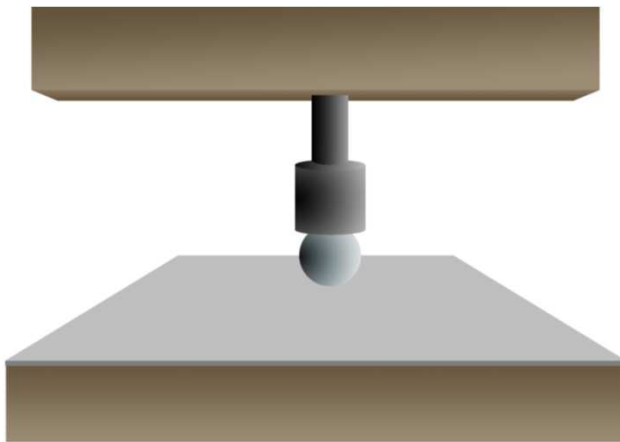
Lámina 6mm CON malla



Lámina 3mm CON malla

## ENSAYOS PARA CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS SIN SISTEMA ASOCIADO

---



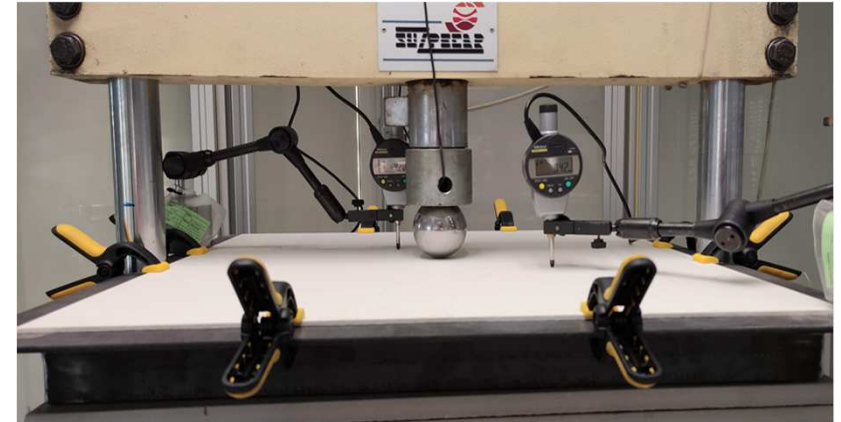
RESISTENCIA A LA CARGA PROGRESIVA



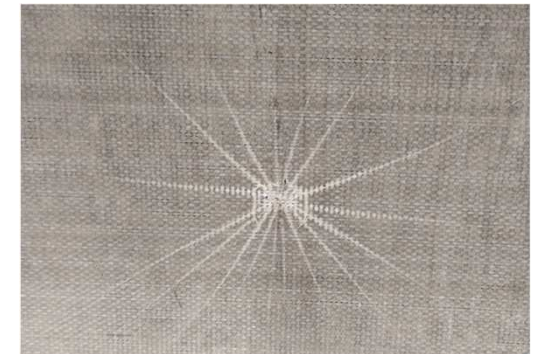
RESISTENCIA AL IMPACTO

## ENSAYO DE CARGA PROGRESIVA

- Piezas de formato **60x60 cm** sobre marco metálico.
- La carga se realiza con un casquete esférico de acero de radio  $r=63,5$  mm y  $m=1000$ g, aplicando sobre las probetas  $F= 5$  kg/s a velocidad constante.



6mm sin malla, cara vista



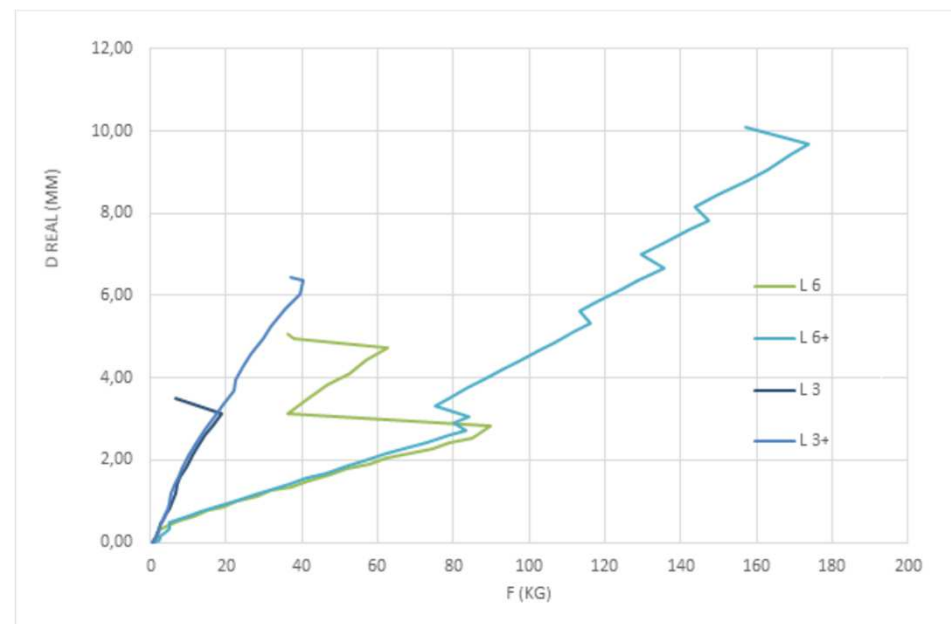
3mm con malla, cara vista y posterior

La carga máxima se determina cuando se produce **un descenso de la carga**, que coincide con la **rotura** de la pieza cerámica.

En las piezas **enmalladas**, existen pequeños saltos en la grafica carga/deformación asociados a que la malla retiene la pieza

Muestra	D en centro (mm)	Carga máxima (kg)	Defecto al final del ensayo
L 6	2,84	89,7	Rotura
L 6 +	9,68	173,7	Fisuras hertzianas+ hundimiento + fisuras radiales
L 3	3,11	17,3	Rotura
L 3 +	6,36	40,5	Fisuras hertzianas+ hundimiento + fisuras radiales

Valores de Deformación (D), Carga máxima y defectos obtenidos tras el ensayo de carga puntual concentrada.

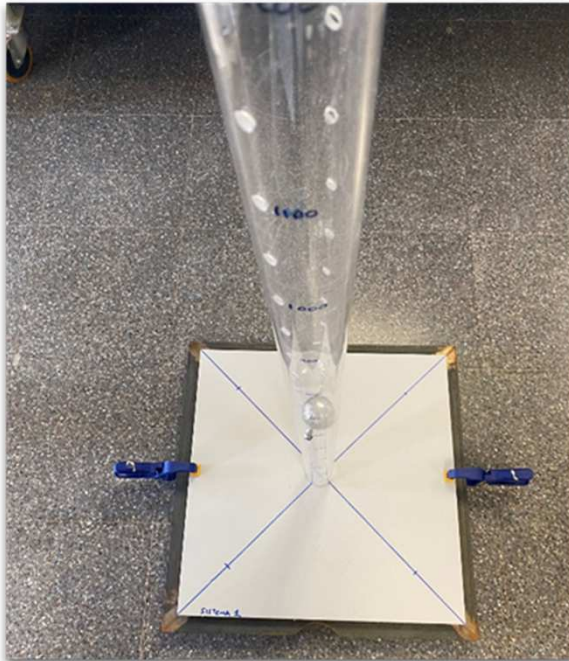


Carga máxima **piezas enmalladas**  $\approx$  2x carga máxima **piezas sin malla**

Carga máxima **piezas 6mm**  $\approx$  4x carga máxima **piezas 3mm**

## ENSAYO DE IMPACTO POR CAIDA DE BOLA

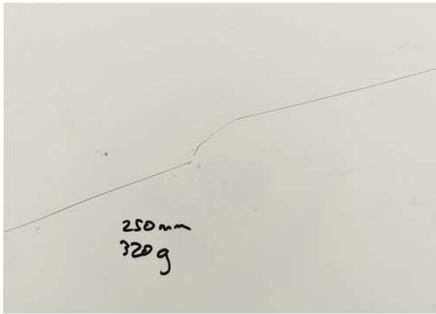
- Piezas de formato 60x60 cm sujetas en un **marco metálico** de las dimensiones habituales de apoyo de las encimeras.
- Impacto con una **bola de acero** con un peso de **320 g** y un diámetro de **42,86 mm**.



El ensayo se realiza dejando caer la bola de acero en el centro de la pieza cerámica desde una altura inicial de 100mm y registrando la aparición de defectos.

Si no hay defectos, se aumenta la altura de caída de bola progresivamente hasta que aparezcan defectos. Para la observación de los defectos, se utiliza azul de metileno

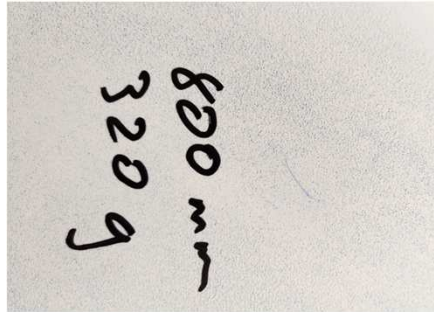
Los incrementos de altura son de 50mm para las láminas cerámicas sin malla, y de 100mm para las láminas cerámicas con malla.



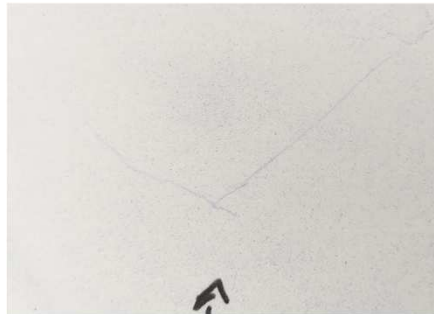
Rotura de la muestra L 6 desde **250 mm**



Rotura de la muestra L 3 desde **150 mm**.



Fisuras radiales en la muestra L 6+ desde **800mm**.



Fisuras radiales en la muestra L 3+ desde **1000 mm**

Muestra	Altura de impacto (mm)	Energía de impacto(J)	Defecto al final del ensayo
L 6	250	0,58	Rotura
L 6 +	800	2,51	Fisuras radiales
L 3	150	0,47	Rotura
L 3 +	1000	3,14	Fisuras radiales

### Resistencia al impacto

- L3+ > L6+ por su mayor capacidad de deformación al no tener apoyo.
- L6 > L3 por su mayor espesor.
- Las piezas con malla no llegan a romper porque esta las retiene.


## CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS CON LÁMINA CERÁMICA SOBRE MARCO METÁLICO

- **ENSAYO DE RESISTENCIA A LA CARGA PROGRESIVA**

Cuando las piezas están al aire sobre un marco, sin capas inferiores, la piezas reforzadas con malla soportan **aproximadamente el doble** que las piezas sin malla

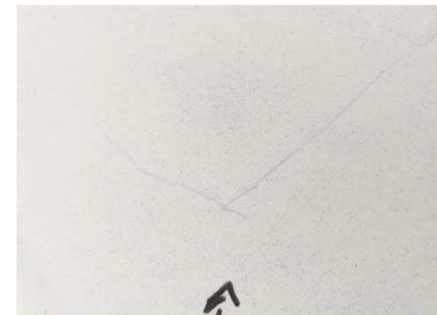


- **ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO EN PIEZAS SOBRE MARCO PERIMETRAL:** sin capas inferiores, el espesor y la malla de refuerzo influyen de forma significativa en el ensayo de impacto.

- A MAYOR ESPESOR DE LÁMINA, MEJOR COMPORTAMIENTO. 
- A MENOR ESPESOR DE LÁMINA, MÁS INFLUENCIA POSITIVA DE LA MALLA DE REFUERZO, POSIBLEMENTE POR LA MAYOR DEFORMABILIDAD DEL CONJUNTO QUE PERMITE ABSORBER MÁS ENERGÍA EN LA DEFORMACIÓN.



- EN PRESENCIA DE MALLA, SE DAN FISURAS RADIALES / SIN MALLA DE REFUERZO, SE DAN FISURAS LINEALES.

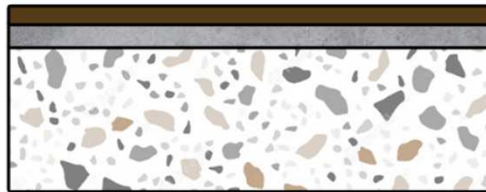




# EVALUACIÓN DE LÁMINA CERÁMICA FORMANDO PARTE DE UN SISTEMA DE COLOCACIÓN

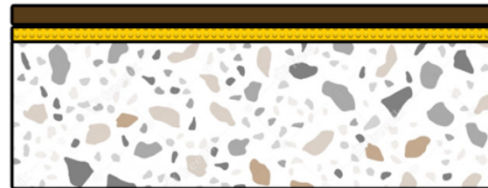
Los sistemas se probarán en probetas de 10x10 con lámina cerámica de distintos espesores y con/sin malla de fibra de vidrio de refuerzo.

Sistema A



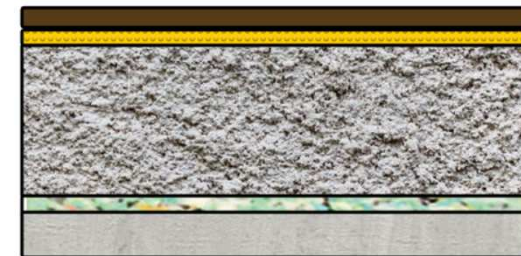
- Lámina cerámica
- Adhesivo cementoso
- Base terrazo 4 cm

Sistema B



- Lámina cerámica
- Lámina biadhesiva
- Base terrazo 4 cm

Sistema C



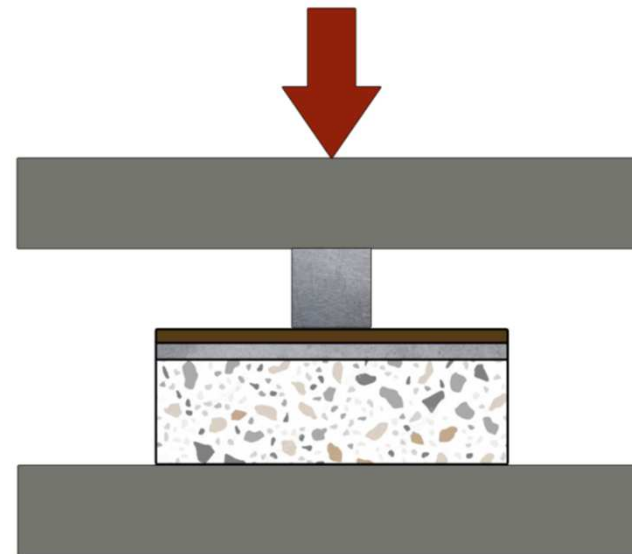
- Lámina cerámica
- Lámina biadhesiva
- Mortero 4 cm
- Fonoaislante 1 cm
- Base hormigón

# PRESTACIONES A EVALUAR EN SISTEMAS

---



1. Resistencia al impacto



2. Resistencia a la carga puntual

## RESISTENCIA A LA CARGA PROGRESIVA PUNTUAL A LOS SISTEMAS CERÁMICOS.

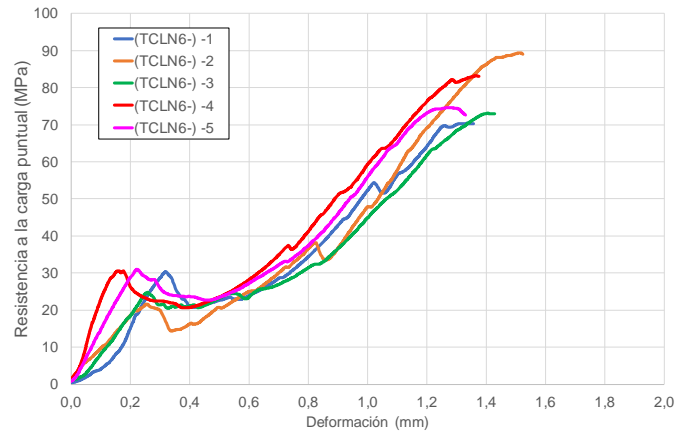
Probetas con geometría cúbica y área cuadrada de **100 mm x 100 mm**.

Se ejerce sobre la cara superior de las probetas, una fuerza progresiva de compresión normal sobre un área rectangular central de **25 x 25 mm** a velocidad de desplazamiento de 5 mm/min hasta provocar su rotura.

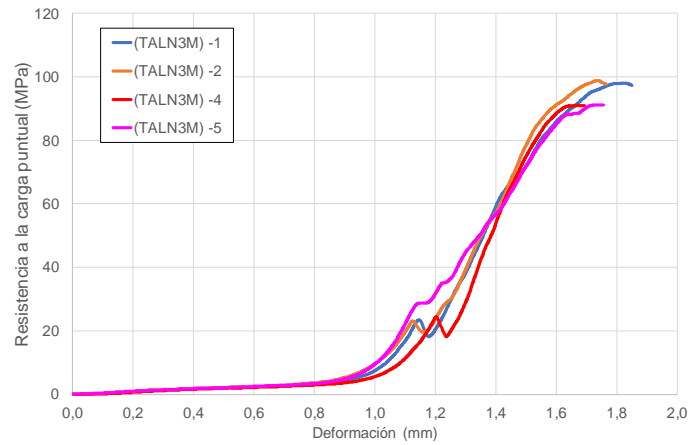
Para ejercer esta presión se utiliza un punzón localizador de carga cúbico de acero templado de **25 x 25 mm** de área (625 mm<sup>2</sup>).

El ensayo se considera terminado cuando se alcanza una carga máxima o la rotura de la baldosa superficial de la probeta.





- Lámina cerámica negra de **6 mm** sin malla de fibra de vidrio
- Adhesivo cementoso
- Terrazo



- Lámina cerámica negra de **3 mm** con malla de fibra de vidrio
- Lámina adhesiva
- Terrazo

## RESULTADOS DEL ENSAYO DE CARGA PROGRESIVA EN SISTEMAS

Llamamos **resistencia a la carga progresiva puntual** al momento en que se produce el primer defecto y **resistencia máxima a la carga puntual** al momento en el que el sistema colapsa

Sistema constructivo	Resistencia a la Carga puntual (Mpa)	Deformación a la Carga puntual (mm)	Resistencia max a la Carga puntual (Mpa)	Deformación max a la Carga puntual (mm)
B 6LM	25,6	1,18	103,4	1,81
A 6LM	27,1	0,35	93,6	1,56
B 3LM	23,6	1,17	91,9	1,8
A 3LM	28,9	0,52	89,9	1,62
B 6L	35,4	1,2	80,9	1,72
A 6L	24,6	0,28	78,1	1,38
B 3L	24,6	1,18	74,8	1,7
A 3L	19	0,4	66,4	1,66
C 6LM	16	12,7	23,6	13,76
C 3LM	19,1	12,51	21,1	13,17
C 6L	13,3	12,22	17,8	13,02
C 3L	15,1	12,71	16,7	13,24

A - Adhesivo cementoso + terrazo

B - Adhesivo alta deformabilidad - terrazo

6L - LAMINA 6 MM

3L - LAMINA 3 MM

6LM - LAMINA 6 MM CON MALLA

3LM - LAMINA 3 MM CON MALLA

Resistencia max. a la carga puntual



Malla refuerzo



Espesor



Cierta influencia de la deformabilidad de la capa de adhesivo

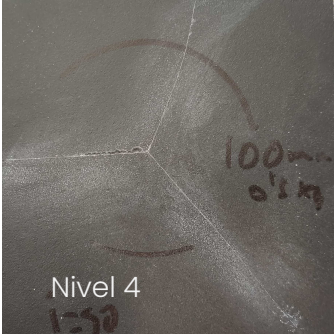


## RESISTENCIA AL IMPACTO EN SISTEMAS CERÁMICOS

La bola de acero de 510g se deja caer desde la altura de ensayo, a partir de 50 mm hasta 1400 mm y a intervalos de 50mm sobre probetas de 10x10 cm

Clasificación según anexo 6 del Cahier 3778\_V4:2020 del Centre Scientifique et Technique du Bâtiment "Détermination de la tenue au choc lourd des carreaux céramiques non émaillés- choc à la bille de 510 g".

Nivel	Defectos aparecidos
0	-Ninguna huella alrededor del punto de impacto
1	-Fisuras circulares alrededor del punto de impacto -Ni fisuras radiales ni desconchados
2	-Fisura(s) radial(es) de longitud $l \leq 5$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
3	-Fisura(s) radial(es) de longitud $5 \text{ mm} < l \leq 10$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
4	-Fisura(s) radial(es) de longitud $l > 10$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
5	-Desconchados (pérdidas de material)



## RESULTADOS DEL ENSAYO DE IMPACTO EN SISTEMAS CERÁMICOS

Sistema constructivo	Altura fallo catastrófico (mm)	Nivel defecto impacto acumulado (mm)	Altura fallo impacto único (mm)	Nivel defecto impacto único (mm)
A 12L	1250	4	1250	0
A 6LM	800	5	800	1
A 6L	750	5	750	1
A 3LM	450	5	450	1
A 3L	400	5	400	1
B 6LM	300	4	300	4
B 12L	300	4	300	0
C 6LM	300	4	300	0
B 3LM	250	3	250	4
C 3LM	250	4	250	0
C 6L	150	4	150	5
B 6L	100	4	100	4
B 3L	50	4	50	4
C 3L	50	4	50	4

A - Adhesivo cementoso + terrazo

B - Adhesivo alta deformabilidad – terrazo

C - Adhesivo alta deformabilidad - Mortero 4 cm - Fonoaislante 1 cm - Base hormigón

12L - LAMINA 12 MM

6L - LAMINA 6 MM

6LM - LÁMINA 6MM CON MALLA

3L - LAMINA 3MM

3LM - LAMINA 3MM CON MALLA

Sistema	E de rotura (J)	Sistema	E de rotura (J)	Sistema	E de rotura (J)
<b>A 6LM</b>	4	<b>B 6LM</b>	1,5	<b>C 6LM</b>	1,5
<b>A 6L</b>	3,75	<b>B 6L</b>	1,25	<b>C 6L</b>	1,25
<b>A 3LM</b>	2,5	<b>B 3LM</b>	0,5	<b>C 3LM</b>	0,75
<b>A 3L</b>	2	<b>B 3L</b>	0,25	<b>C 3L</b>	0,25



capas más rígidas  
con malla refuerzo  
mayor espesor



capas menos rígidas  
sin malla de refuerzo  
menor espesor

## CLASIFICACION DE LOS MEJORES SISTEMAS EN BASE A AMBOS ENSAYOS

El sistema con la **ponderación total inferior** es el que en conjunto presenta un mejor comportamiento frente a las características ensayadas.

Sistema constructivo	Resistencia a la Carga puntual (Mpa)	Ponderación resultados	Deformación a la Carga puntual (mm)	Altura fallo catastrófico (mm)	Ponderación resultados	Nivel defecto impacto acumulado (mm)	Altura fallo impacto único (mm)	Nivel defecto impacto único (mm)	Ponderación total resultados*
AL6+	27,1	0,23	0,35	800	0,00	5	800	1	0,23
AL6	24,6	0,31	0,28	750	0,06	5	750	1	0,37
AL3+	28,9	0,18	0,52	450	0,44	5	450	1	0,62
BL6	35,4	0,00	1,2	100	0,88	4	100	4	0,88
BL6+	25,6	0,28	1,18	300	0,63	4	300	4	0,90
AL3	19	0,46	0,4	400	0,50	5	400	1	0,96
BL3+	23,6	0,33	1,17	250	0,69	3	250	4	1,02
CL3+	19,1	0,46	12,51	250	0,69	4	250	0	1,15
CL6+	16	0,55	12,7	300	0,63	4	300	0	1,17
BL3	24,6	0,31	1,18	50	0,94	4	50	4	1,24
CL6	13,3	0,62	12,22	150	0,81	4	150	5	1,44
CL3	15,1	0,57	12,71	50	0,94	4	50	4	1,51



sistema rígido  
con malla refuerzo  
mayor espesor

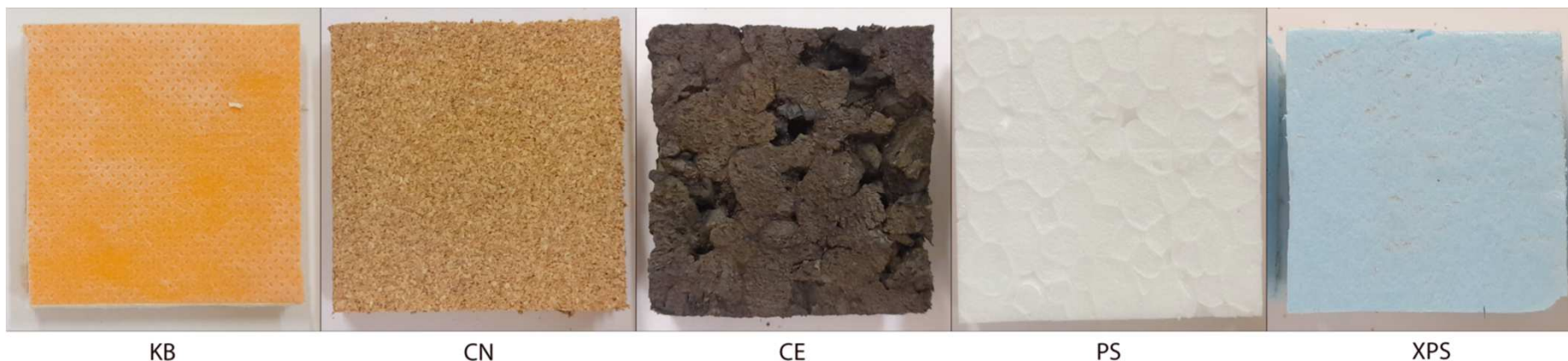


sistema deformable  
sin malla de refuerzo  
menor espesor



## IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES QUE MEJOREN LA RESISTENCIA MECÁNICA Y ESTABILIDAD DEL SISTEMA

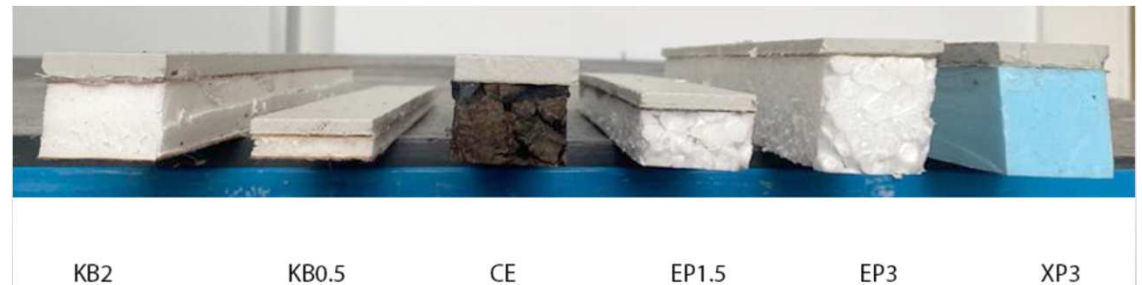
Se realizan ensayos de compresión a 5 materiales aislantes con distintas características de compactación y deformabilidad:



Muestra	M. Elasticidad (KPa)	Deformabilidad
KB 5mm (Soporte multifuncional para recubrimientos cerámicos)	615	más deformable
EPS 15mm (Poliestireno expandido)	844	
CE 20mm (Corcho expandido)	2049	
EPS 30mm (Poliestireno expandido)	2260	
KB 20mm (Soporte multifuncional para recubrimientos cerámicos)	3155	
CE 5mm (Corcho expandido)	3785	
CN 10mm (Corcho natural aglomerado)	4624	
XPS 30mm (Poliestireno extruido)	10816	menos deformable

# ENSAYOS CON SUBCAPAS DEFORMABLES

## MATERIALES UTILIZADOS



Las láminas se han adherido a las subcapas mediante una fina capa de silicona, salvo aquellas cuya referencia indica C2, en las que se ha utilizado un adhesivo cementoso

Distancia para medidas de deformación (14 cm desde el centro).

Piezas cerámicas sin subcapa ensayadas con distancia entre apoyos 26 cm

# INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS SOBRE MATERIALES BAJO LÁMINA



- Las subcapas deformables contribuyen a aumentar significativamente el comportamiento respecto a la pieza sin apoyo.
- En general **↑** Deformabilidad **↓** Resistencia mecánica
- En piezas libres, sin subcapas, se alcanza **↑** Deformación y **↓** Fuerza de rotura
- Las diferentes subcapas no afectan del mismo modo a piezas de diferentes espesores en términos de deformación, por lo que no se puede hacer generalizaciones y se debe estudiar cada sistema propuesto por separado
- La Fuerza de Rotura sí que presenta comportamientos parecidos independientemente del espesor de la pieza cerámica.

## INFLUENCIA DE LA MASA DE LA BOLA EN LOS ENSAYOS DE IMPACTO

---



130 g



225 g



510g

En los ensayos de impacto, se propone hacer pruebas con una **misma energía**, pero con **bolas de acero de distintas masas** para averiguar si para una energía determinada, el aumento de la masa de la bola, con la consiguiente disminución de velocidad de impacto, ejerce una influencia en los daños producidos.

Según la fórmula de la Energía potencial: Y la de Energía cinética:

$$E=mgh$$

$$E= 1/2mv^2$$

Por lo tanto, para una misma Energía, **al aumentar la masa la velocidad de impacto será menor** y también lo será la altura desde la que se provoca el impacto.

# INFLUENCIA DE LA MASA DE LA BOLA EN LOS ENSAYOS DE IMPACTO



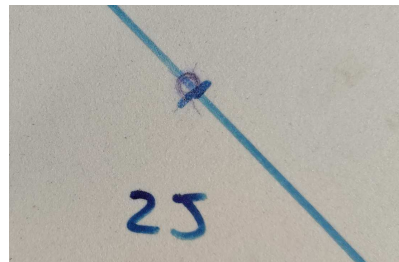
Sistema E: 6LM + C2+ H40



Sistema E: 6L+ C2+ H60 +F10



E=3J, bola 510g



E=2J, bola 510g



E=3J, bola 225g



E=2J, bola 130g

A IGUALDAD DE ENERGÍA

↓ tamaño de la bola y ↑ altura caída

EL DAÑO PRODUCIDO ES MAYOR,  
TANTO EN SISTEMAS RÍGIDOS COMO  
DEFORMABLES

# Diseño de los sistemas modificados como pavimento a ensayar y validar

## *OBRA NUEVA*



## *REHABILITACIÓN*



Se ensayarán probetas de 30x30 de cada uno de los sistemas propuestos

# TRÁNSITO PEATONAL RESIDENCIAL PRIVADO CON DESPLAZAMIENTO DE CARGAS LIGERAS



©arklam

## Sistema A: **REHABILITACIÓN**



Lámina 3mm con malla  
Lámina biadhesiva deformable

Terrazo 3cm

## Sistema B:



Lámina 3mm con malla  
Adhesivo cementoso

Recrecido monolítico de 4cm

## Sistema C:



Lámina 3mm con malla  
Adhesivo cementoso

Recrecido monolítico de 6cm

Sistema aislante con lámina  
flotante de 1cm

**OBRA NUEVA**

# TRÁNSITO PEATONAL PÚBLICO O COMERCIAL CON DESPLAZAMIENTO DE CARGAS MEDIAS



@todagres

## Sistema D: **REHABILITACIÓN**



Lámina 6mm con malla  
Lámina biadhesiva deformable

Terrazo 3cm

## Sistema E:



Lámina 6mm con malla  
Adhesivo cementoso

Recrecido monolítico de 4cm

## Sistema F:



Lámina 6mm sin malla  
Adhesivo cementoso

Recrecido monolítico de 6cm

Sistema aislante con lámina  
flotante de 1cm

**OBRA NUEVA**

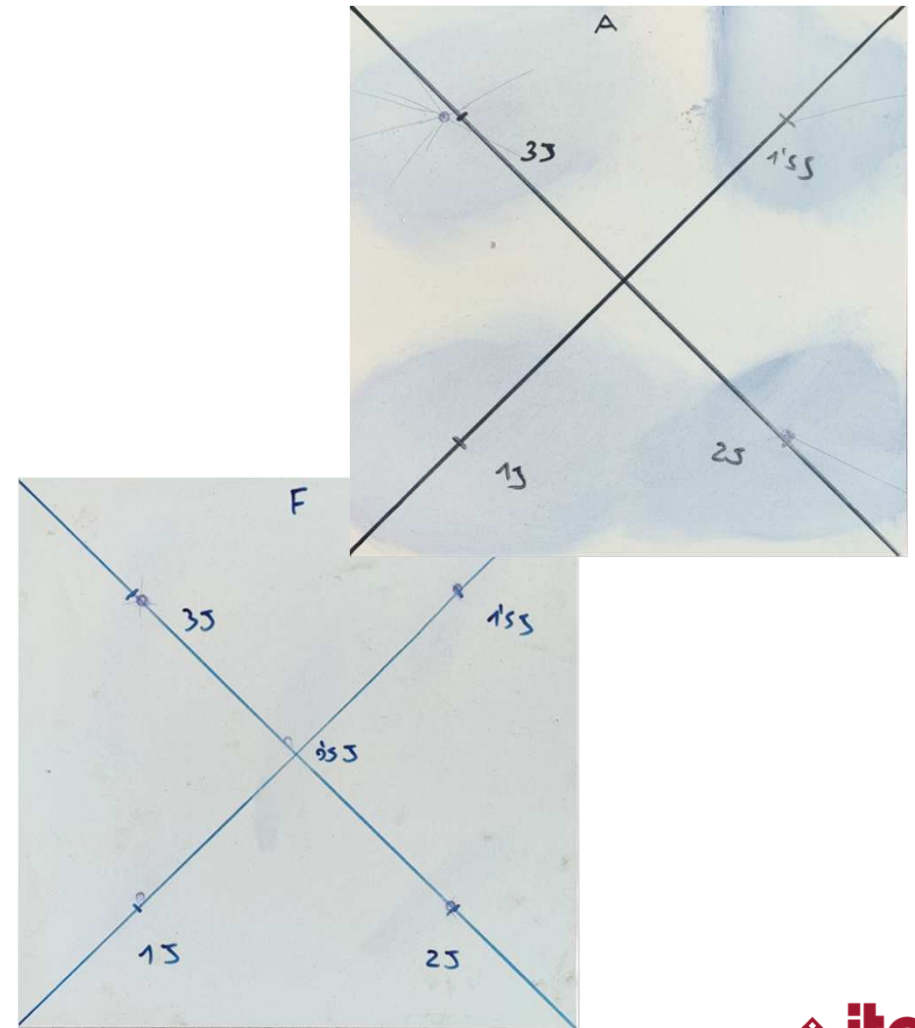


## RESISTENCIA AL IMPACTO EN SISTEMAS CERÁMICOS

El ensayo de impacto se ha realizado **sobre probetas de 30x30cm** de los diferentes sistemas a evaluar con una **bola de 510g**, empezando a **3J** por las esquinas y bajando Energía si aparecen defectos.



"Détermination de la tenue au choc lourd des carreaux céramiques non émaillés-choc à la bille de 510 g".

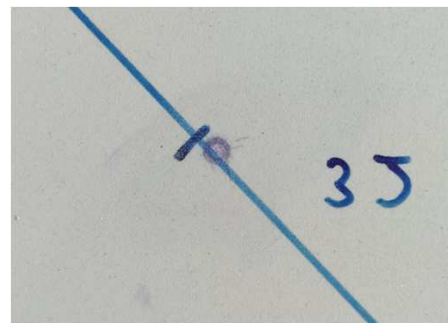


# RESULTADOS DEL ENSAYO DE *RESISTENCIA AL IMPACTO* EN SISTEMAS CERÁMICOS

Sistema	¿PRESENTA DEFECTOS NIVEL ≤ 3?					Energía (J) con Nivel ≤ 3
	3 J	2 J	1,5 J	1 J	0,5 J	
A	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	1
B	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	1,5
C	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	1,5
D	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO	1
E	NO	NO	NO	NO	NO	3
F	SÍ	NO	NO	NO	NO	2

Nivel	Defectos aparecidos
0	-Ninguna huella alrededor del punto de impacto
1	-Fisuras circulares alrededor del punto de impacto -Ni fisuras radiales ni desconchados
2	-Fisura(s) radial(es) de longitud $l \leq 5$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
3	-Fisura(s) radial(es) de longitud $5 \text{ mm} < l \leq 10$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
4	-Fisura(s) radial(es) de longitud $l > 10$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
5	-Desconchados (pérdidas de material)

Criterio de aceptación: impacto de 3J con defecto  $\leq 3$



1 DEFECTO nivel 1  
3 DEFECTOS nivel 2



Lámina 6mm con malla  
Adhesivo cementoso

Recrecido monolítico de 4cm

# RESISTENCIA MECÁNICA A LA CARGA PUNTUAL EN SISTEMAS CERÁMICOS



Maquetas 30x30cm  
Fuerza progresiva a 5mm/min  
Punzón cilíndrico 28mm de diámetro  
Intervalo de Fuerzas : 8,16,20,25 (Mpa)

Criterio de comparación de los resultados, basado en especificaciones de diseño de la norma UNE 138002 para sistemas cerámicos, es:

- **16N/mm<sup>2</sup> para TRÁNSITO PEATONAL RESIDENCIAL PRIVADO CON DESPLAZAMIENTO DE CARGAS LIGERAS**
- **20N/mm<sup>2</sup> para TRÁNSITO PEATONAL PÚBLICO O COMERCIAL CON DESPLAZAMIENTO DE CARGAS MEDIAS**

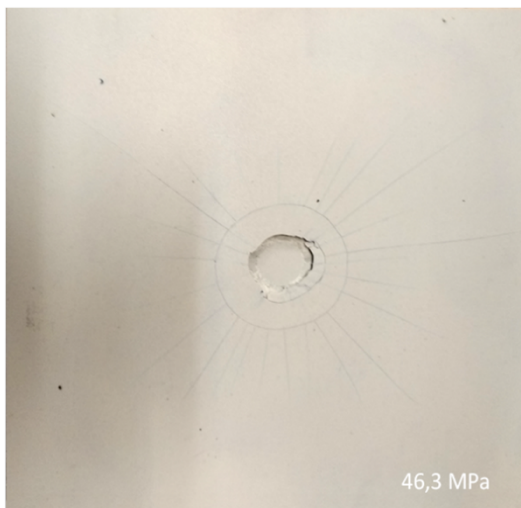
# RESISTENCIA MECÁNICA A LA CARGA PUNTUAL EN SISTEMAS CERÁMICOS

Ref	USO	Carga puntual REFERENCIA (MPa)	Deformación alcanzada (mm)	Observación defecto	Sonido de rotura	SUPERA VALOR DE REFERENCIA
A	RESIDENCIAL PRIVADO CARGAS LIGERAS	16	1,5	NO	1/3	SI
B		16	0,32	Sí (circular) 2/3	0/3	NO
C		16	5,5	Sí (circular+radial) 3/3	3/3	NO
D	PEATONAL PÚBLICO CON CARGAS MEDIAS	20	1,5	NO	3/3	SI
E		20	0,22	NO	0/3	SI
F		20	6,0	1/3 (circular)	3/3	NO



## DEFECTOS OBSERVADOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA A LA CARGA PUNTUAL EN SISTEMAS CERÁMICOS

Ref	USO	Carga puntual REFERENCIA (MPa)	Deformación alcanzada (mm)	Observación defecto	Sonido de rotura	SUPERA VALOR DE REFERENCIA
A	RESIDENCIAL PRIVADO CARGAS LIGERAS	16	1,5	NO	1/3	SI
B		16	0,32	Sí (circular) 2/3	0/3	NO
C		16	5,5	Sí (circular+radial) 3/3	3/3	NO
D	PEATONAL PÚBLICO CON CARGAS MEDIAS	20	1,5	NO	3/3	SI
E		20	0,22	NO	0/3	SI
F		20	6,0	1/3 (circular)	3/3	NO



Sistema A hasta rotura



Sistema B hasta rotura

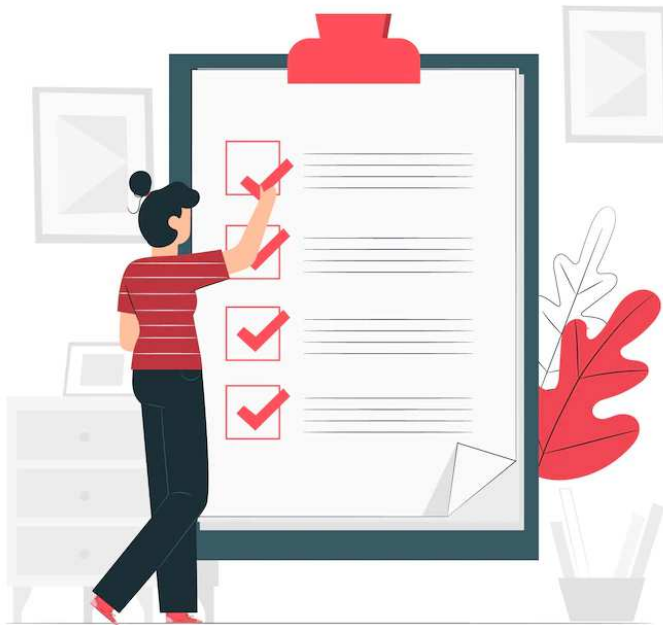


Sistema F hasta rotura

# INFLUENCIA DE LOS DISTINTOS FACTORES EN EL ENSAYO DE IMPACTO

---

Con este ensayo se pretende comprobar la influencia de:



- **tipo de lámina**
  - Fabricante A: **5LM** Lámina de 5mm con malla
  - Fabricante B: **6LM** Lámina de 6mm con malla
- **tipo de soporte**
  - Al aire sobre marco metálico
  - formando parte de un sistema
- **formato de la probeta**
  - 60x60
  - 30x30

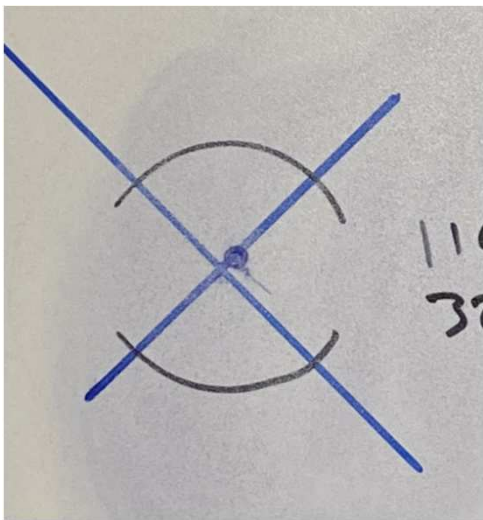
El ensayo se realiza dejando caer la **bola de acero de 320g** en el centro de la pieza cerámica desde una altura inicial de 800mm (2,5J) en el centro de las probetas.

Si no hay defectos, se aumenta la altura de caída de bola progresivamente hasta que aparezcan defecto a incrementos de altura de 100mm. Para la observación de los defectos, se utiliza un colorante de azul de metileno al 1%. Todos estos ensayos se han realizado con silicona como puente de unión.

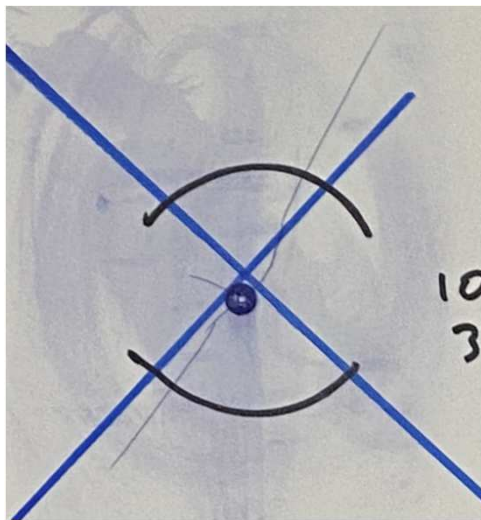


	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA B (MARCO METÁLICO)	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E
<b>FORMATO</b>	60x60	60x60	60x60	60x60	<i>30x30</i>	<i>30x30</i>
<b>LÁMINA</b>	<i>5LM</i>	6LM	6LM	6LM	6LM	6LM
<b>SOPORTE</b>	KB20	KB20	KB20	<i>KB5</i>	KB20	<i>KB5</i>

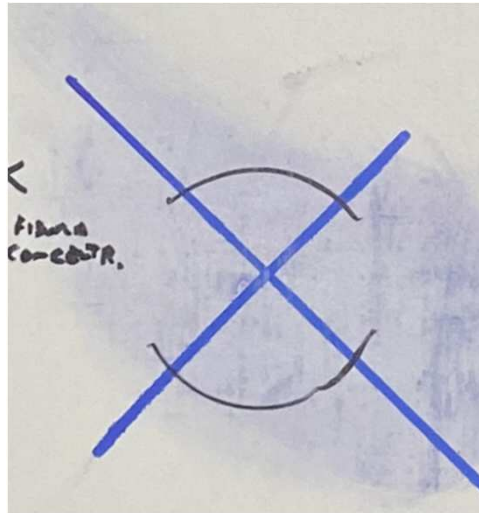
**SISTEMA A:** 1100J nivel 3



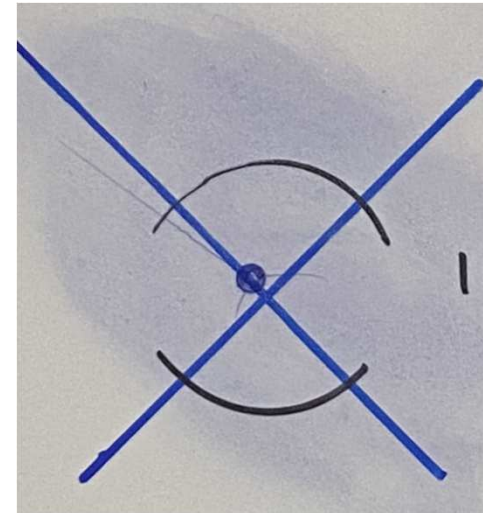
**SISTEMA B:** sin marco 1000J nivel 4



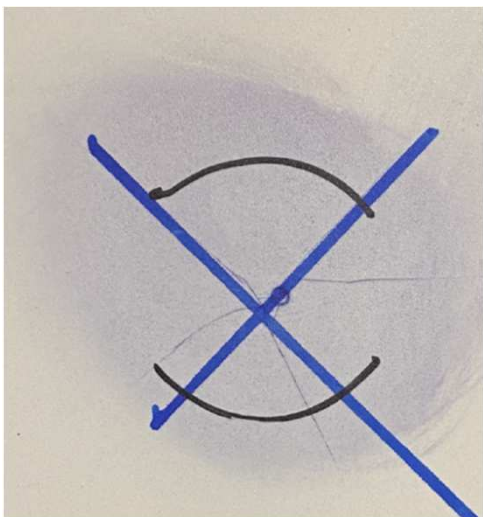
**SISTEMA C:** con marco 800J nivel 1



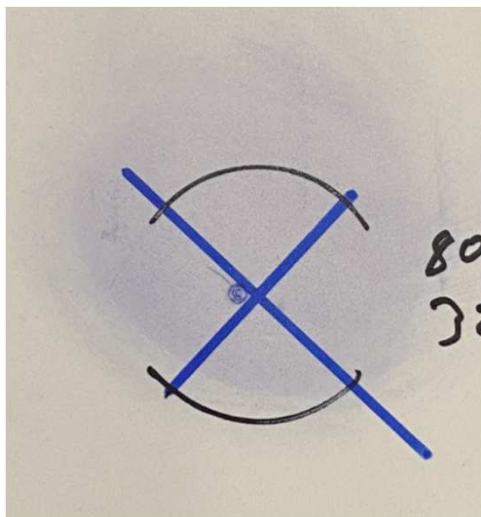
**SISTEMA C:** 1000J nivel 4



**SISTEMA D:** 1100J nivel 4



**SISTEMA E:** 800J nivel 3



Nivel	Defectos aparecidos
0	-Ninguna huella alrededor del punto de impacto
1	-Fisuras circulares alrededor del punto de impacto -Ni fisuras radiales ni desconchados
2	-Fisura(s) radial(es) de longitud $l \leq 5$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
3	-Fisura(s) radial(es) de longitud $5 \text{ mm} < l \leq 10$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
4	-Fisura(s) radial(es) de longitud $l > 10$ mm (precisar el número) -Ningún desconchado
5	-Desconchados (pérdidas de material)



## RESULTADOS ENSAYO DE IMPACTO SOBRE SISTEMAS CERÁMICOS CON LÁMINA

	SISTEMA A	SISTEMA B	SISTEMA B (MARCO)	SISTEMA C	SISTEMA D	SISTEMA E
<b>FORMATO</b>	60x60	60x60	60x60	60x60	30x30	30x30
<b>LÁMINA</b>	5LM	6LM	6LM	6LM	6LM	6LM
<b>SOPORTE</b>	KB20	KB20	KB20	KB5	KB20	KB5
<b>ALTURA(mm)</b>	1100	1000	800	1000	800	1000
<b>ENERGÍA (J)</b>	3,5	3,1	2,5	3,1	2,5	3,1
<b>DEFECTO NIVEL</b>	3	4	1	3	4	3

## CONCLUSIONES SOBRE EL ENSAYO DE IMPACTO SOBRE SISTEMAS CERÁMICOS CON LÁMINA

---

- Los resultados dependen, en parte, de las características propias de la lámina. Por ejemplo, una lámina de **5mm con malla del proveedor A** ofrece **mejores resultados** que una lámina de **6mm con malla del proveedor B**.
- **El espesor del soporte deformable no influye en el resultado final**. Se obtienen prácticamente los mismos resultados para espesores de soporte de 0,5cm y 1,5cm.
- El resultado en probetas de **60x60 es equivalente** al resultado en probetas de **30x30**.
- Los resultados indican **una exigencia importante en los ensayos**, por lo que debemos **comprobar** estos ensayos en sistemas con **piezas de porcelánico de espesor tradicional**.

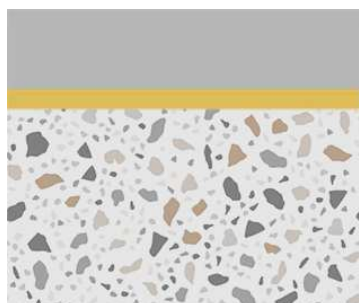


# PROPUESTA DE SISTEMAS MEJORADOS Y COMPROBACIÓN DE SISTEMAS DE ESPESOR TRADICIONAL

# RESISTENCIA A LA CARGA PROGRESIVA PUNTUAL Y AL IMPACTO

## PROPUESTA DE SISTEMAS MEJORADOS Y COMPROBACIÓN DE SISTEMAS DE ESPESOR TRADICIONAL

### SISTEMAS CON PORCELÁNICO DE 12mm



**K**

Porcelánico 12mm  
Lámina biadhesiva 3mm  
Terrazo 3mm



**L**

Porcelánico 12mm  
Adhesivo cementoso C2  
Hormigón 60 mm

### SISTEMAS CON LÁMINA CERÁMICA



**H**

Lámina 3mm con malla  
Lámina biadhesiva 3mm  
Terrazo 3mm



**I**

Lámina 3mm con malla  
Lámina biadhesiva 3mm  
XPS 3mm



**J**

Lámina 6mm con malla  
Adhesivo cementoso C2  
KB 5mm

# RESULTADOS RESISTENCIA MECÁNICA EN SISTEMAS

## PROPUESTA DE SISTEMAS MEJORADOS Y COMPROBACIÓN DE SISTEMAS DE ESPESOR TRADICIONAL

Ref	Sistema	Carga puntual máxima (MPa)	Carga (kgf)	Deformación Alcanzada (mm)	Observación defecto	Sonido de rotura	Impacto (Energía / Nivel)
TRADICIONAL	L12 C2S2 H60	120,0	7657	0,69	Sí (120 MPa)	Sí (25 MPa)	3 J (1x1)
K	L12 Bi3 T30						1 J (3x4)
H	3LM Bi3 T30	16,0	1017	1,05	Sí (16 MPa)	Sí (8 MPa)	1,5 J (1x4) / 1 J (0)
I	6LM Bi3 XPS30	2,1	135	1,59	Sí (8 MPa)	Sí (8 MPa)	1,5 J (3x4) / 1 J (0)
J	6LM C2S2 KB5	2,1	135	0,92	Sí (8 MPa)	Sí (8 MPa)	1,5 J (1x4) / 1 J (0)

- ✓ Respecto al comportamiento **frente a carga progresiva**, el sistema tradicional con todas las **capas rígidas y baldosa** de espesor estándar cumple sobradamente.
- ✓ **Capas deformables**, incluso sin estar en contacto directo con la cerámica, afectan significativamente al disminuir el comportamiento, llegando incluso a aparecer defectos a cargas pequeñas.
- ✓ **Frente al impacto**, el **sistema rígido** con baldosas de espesor estándar cumple con requerimientos.
- ✓ **La lámina adhesiva**, inmediatamente bajo la lámina cerámica, independientemente de la rigidez de las capas inferiores, hace que haya buen comportamiento **a energías de impacto muy bajas** (hasta 1 J).
- ✓ **La lámina adhesiva** pasa directamente a incumplir con especificaciones en el momento que aparece defecto (a 1,5 J), lo cual parece indicar que en el momento que se supera la resistencia crítica, existe un comportamiento frágil muy acusado (muy poco tenaz).

# CONCLUSIONES

---



- Se ha desarrollado un **conjunto de ensayos** para evaluar las prestaciones mecánicas de los **sistemas cerámicos** para el uso como pavimento.
- Atendiendo al comportamiento mecánico de los sistemas de pavimento cerámico, las tensiones generadas pueden ser de alta velocidad (**impacto**) o de baja velocidad (**carga progresiva**). En un sistema de capas rígidas, el espesor de la lámina influye significativamente en el comportamiento. En sistemas con capas deformables, la compatibilidad del nivel de deformación influye significativamente en la mejora de comportamiento.
- Es importante **diseñar los sistemas** para equilibrar las prestaciones frente a estos fenómenos o para favorecer el más relevante **según el uso** que se les vaya a dar, considerando el espesor del material cerámico y elementos de refuerzo y la deformabilidad de las capas.
- El **enmallado de refuerzo** mejora el comportamiento, aunque más significativamente en los sistemas deformables que en los rígidos.

# LÁMINA CERÁMICA

Gracias por su interés

