

1. En climas fríos, el color de la pizarra¹ natural de CUPA se mantiene inalterable durante toda la vida. La pizarra de Cupa mantiene el color entre 2,13 y 2,61 veces más de lo que lo hace la cerámica y el hormigón.

Para hacer esta aseveración, todos los materiales se han sometido a un envejecimiento por hielo-deshielo. Con este envejecimiento, se reproduce las condiciones medioambientales de ambientes fríos donde se producen heladas. Con las heladas, el agua que está en el interior del material se puede congelar, creando un aumento de volumen que crea tensiones en el interior de este, lo que puede acortar sensiblemente su vida útil.

Para realizar el envejecimiento por hielo-deshielo, se ha seguido la norma “UNE EN 12326-2:2012. Productos de pizarra y piedra natural para tejados inclinados y revestimientos. Esta norma indica que debes hacer 50 ciclos de hielo-deshielo. Para ser más restrictivos hemos realizado 600 ciclos.

Para evaluar el posible cambio de color producido por los tres tipos de envejecimientos, se ha utilizado un colorímetro. Para medir el cambio de color entre dos muestras utilizamos el parámetro diferencia de color total (ΔE^*).

A continuación, se puede ver los resultados de las diferencias de color que se producen tras los ensayos de envejecimiento comentados anteriormente.

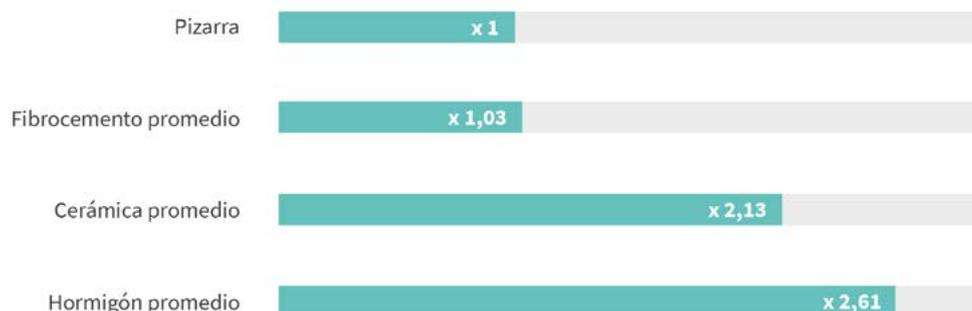
ΔE^* TRAS 600 CICLOS HIELO DESHIELO										
	PIZARRA	FIBROCEMENTO ETERNIT TECNA (ET)	FIBROCEMENTO ETERNIT CLASSIQUE (EK)	FIBROCEMENTO CEMBRIT JUTLAND (JR)	HORMIGÓN MONIER (NM)	HORMIGÓN COBERT (CB)	HORMIGÓN REDLAND (RO)	CERÁMICA LA ESCANDELLA (PL)	CERÁMICA VEEVA (VE)	CERÁMICA KORAMIC (KO)
HIELO-DESHIELO	0,74	1,25	0,44	0,59	2,76	1,37	1,66	0,67	2,45	1,61
PROMEDIO	0,74	0,76			1,93			1,58		
COMPARATIVA	1,00	1,03			2,61			2,13		

Algunos de los valores no son visibles por el ojo humano o solo un observador experimentado puede notar la diferencia. Existe un valor de ΔE^{*2} en el cual la diferencia entre dos colores es apenas perceptible por el ser humano, estaríamos hablando del JND “just noticeable difference”. Según bibliografía estudiada, se puede considerar un ΔE^* de 2,3 como JND o un observador³ estándar ve la diferencia de color de la siguiente manera, cuando:

- $0 < \Delta E < 1$ - el observador no nota la diferencia,
- $1 < \Delta E < 2$ - sólo un observador experimentado puede notar la diferencia
- $2 < \Delta E < 3.5$ - un observador sin experiencia también nota la diferencia,
- $3.5 < \Delta E < 5$ - se nota una clara diferencia de color,
- $5 < \Delta E$ - el observador nota dos colores diferentes.

En el siguiente gráfico se pueden ver los valores promedio, de tres marcas diferentes por tipo de material, de la variación de color tras envejecimiento por hielo-deshielo tras 600 ciclos.

COMPARATIVA TRAS HIELO-DESHIELO



¹ Ensayos realizado con Pizarra de primera calidad

² MOKRZYCKI W.S. y TATOL M (2011) “Colour difference ΔE - A survey” en Machine Graphics and Vision

³ Color difference Delta E - A survey

2. En ambientes agresivos como zonas costeras, el brillo de las tejas de fibrocemento, cerámicas y hormigón varían respectivamente 3,29, 3,38 y 8,63 veces más de lo que lo hace la pizarra natural de CUPA⁴ .

Para hacer esta afirmación, todos los materiales estudiados se han sometido a un envejecimiento en una cámara con niebla salina. Con este ensayo se pretende reproducir las condiciones medioambientales que puede haber en zonas costeras debido a la presencia de sales en el ambiente.

Para realizar el envejecimiento por niebla salina, se ha seguido la norma “UNE EN 14147:2004: Método de ensayo para la piedra natural”. Determinación de la resistencia al envejecimiento por niebla salina. Se han realizado 60 ciclos tal como indica la norma.

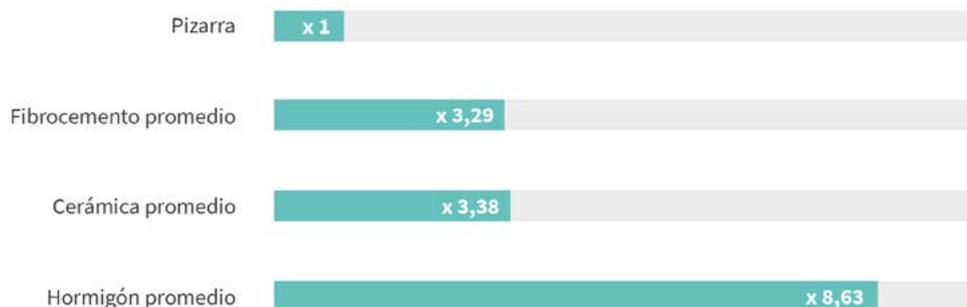
Para evaluar el posible cambio de color producido por los tres tipos de envejecimientos, se ha utilizado un bróilómetro.

Para evaluar el cambio de brillo, la unidad de medida para el brillo es la Unidad de brillo (GU). La escala de medición va desde 0 GU a 300 GU, donde 0 = una superficie completamente mate y 300 = un espejo perfecto.

	VARIACIÓN DE BRILLO TRAS NIEBLA SALINA									
	PIZARRA	FIBROCEMENTO			HORMIGÓN			CERÁMICA		
	Pizarra	Fibrocemento Eternit Tecta (ET)	Fibrocemento Cembrit Jutland (JR)	Fibrocemento Eternit Classique (EK)	Hormigón Monier (MN)	Hormigón Redland (RO)	Hormigón Cobert (CB)	Cerámica La Escandella (PL)	Cerámica Koramik (KO)	Cerámica Vereva (VE)
Brillo inicial (GU)	2,97	1,20	11,79	6,31	1,72	0,77	1,23	3,93	1,28	1,28
Brillo final (GU)	2,88	1,30	11,03	5,49	1,18	0,68	0,86	3,63	1,26	1,53
Variación de brillo (%)	-3%	8%	-6%	-13%	-31%	-11%	-30%	-8%	-2%	-19%
Variación de brillo	3%	8%	6%	13%	31%	11%	30%	8%	2%	19%
Comparativa Individual	1,00	2,97	2,28	4,63	11,13	4,02	10,73	2,75	0,65	6,75
Comparativa valor medio	1,00	3,29			8,63			3,38		

En el siguiente gráfico se pueden ver los valores promedio, de tres marcas diferentes por tipo de material, de la variación del brillo tras envejecimiento por 300 ciclos de hielo deshielo.

COMPARATIVA DE BRILLO VALOR MEDIO TRAS NIEBLA SALINA



3. En ambientes fríos, la pizarra natural de CUPA⁵ mantiene su resistencia mecánica con el paso del tiempo, mientras que las tejas de hormigón reducen su resistencia un 13%, las de fibrocemento un 12% y las de cerámica un 4%.

Para hacer esta aseveración, todos los materiales se han sometido a un envejecimiento por hielo-deshielo. Con este envejecimiento, se reproduce las condiciones medioambientales de ambientes fríos donde se producen heladas. Con las heladas, el agua que está en el interior del material se puede congelar, creando un aumento de volumen que crea tensiones en el interior de este, lo que puede acortar sensiblemente su vida útil.

⁴ Ensayos realizado con Pizarra de primera calidad.

⁵ Ensayos realizado con Pizarra de primera calidad.

Para realizar el envejecimiento por hielo-deshielo, se ha seguido la norma “UNE EN 12326-2:2012. Productos de pizarra y piedra natural para tejados inclinados y revestimientos”. Esta norma indica que debes hacer 50 ciclos de hielo-deshielo. Para ser más restrictivos hemos realizado 600 ciclos.

Para analizar cómo les afecta mecánicamente el envejecimiento a los materiales, se ha ensayado la resistencia a flexión antes y después de ciclos los ciclos de hielo-deshielo.

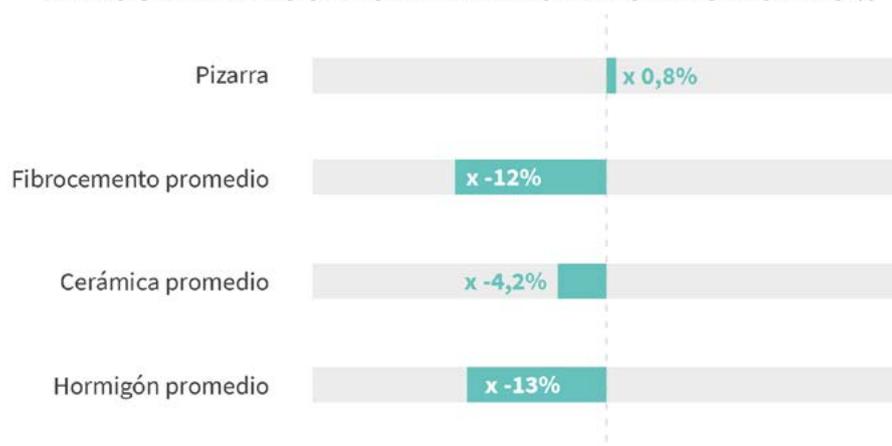
Según el material a ensayar, se tiene en cuenta diferentes normativas de ensayo para realizar el ensayo de flexión.

- Para la pizarra, se utiliza la norma EN 12326-2:2011. Productos de pizarra y piedra natural para tejados inclinados y revestimientos. Parte 2: Métodos de ensayo para pizarras y pizarras carbonatadas. Apartado 10.
- Para el fibrocemento, se ha utilizado la norma EN 492: Plaquetas de cemento reforzado con fibras y sus piezas complementarias. Especificación de producto y métodos de ensayo.
- Para la cerámica se utiliza la norma UNE EN 538:1994: Tejas de arcilla cocida. Ensayo de resistencia a la flexión.
- Para el hormigón, se ha utilizado la norma UNE EN 491: Tejas y piezas para tejados y revestimiento de muros. Apartado 5.6.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN INICIAL	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN TRAS ENVEJECIMIENTO CON HIELO-DESHIELO	% VARIACIÓN DE RESISTENCIA A FLEXIÓN	PROMEDIO DE LA VARIACIÓN DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (%)
Pizarra	60,1 N/mm ²	60,6 N/mm ²	0,82%	0,82 %
Cerámica Verea (VE)	2233,5 N	2178,0 N	-2,48%	-4,21 %
Cerámica Koramic (KO)	2306,9 N	2473,0 N	7,20%	
Cerámica La Escandella (PL)	2183,1 N	1804,4 N	-17,35%	
Hormigón Redland (RO)	2101,2 N	1981,8 N	-5,68%	-12,97%
Hormigón Cobert (CB)	2602,0 N	1853,0 N	-28,79%	
Hormigón Monier (MN)	1020,5 N	975,3 N	-4,43%	
Fibrocemento Eternit Tecta (ET)	22,5 Nm/m	19,7 Nm/m	-12,71%	-11,69%
Fibrocemento Eternit Classique (EK)	30,9 Nm/m	24,5 Nm/m	-20,92%	
Fibrocemento Cembrit Jutland (JR)	29,9 Nm/m	29,5 Nm/m	-1,45%	

VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN TRAS HIELO DESHIELO %



4. Bajo una cubierta de pizarra natural la presión sonora es 12 veces menos que bajo una cubierta de zinc y 39 veces menos que en una cubierta de acero o de aluminio.

Para realizar esta afirmación, se midió el aislamiento acústico al ruido producido por la lluvia de cuatro cubiertas diferentes. Para realizar los ensayos se han seguido las siguientes normas:

- UNE-EN ISO 10140-1:2016. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos. Anexo K.
- UNE-EN ISO 10140-5:2011/A1:2014. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 5: Requisitos para instalaciones y equipos de ensayo. Modificación 1: Ruido producido por la lluvia.

Los materiales ensayados han sido los siguientes:

- **Pizarra:** pizarra Heavy Cupa 4 de espesor 7,5 mm, formato 320x220 mm sobre rastrel de madera.
- **Acero:** teja Decra/Elegance de espesor 0,6 mm, formato 1324x410 mm sobre rastrel de madera.
- **Aluminio:** Shingle Prefa de espesor 0,7 mm, formato 420x240 mm.
- **Zinc:** Chapa de Zinc Rheinzink de espesor 0,6 mm, formato 650x3100 mm sobre lámina alveolar.

Todos los materiales se han instalado sobre una estructura metálica de vigas de acero sobre las que se atornilló el tablero OSB de 22 mm de espesor. Pendiente de la cubierta: 31°. La superficie total aproximada de la muestra es de 10,71 m².

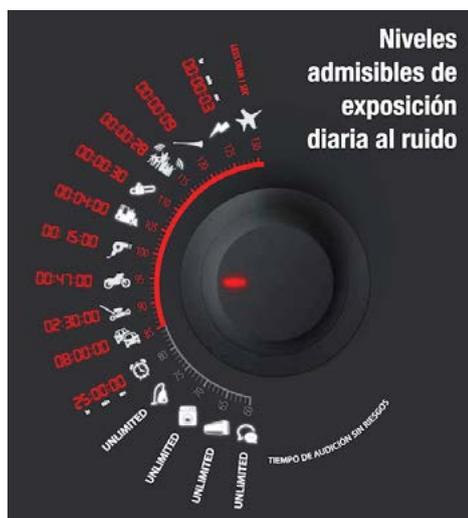
El ensayo se ha llevado a cabo en las cámaras normalizadas de AUDIOTEC en el Parque Tecnológico de Boecillo (Valladolid).

El tipo de lluvia utilizado para todos los ensayos ha sido: precipitación de 40 mm/h.

Los resultados de los ensayos han sido los siguientes:

	PIZARRA	ZINC	ACERO	ALUMINIO
Nivel de intensidad acústica ponderada A producido por la lluvia LI, A (dB)	41	52	57	57
PRESIÓN SONORA (inversa de logaritmo)	12.589	158.489	501.187	501.187
COMPARATIVA	1	12	39	39

En la siguiente imagen sacada de un informe de la OMS se puede ver las equivalencias de algunos niveles de ruido.



Fuente OMS

ENTORNO	NIVEL DE SONIDO db (A)	TIEMPO (h)	EFFECTO SOBRE LA SALUD
Exterior de viviendas	50 - 55	16	Molestia
Interior de viviendas	35	16	Interferencia con la comunicación
Dormitorios	30	8	Interrupción del sueño
Aulas escolares	35	Duración de la clase	Perturbación de la comunicación
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	70	24	Deterioro auditivo
Música en auriculares	85	1	Deterioro auditivo
Actividad de ocio	100	4	Deterioro auditivo

5. La pizarra natural es el material para cubierta que mejor resiste al fuego, obteniendo una clasificación de fuego A1, mientras que las cubiertas de fibrocemento tienen una clasificación A2-s1, d0.

Para hacer esta afirmación hemos comprobado el comportamiento ante el fuego de los materiales a estudio con un ensayo de inflamabilidad de los productos.

Para realizar el ensayo no hemos basado en la norma "UNE EN ISO 11925-2. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única".

Durante el ensayo los materiales se someten a una pequeña llama directa sobre una muestra colocada verticalmente.

Durante el ensayo se ha estudiado si existe propagación de llama. En ninguno de los materiales se ha producido la propagación de la llama (la llama tiene que recorrer 150 mm en los 60 segundos que dura el ensayo).

Durante el ensayo se ha comprobado si se emiten humos, olores, alteraciones de la superficie y temperaturas alcanzadas por los materiales.

El resumen de los resultados es el siguiente:

- La pizarra natural no emite humos, olores ni partículas. Se produce una fisura que atraviesa el material durante el ensayo. La máxima temperatura que alcanza es de 350 °C, la media es de 278°C.
- Las tejas de hormigón no emiten humos, olores y se produce una huella final de unos 26 mm de diámetro. La máxima temperatura que alcanza es de 386 °C, la media es de 266°C.
- Las tejas de fibrocemento emiten humos, olores y se produce una huella final de unos 31 mm de diámetro. Además, aparecen grietas en la superficie del material. La máxima temperatura que alcanza es de 287 °C, la media es de 236°C
- Las tejas de acero emiten humos, olores y se produce una huella final por las dos caras de unos 100 mm de diámetro. La máxima temperatura que alcanza es de 554 °C, la media es de 542°C.
- Las tejas de aluminio emiten humos, olores y se produce una huella final por las dos caras de unos 49 mm de diámetro. La máxima temperatura que alcanza es de 346 °C, la media es de 334°C.
- las tejas de Zinc emiten humos, olores y se produce una huella final por las dos caras de unos 68 mm de diámetro. La máxima temperatura que alcanza es de 580 °C, la media es de 394°C. Además, se produce goteo del material.

Los resultados de los ensayos ha sido la siguiente:

**Tabla 1 (Al final del documento)*

Por otro lado, se ha buscado información sobre la resistencia a fuego de los materiales.

En la siguiente tabla se puede ver la información recopilada:

	60 CICLOS	60 CICLOS	60 CICLOS
PIZARRA NATURAL	A1	13501-1	
TEJA HORMIGÓN REDLAND	No combustible (SAA)	BS 476-3:2004	ficha técnica
TEJA HORMIGÓN COBERT	A1	EN 13501-1	DoP
TEJA HORMIGÓN VIELLE MONIER	?	-	
TEJA ACERO DECRA ELEGANCE	F	EN 13501-1	DoP
TEJA DE ALUMINIO PREFA	A1	EN 13501-1	DoP
TEJA DE ZINC RHEINZINK	A1	-	ficha técnica
TEJA DE FIBROCEMENTO ETERNIT KERGOAT	A2-S1, d0.	-	ficha técnica
TEJA DE FIBROCEMENTO JUTLAND DE CEMBRIT	A2-S1, d0.	EN 13501-1	BBA

EUROCLASES DE REACCIÓN AL FUEGO		
NOMBRE	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN	GRÁFICO
EUROCLASE A1 MATERIAL NO COMBUSTIBLE SIN CONTRIBUCIÓN AL FUEGO	Incremento Temperatura $\Delta T \leq 30^{\circ} C$	
	Pérdida de masa $\Delta m \leq 50\%$	
	No hay llama sostenida $t_f=0$	
	Potencia Calorífica Superior PCS $\leq 2 MJ \times Kg$	
	Sin emisión de humo (S1) ni gotas inflamadas (d0)	
	No es necesario ensayar estos dos parámetros	
EUROCLASE A2 MATERIAL NO COMBUSTIBLE SIN CONTRIBUCIÓN AL FUEGO	Incremento Temperatura $\Delta T \leq 50^{\circ} C$	
	Pérdida de masa $\Delta m \leq 50\%$	
	Llama sostenida $t_f \leq 20$ segundos	
	Potencia Calorífica Superior PCS $\leq 4 MJ \times Kg$	
	Propagación lateral de la llama a LFS \leq margen de la muestra	
	Hay que ensayar emisión de humo y gotas inflamadas	

A1 - No combustible y no contribuye al fuego. Sin emisión de humos, ni gotas inflamables. Entre ellos podemos encontrar materiales y/o productos de hormigón, vidrio, acero, piedra natural, ladrillos, y cerámicos.

A2 - Poco combustible y muy baja contribución al fuego. Con posible producción de humo y gotas. Entre ellos podemos encontrar materiales y/o productos similares a los Euroclase A1, pero con un pequeño porcentaje de componentes orgánicos. Por ejemplo: las placas de yeso laminado Placo®, panel de sándwich de lana mineral, lana mineral sin revestimiento.

S - Opacidad del Humo. Capacidad del elemento de no producir humos.

Se divide en:

- S1.** Baja opacidad y producción de humos.
- S2.** Mediana opacidad y producción de humos.
- S3.** Alta opacidad y producción de humos.

D - Caída de Gotas. Capacidad del elemento de no producir ni gotas ni partículas inflamadas.

Se divide en:

- D0.** No produce gotas ni partículas.
- D1.** Produce gotas y/o partículas no inflamadas.
- D2.** Produce gotas y/o partículas inflamadas.

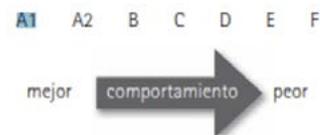


Figura 3.1. Clasificación general de reacción al fuego

Clase	A1	A2	B	C	D	E	F
Humo							
Gotas							

Figura 3.2. Combinación de los parámetros

* Tabla 1:

MATERIAL		APARICIÓN DE GRIETAS	HUMO	OLOR	DIÁMETRO DE HUELLA (mm)	TEMPERATURA A 30 SEGUNDOS (°C)	TEMPERATURA A 60 SEGUNDOS (°C)	GOTEO MATERIAL
Pizarra fina	Pizarra 1	Sí, atraviesa pizarras	NO	NO	NO	291,6	219,6	NO
	Pizarra 2	Sí, atraviesa pizarras	NO	NO	NO	295,7	184,9	NO
	Pizarra 3	Sí, atraviesa pizarras	NO	NO	NO	352,3	-	NO
Pizarra gruesa	Pizarra 1	Sí, atraviesa pizarras	NO	NO	NO	221,6	112,8	NO
	Pizarra 2	Sí, atraviesa pizarras	NO	NO	NO	-	121,6	NO
	Pizarra 3	Sí, atraviesa pizarras	NO	NO	NO	260,7	118,2	NO
Fibro cemento	Tecta de Eternit 1	Sí, por una cara	NO	SI	30	229,3	141,3	NO
	Tecta de Eternit 2	Sí, por una cara	SI	SI	26,58	221,6	147,7	NO
	Tecta de Eternit 3	Sí, por una cara	SI	SI	27,2	257,9	135,8	NO
	Classique de Eternit 1	Sí, por una cara	SI	SI	29,15	281	149,2	NO
	Classique de Eternit 2	Sí, por una cara	SI	SI	22,28	287,4	188,5	NO
	Classique de Eternit 3	Sí, por una cara	SI	SI	30,2	229,4	149,4	NO
	Jutland de Cembrit 1	SI	SI	SI	34,4	200	157,3	NO
	Jutland de Cembrit 2	SI	SI	SI	29	231	143	NO
Jutland de Cembrit 3	SI	SI	SI	37,3	187	123,1	NO	
Hormigón	Cobert 1	NO	NO	NO	45	275,2	206,2	NO
	Cobert 2	NO	NO	NO	40	385,7	177,4	NO
	Cobert 3	NO	NO	NO	30	343,3	160	NO
	Redland 1	NO	NO	NO	9,18	183,7	116	NO
	Redland 2	NO	NO	NO	-	175,1	92,1	NO