



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS

COLABORA: **cluster del granito**

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

LA PIEDRA: SUS VENTAJAS PARA FACHADAS

- **Excelentes propiedades físicas:** la buena resistencia a la flexión-especialmente el granito- lo convierte en un material firme y consistente. Igual que la resistencia a los anclajes, que para la durabilidad de un aplacado sometido a esfuerzos importantes resulta primordial.



- **No es inflamable:** la piedra natural es clase A1 de reacción al fuego lo que clasifica al material como «no combustible, sin contribución en grado máximo al fuego». En caso de incendio, la piedra natural no libera sustancias nocivas para la salud.

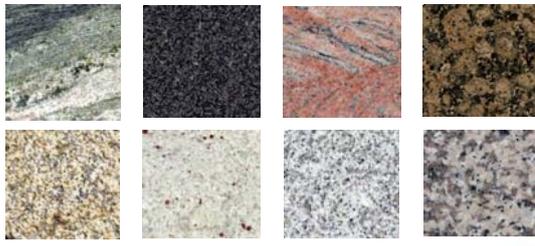
HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

- **Excelentes características propias:** la piedra es casi el único material de construcción que se coloca tal como sale de la naturaleza, sin cambios químicos, de estructura o composición.
- **Diversidad de texturas y rugosidades:** conseguidas a través de los acabados superficiales.



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

- **Variedad de tramas y cromatismos:** con una oferta prácticamente ilimitada de productos con los que adaptarse a cualquier ambiente.



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

- **Bajo coste de mantenimiento:** si consideramos los costes totales de un material de construcción a lo largo de una vida de treinta años o más, la piedra natural no es más cara que otros materiales. Los costes de inversión se compensan con los bajos costes de mantenimiento y de su larga vida útil.
- **Contemporaneidad:** la piedra se está convirtiendo en un material de empleo común en las construcciones contemporáneas.



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

- **Sostenibilidad:** su transformación requiere consumos de energía claramente más reducidos que muchos materiales como cerámica u hormigón. Además, posee una gran capacidad de reutilización.

Material	Energía incorporada (kWh/t)
Acero	7 000
Aluminio	28 000
Cobre	8 000
Madera	1 000
Vidrio	2 000
Granito	780

- Según el Real decreto 105/2008, de 1 de febrero, que regula la gestión de residuos de la construcción, **la piedra se considera residuo inerte:** residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas y no afecta negativamente a otras materias con las que entra en contacto de forma que no da lugar a contaminación del medio ambiente.

Ventajas de la fachada ventilada frente al aplacado convencional:

- El aplacado con morteros o adhesivos acumula humedades por los bordes de las piezas, que a veces pueden derivar en patologías.
- Suele ser frecuente que el material de agarre sea insuficiente.
- En materiales de muy baja absorción superficial no se deben utilizar morteros de cemento ya que la unión física no se desarrolla adecuadamente.
- A veces se utiliza arena contaminada por metálicos o micas para los morteros de agarre.



CALCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS PARA FACHADA

1. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PLACAS:

Para calcular el espesor de la placa de piedra, se considerarán los esfuerzos de flexión, los cortantes en los puntos de anclaje y los esfuerzos de impacto. Se adoptará el mayor de todos ellos.

1.1. Espesor debido a los esfuerzos de flexión. Son debidos a:

- La acción de viento
- La acción sísmica, pero se calcularán por separado ya que no son concurrentes.

1.1.1. Espesor debido a los esfuerzos de flexión por acción de viento:

$$e = \sqrt{\frac{0,75 \cdot F_s \cdot P \cdot L^2}{V_i E \cdot 10^3}}$$

e espesor de la placa en mm
F_s = 6 factor de seguridad recomendado frente a la resistencia a la flexión
P presión de viento en kN/m², calculada según CTE
L El valor del vano de la placa en mm (separación entre los bordes anclados)
V_iE valor inferior esperado, en MPa, de la resistencia a la flexión, que debe proporcionar el fabricante



1.1.2. Espesor debido a la acción sísmica:

$$e = \sqrt{\frac{0,75 \cdot F_s \cdot P_s \cdot L^2}{V_i E \cdot 10^3}}$$

e espesor de la placa en mm
F_s = 6 factor de seguridad recomendado frente a la resistencia a la flexión
P_s presión sísmica en kN/m², calculada según CTE
L El valor del vano de la placa en mm (separación entre los bordes anclados)
V_iE valor inferior esperado, en MPa, de la resistencia a la flexión, que debe proporcionar el fabricante



1.2. Espesor debido a los cortantes en los anclajes:

El espesor debe ser tal que cumpla:

$$R_a \geq \frac{P \cdot F}{L \cdot A \cdot n}$$

R_a: valor de la resistencia al anclaje en kN
P ó P_s, presión de viento o presión sísmica en kN/m², calculada según CTE
L y A: longitud y anchura de la placa en m
n: número de anclajes de la placa considerada
F: factor de seguridad frente al valor de la resistencia al anclaje. Se recomienda que sea **F = 8**.

Además, para anclajes de bulón:
R_a ≥ 500 N y **R_a ≥ 1,2 W** (siendo W el peso de la placa).

1.3. Espesor debido a los impactos:

El espesor de la placas de un edificio debe alcanzar un valor tal que sea capaz de resistir las solicitaciones de impacto siguientes:

Tipología de edificación	Hasta 3 m de altura	De 3 a 6 m de altura	Más de 6 m de altura
Edificios	5 J	4 J	3 J
Viviendas unifamiliares	4 J	3 J	-

La resistencia al impacto se determina por medio de la norma UNE-EN 14158 y se expresa Julios (J).

Después de calcular los espesores, tendremos en cuenta que deben ser, como mínimo y de manera general, los siguientes:

Tipo de piedra	Espesor min. (mm)
Granitos, pizarras, lutitas, metalutitas, etc.	20
Mármoles	25
Calizas, areniscas, arcosas o travertinos	30



CONTROL DEL SUMINISTRO DE PLACAS DE PIEDRA PARA FACHADAS VENTILADAS



Al igual que cualquier producto de construcción, la pedra natural requiere de unos controles que aseguren sus cualidades.

Estos controles son responsabilidad, por un lado del fabricante, y por otro de la D.F. de la obra:

- **Controles de producción**
- **Controles recepción en obra**



CONTROLES DE PRODUCCIÓN:

Desde el 2003, los fabricantes de productos de piedra natural están obligados a realizar una serie de controles de su producción, vinculados a obtener el **marcado CE** obligatorio para su circulación por la U.E.



Este sistema de autocontrol consisten básicamente en:

- Realizar una serie de **ensayos en laboratorio** para el conocimiento de las propiedades físico-mecánicas del material, y
- **Controlar dimensionalmente y visualmente** la producción.

Todo ello sujetándose a las normas **UNE-EN** de aplicación a cada producto.

En concreto, la norma relativa al marcado CE de **PLACAS para fachada** es la:

UNE-EN 1469: PIEDRA NATURAL. PLACAS PARA REVESTIMIENTOS MURALES. REQUISITOS

y es obligatoria para los fabricantes desde el año 2006.



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

CONTROLES PARA PLACAS PARA REVESTIMIENTOS MURALES (UNE-EN 1469):

EN FÁBRICA:
 Controles dimensionales
 Apariencia visual

EN LABORATORIO:
 Estudio petrográfico
 Resistencia a la flexión
 Absorción de agua a presión atmosférica
 Densidad aparente y porosidad abierta
 Resistencia a la heladicidad (14 ciclos)
 Resistencia a los anclajes (en caso de anclaje de bulón)



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

ENSAYOS DE CONTROL DE PRODUCCIÓN: **FRECUENCIA MÍNIMA**

- Características geométricas.....
- Apariencia visual

cada lote de producción

- Resistencia a la flexión.....
- Absorción de agua.....
- Densidad aparente y porosidad abierta...

cada 2 años

- Descripción petrográfica.....
- Reacción al fuego.....
- Absorción de agua por capilaridad.....
- Resistencia a la heladicidad.....
- Resistencia al choque térmico.....
- Permeabilidad al vapor de agua.....
- Carga de rotura a los anclajes.....

cada 10 años

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

Los controles de la producción se manifiestan en dos documentos que debe proporcionarnos el fabricante:

La **declaración de conformidad** del producto con la norma de aplicación: el fabricante declara que ha realizado los controles pertinentes.

Se colocará la **etiqueta identificativa** del Marcado CE en las paletas o en la documentación administrativa que acompaña a cada suministro.



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

INTERPRETACIÓN DE ENSAYOS:

UNE-EN 12372. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:

Nos da idea de la capacidad que tiene el material de soportar los esfuerzos de flexión, por ejemplo: los de tráfico en baldosas o los de viento en fachadas.

Los granitos suelen tener valores medios de resistencia a flexión entre 5 MPa (p.e.: los silvestres más blandos) y 25 MPa (p. ej: los oscuros de origen africano).

Este valor nos sirve, por ejemplo, para dimensionar correctamente los espesores de las placas.

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

ROTURA POR FLEXIÓN DE UNA FACHADA



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

UNE-EN 13755: COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA:

Nos da idea de la capacidad que tiene el material de absorber agua por sus poros, por inmersión o al entrar en contacto con ella.

Los granitos en general presentan valores bajos de absorción, no superando el 1%, únicamente los silvestres y similares.

Cuando una piedra tiene una absorción de agua **superior al 6 %**, la **sujeción de las placas debe realizarse como fachada ventilada**.



UNE-EN 13755: COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA:



UNE-EN 1925. COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD:

Nos da idea de la capacidad que tiene el material de absorber agua por ascensión capilar, al estar en contacto con una lámina de agua (efecto azucarillo).

Este valor es importante evaluarlo, por ejemplo, en fachadas, en planos de apoyo con el terreno, en zócalos de escaleras, etc.

En general los granitos rondan el valor de 1-3 g/m²x0.5. Valores superiores a 4 deben someterse a un mayor estudio de la piedra.



UNE-EN 1936: DENSIDAD Y POROSIDAD:

Hay que diferenciar entre densidad real o densidad aparente, y porosidad abierta o porosidad total.

Para el cálculo de la densidad aparente se usa el volumen de poros abiertos, y para el cálculo de la densidad real intervienen los poros totales del material.

En general los granitos rondan los 2600-2700 kg/m³ de densidad aparente.

Cuando la porosidad abierta de un material es mayor del 1% las normas europeas recomiendan realizar un ensayo de capilaridad.



UNE-EN 12371. RESISTENCIA A LA HELADICIDAD:

Es un ensayo que consiste en realizar ciclos de congelación en aire a -12°C y de deshielo en agua a 20°C.

Las normas de productos indican realizar 12 ciclos para fachadas y 48 ciclos para pavimentos, haciendo antes y después un ensayo de resistencia a flexión para evaluar en que medida la piedra pierde resistencia.

Existe alguna referencia normativa que indica que un cambio de resistencia menor de un 20% considera a una piedra "resistente".



FACHADA AFECTADA POR EFECTO DEL HIELO



UNE-EN 14066. RESISTENCIA AL CHOQUE TÉRMICO:

Este ensayo consiste en realizar 20 ciclos de calor en aire a 105°C y enfriamiento en agua a 20°C.

Las consecuencias más visibles de este ensayo son las oxidaciones.

Existen pocos granitos en los que se produzcan alteraciones visuales, pero es importante evaluarlo en ciertos ambientes más comprometidos.



UNE-EN 13364. CARGA DE ROTURA PARA ANCLAJES:

Da idea de la resistencia del material a los anclajes de bulón en el canto.

El valor que obtenemos es la carga máxima que soporta antes de la rotura, y que en granitos esta entre los 1500-3000 N.

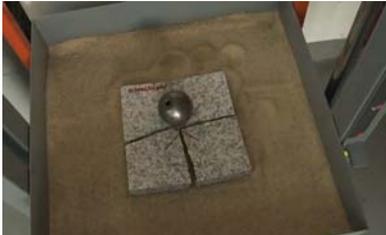
No es un ensayo muy representativo, ya que se hace solo para anclaje de bulón en el canto y, hoy en día, las fachadas ventiladas se colocan con otros tipos de anclaje (de ranura, de retención...)

ROTURA DE PROBETA EN ENSAYO DE ANCLAJES



UNE-EN 14158. CARGA DE ROTURA POR IMPACTO:

Da idea de la resistencia del material a los impactos, por ejemplo: de las motos en zocalos de fachadas, de pelotas contra las mismas, etc...



UNE-EN 12370. CRISTALIZACIÓN DE SALES:

Se debe solicitar este ensayo:

- Cuando la porosidad abierta de la roca, determinada de acuerdo con la Norma UNE-EN 1936, sea superior al 5 %
- Y se trate de fachadas en zonas donde existen niveles de contaminación importantes.

La pérdida de masa después del ensayo no debe superar, en general, el 1%. Pérdidas mayores de masa se pueden aceptar siempre que se realice un estudio pormenorizado que lo justifique.

UNE-EN 1469. ASPECTO:

El fabricante entregará, antes del suministro del material, una muestra de, al menos, cuatro piezas que cubran una superficie mínima de 0,36 m².

Esta muestra, que representará los aspectos extremos y medios del material, debe ser aceptada por acuerdo entre el suministrador, la DO y la propiedad.



CONTROLES DE RECEPCIÓN EN OBRA

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

La recepción en obra de productos de piedra natural se puede regular mediante la norma:

UNE 66020-1: 2001.
Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos.
Parte 1: Planes de muestreo para inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA)



HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

Para llevar a cabo este sistema debemos dividir las partidas de piedra en lotes de control.



LOTE: conjunto de unidades que vamos a controlar.
MUESTRA: unidades extraídas de un lote como representativas del mismo.
NCA (nivel de calidad aceptable): representa el porcentaje de **elementos NO conformes que se admiten como válidos** para la aceptación de un lote. **En piedra natural se usa un NCA del 4%.**

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

- El producto en obra debe agruparse en **lotes**.
- El tamaño y forma DE los lotes debe **acordarse** entre el proveedor y el responsable del muestreo. Es habitual que cada partida que llega a obra constituya un lote.
- Las unidades seleccionadas para el muestreo deben extraerse del lote, en general, de forma **aleatoria**.
 La norma establece 4 niveles especiales de inspección denominados S-1, S-2, S-3, S-4.
- El **nivel de inspección** que se recomienda para piedra natural es el **S-3**.

TABULACIONES

Tabla 4: LETRAS CÓDIGO DEL TAMAÑO DE MUESTRA

TAMAÑO DEL LOTE	NIVELES ESPECIALES DE INSPECCIÓN				NIVELES GENERALES DE INSPECCIÓN		
	S1	S2	(S3)	S4	I	II	III
2 a 4	A	A	A	A	A	A	B
5 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 a 3200	C	D	F	G	H	K	L
3201 a 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 a 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 a 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 a 500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 en adelante	D	E	H	K	N	Q	R

TABULACIONES

Tabla 2-A: PLANES DE MUESTRO SIMPLE EN INSPECCIÓN NORMAL (TABLA GENERAL)

NCA. EN PORCENTAJE DE ELEMENTOS NO CONFORMES Y NO CONFORMIDADES POR 100 UN (INSPECCIÓN NORMAL)

Nivel de Inspección	Nivel de Calidad Aceptable (NCA)	Número de Unidades en el Lote																			
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
A	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D	0.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
G	2.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
H	3.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
I	4.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
J	6.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
K	8.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
L	11.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
M	16.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N	22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
O	30.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P	40.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Q	55.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
R	75.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

ENSAYOS MÍNIMOS MÁS HABITUALES PARA REALIZAR:

Debe ser un conjunto de pruebas que se realicen de forma rápida para **no interrumpir la marcha normal de la obra**.

- CONTROLES DIMENSIONALES:** longitud, anchura y espesor. Comprobando en la norma UNE de placas para fachada si se cumplen las tolerancias.
- ASPECTO:** comprobando si se cumple lo acordado en la muestra de referencia.
- Ensayos de FLEXIÓN y de ABSORCIÓN:** en un laboratorio, comprobando si el resultado "coincide" con el declarado en la etiqueta de marcado CE.

Y para terminar...

CTG
 Consejo Técnico Granito de España de Sábila

UTILIDADES CTG

cluster
 del granito

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

norma española UNE 22203 Febrero 2002

Producto de piedra natural
 Construcción de aplacado de fachada con piedra natural

UNE 22203. Productos de piedra natural. Construcción de aplacados de fachadas con piedra natural.

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

La Colección de Guías de Colocación:

Su objetivo es que se conviertan en publicaciones de uso frecuente para los diferentes profesionales de la arquitectura y construcción, a la hora de elaborar proyectos y de ejecutarlos.

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE FACHADAS DE PIEDRA NATURAL

- Información sobre las distintas variedades de piedra.
- Acabados superficiales más comunes de la piedra para fachadas.
- Ensayos y controles sobre la piedra para fachadas.
- Diferentes tipologías de fachadas y su composición.
- Cálculo de los espesores de la piedra para fachadas.
- Ejecución de las diferentes tipologías de fachadas.
- Controles de recepción en obra de productos para fachadas.
- Mantenimiento y limpieza de fachadas.

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

ARQUITECTURA EN GRANITO

- Centro Municipal de Exposicions e Congressos de Ávila, de Francisco Mangado.
- Casa Mercedes, de Juan Creus Andrade e Covadonga Carrasco.
- Nou Hospital da Santa Creu i Sant Pau de Silvia Barberá, de Esteve Bonell, José Lluís Canosa, Josep Maria Gil e Francesc Rius.
- Parque Arqueolóxico da arte Rupestre Campo Lameiro, de rvr Arquitectos.
- Teatro e Auditorio El Escorial, de Rubén Picado Fernández e María José de Blas.
- MARCO-Museo de Arte Contemporánea de Vigo, de FQP Arquitectos.
- Torres JH Cidade da Cultura, de John Hejdkuk & Elena Cánovas, Antonio Sanmartín (Asz Arquitectes).

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

todas las RESPUESTAS a las PREGUNTAS sobre el GRANITO

Se trata de una recopilación de las características físicas y mecánicas de 25 granitos ensayados en el laboratorio del CTG.

Estos 25 granitos son comúnmente comercializados por las empresas del sector

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

Base de precios de la piedra www.preciospiedra.com

HERRAMIENTAS PARA EL CÁLCULO Y RECOMENDACIONES PARA LA COLOCACIÓN DE FACHADAS VENTILADAS.

www.tecnicagrano.com

CTG
Fundación Centro Tecnológico
do Granito de Galicia

[más información](#)

Tel.: 986 348 964
info@fctgranito.es
www.fctgranito.es

Gracias por su Atención
eva.portas@fctgranito.es

Centro Tecnológico del Granito • C/ Ribeira, s/n • Tomelloso • 15413. O Porriño (Pontevedra) • Tel.: 986 348 964 • Fax: 986 338 054 • info@fctgranito.es • www.fctgranito.es
Fundación Centro Tecnológico do Granito de Galicia, asociación benéfica de entidades de carácter cultural, inscrita no R. Xeral do Poboación nº 10299, do 12/09/2007.