



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: Nº 513R/14

Área genérica / Uso previsto:

SISTEMA GRAPAMAR PF1025 DE REVESTIMIENTO DE FACHADAS VENTILADAS

Nombre comercial:

GRAPAMAR PF1025

Beneficiario:

ANCLAJES GRAPAMAR S.L.

Sede Social:

Ctra Novelda-Aspe Km 1
03660 NOVELDA (Alicante) España
Tlf.: (+34) 965 607 016
Fax: (+34) 965 605 197
www.grapamar.com

Lugar de fabricación:

Ctra Novelda-Aspe Km 1
03660 NOVELDA (Alicante) España

Validez. Desde:
Hasta:

30 de Julio de 2014
30 de Julio de 2019
(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 28 páginas



MIEMBRO DE:
UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPEENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT IN BAUWESEN

MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.

La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.

**C.D.U.: 692.232.4
Fachadas ventiladas
Bardage
Cladding kit**

DECISIÓN NÚM. 513R/14

LA DIRECTORA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto nº 3.652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden nº 1.265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión;
- de acuerdo a la solicitud formulada por ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., para la RENOVACIÓN del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA nº 513 al **Sistema GRAPAMAR PF1025 para el revestimiento de fachadas ventiladas** incluyendo un perfil horizontal discontinuo;
- considerando el artículo 5.2, apartado 5, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si dispone de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto;
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998;
- en virtud de los vigentes Estatutos de *l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction* (UEAtc);
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras y fabricas realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (de aquí en adelante IETcc), así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesiones celebradas el 13 de mayo de 2008 y el 3 de julio de 2014.

DECIDE:

Renovar y ampliar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 513, al **Sistema GRAPAMAR PF1025 para el revestimiento de fachadas ventiladas** con número 513R/14 y nombre comercial **GRAPAMAR PF1025**, considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema **es CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)**, siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:

CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el beneficiario, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto de edificación y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente. Será el proyecto de edificación el que contemple en cada caso, las acciones que el Sistema transmite a la estructura general del edificio, asegurando que éstas son admisibles.

En cada caso, ANCLAJES GRAPAMAR S.L., a la vista del proyecto arquitectónico de la fachada realizado por el arquitecto autor del proyecto, proporcionará la asistencia técnica suficiente, incluyendo toda la información necesaria tanto para la definición de cada uno de los componentes del sistema como para la ejecución de la fachada, que permita posteriormente desarrollar el proyecto de ejecución de la misma por parte de los técnicos encargados. Dicho proyecto contemplará, para cada caso, las acciones que el Sistema trasmite a la estructura general y cerramiento del edificio, asegurando que estas son admisibles.

En general, se tendrán en cuenta, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, todas las prescripciones contenidas en la normativa vigente.

CONDICIONES DE FABRICACIÓN

El fabricante deberá mantener el autocontrol que realiza en la actualidad sobre las materias primas, proceso de fabricación y producto acabado conforme a las indicaciones del apartado 5 del presente documento.

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA

El Sistema de revestimiento de fachadas ventiladas GRAPAMAR PF1025 está previsto para el revestimiento exterior de fachadas mediante fijaciones mecánicas ocultas a una subestructura metálica. El Sistema no contribuye a la estabilidad de la construcción.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por ANCLAJES GRAPAMAR S.L., o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta, bajo su control y asistencia técnica. Dichas empresas garantizarán que la utilización del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos. Una copia del listado actualizado de empresas instaladoras reconocidas por ANCLAJES GRAPAMAR S.L., estará disponible en el IETcc. De acuerdo con lo anterior, el presente documento ampara exclusivamente aquellas obras que hayan sido realizadas por ANCLAJES GRAPAMAR S.L., o por empresas cualificadas, reconocidas por ésta.

Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad y Salud en el Trabajo.

VALIDEZ

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA nº 513R/14, es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes,

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 30 de julio de 2019.

Madrid, 30 de julio de 2014

LA DIRECTORA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



Marta Mª Castellote Armero

INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

Sistema para revestimiento de fachadas ventiladas GRAPAMAR PF1025 realizado con placas de piedra natural, fijadas a una subestructura de aluminio, solidaria con el muro soporte, constituida por ménsulas, perfiles verticales y horizontales ocultos (continuos o discontinuos) de la empresa ANCLAJES GRAPAMAR, S.L. (Figura 1).

Las placas se fijan a los perfiles horizontales de aluminio mediante un ranurado practicado en sus cantos superior e inferior.

Este Sistema de revestimiento se puede aplicar en soportes de obra de fábrica, hormigón o estructura metálica, tanto en obra nueva como en rehabilitación.

No forman parte del Sistema, y por lo tanto no han sido evaluados, los anclajes de fijación de la subestructura al soporte ni el aislamiento térmico. En cualquier caso, los anclajes deberán quedar definidos en el proyecto técnico de la fachada ventilada en función del elemento soporte y de las cargas a transmitir.

Tampoco se consideran elementos del sistema las placas de revestimiento de piedra natural, las cuales, en cualquier caso, deberán quedar definidas en el proyecto técnico de la fachada ventilada.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El Sistema GRAPAMAR PF1025 es un sistema para revestimiento de fachadas ventiladas que consta de:

1. Revestimiento exterior de placas de piedra natural, no suministrada por ANCLAJES GRAPAMAR, S.L.
2. Cámara de aire ventilada en la que se coloca habitualmente un aislamiento térmico no suministrado por ANCLAJES GRAPAMAR, S.L.
3. Subestructura portante de aluminio anclada al soporte. Esta subestructura, suministrada por ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., está formada por:
 - Ménsulas de sustentación y retención para la transmisión de cargas de la subestructura al soporte mediante anclajes.
 - Perfiles verticales.
 - Perfiles horizontales continuos o discontinuos (L= 120 mm) para fijación mecánica oculta de las placas de piedra natural.

El Sistema GRAPAMAR PF1025 es un sistema de fijación mecánico, en el cual no es necesario ningún elemento adhesivo para su instalación. El sistema trabaja por la sustentación y retención ejercida en los cantos de las placas.

3. MATERIALES Y COMPONENTES

3.1 Placas de piedra natural

Las placas de piedra natural del Sistema GRAPAMAR PF1025 pueden ser de granito, mármol, caliza o arenisca y, en todos casos, deberán estar en posesión del marcado CE según UNE-EN 1469:2005.

Las características físicas y mecánicas que deben servir de referencia para la aceptación de las placas son las siguientes:

3.1.1 Características físicas y mecánicas

- Densidad aparente: $\leq 2,8 \text{ g/cm}^3$
según UNE-EN 1936: 2007
- Absorción de agua: \leq valor declarado
por el fabricante
según UNE-EN 13755: 2002
- Resistencia a flexión: $\geq 8 \text{ MPa}$
según UNE-EN 12372: 2007
- Resistencia a las heladas: $\Delta E \leq 20 \%$
según UNE-EN 12371: 2002

Han de tenerse en cuenta los distintos valores de absorción de agua según el tipo de piedra natural escogido. Por tanto, se recomienda la realización de unos ensayos mecánicos en condición de saturación, para determinar las características mecánicas a considerar en la elección de la placa, ya que para algunos tipos de piedra las características mecánicas pueden verse afectadas en condiciones de saturación.

3.1.2 Características geométricas de las placas:

Las dimensiones y el espesor de las placas son variables, dependiendo de las características de diseño de la fachada, siempre y cuando estas placas puedan soportar la acción del viento en la situación en la que se encuentren.

Los espesores mínimos, en función del tipo de piedra natural, son:

Tabla 1. ESPESORES MINIMOS DE LAS PLACAS	
Piedra	Espesor (mm)
Granito	20
Mármol	20
Caliza	30
Arenisca	30

3.1.3 Tolerancias dimensionales

	Espesor (mm)	Longitud	Tolerancia
Espesor	≤ 30	-	± 10 %
	30 > e ≥ 80	-	± 3 mm
Planicidad	-	-	≤ 0,2 % de la longitud
			≤ 3 mm
Longitud y anchura	≤ 50	< 600	± 1,0 mm
		≥ 600	± 1,5 mm
	> 50	< 600	± 2,0 mm
		≥ 600	± 3,0 mm

Las medidas deben realizarse de acuerdo con la norma UNE-EN 13373:2003.

3.1.4 Ranurado de las placas

Las placas deben ser suministradas ya mecanizadas, con un ranurado según queda definido en la Figura 2.

Las tolerancias sobre el ranurado son las siguientes:

Espesor	± 0,5 mm
Profundidad	+ 1,0 mm
Posición respecto a la cara vista	+ 0,0 mm - 1,0 mm

3.2 Subestructura para fijación de placas

3.2.1 Materiales

El entramado de perfiles verticales, horizontales y ménsulas es de aluminio extruido de aleación 6063 con tratamiento T6. Sus características básicas se detallan a continuación:

Designación	
Simbólica	AL
Númérica	AL 6063
Tratamiento	T6
Norma	UNE-EN 755-2 ²
Propiedades físicas	
Peso específico	2,70 g/cm ³
Coef. de dilatación térmica lineal	23,6 · 10 ⁻⁶ °C ⁻¹ (20/100°C)
Módulo de elasticidad	70.000 N/mm.
Coeficiente de Poisson	0,33
Propiedades mecánicas	
Resistencia a tracción (R _m)	175 MPa
Límite elástico (R _{p0,2})	130 MPa
Alargamiento (A)	≥ 8 %

² UNE-EN 755-2: Aluminio y aleaciones de aluminio. Varillas, barras, tubos y perfiles extruidos. Parte 2: Características mecánicas.

3.2.2 Características de las ménsulas

Las ménsulas son los elementos de fijación de los perfiles verticales al soporte. Son escuadras regulables de aluminio extruido (6063 T6) de espesor aprox. 5 mm.

A título orientativo, las características geométricas y mecánicas de una selección de ménsulas se detallan en la Tabla 5, mientras las tolerancias se definen según la norma UNE-EN 755-9: 2009³

La geometría y dimensiones se recogen en la Figura 3.

TIPO	80 - 60 x 5 R5	100 - 60 x 5 R5	135 - 60 x 5 R5
Sección (mm ²)	680,20	780,10	954,29
Peso (kg/m)	1,68	2,11	2,84
Perímetro (mm)	276,80	316,80	365,71
x_c (mm)	24,52	32,96	48,44
I_{xc} (cm ⁴)	21,70	23,01	24,59
y_c (mm)	45,39	46,85	48,86
I_{yc} (cm ⁴)	44,50	82,08	185,83

3.2.3 Características del perfil vertical

Los perfiles verticales están fabricados en aluminio extruido (6063 T6). En función del espesor del aplacado se emplean dos tipos de perfil. Para espesores de piedra de hasta 3 cm se emplea el perfil de sección en C, y para espesores mayores, o cuando el cálculo así lo exija, se emplea el perfil en U.

Las características geométricas y mecánicas de los perfiles verticales se detallan en la Tabla 6 y sus tolerancias están definidas según la norma UNE-EN 755-9:2009.

TIPO	Perfil C 30 x 45 x 2,5	Perfil U 40 x 40 x 4
Sección (mm ²)	306,36	448,00
Perímetro (mm)	242,40	232,00
Peso (kg/m)	0,83	1,21
x_c (mm)	22,50	20,00
I_{xc} (cm ⁴)	3,86	7,25
r_{xc} (mm)	11,18	12,72
y_c (mm)	17,42	25,14
I_{yc} (cm ⁴)	9,55	11,50
r_{yc} (mm)	17,60	16,02

³

UNE-EN 755-9: Aluminio y aleaciones de aluminio. Varillas, barras, tubos y perfiles extruidos. Parte 9: Perfiles, tolerancias dimensionales y de forma.

La geometría y dimensiones de ambos perfiles están recogidas en la Figura 4.

3.2.4 Características del perfil horizontal

Los perfiles horizontales están fabricados en aluminio extruido (6063 T6).

Las características geométricas y mecánicas de los perfiles horizontales se detallan en la Tabla 7 y sus tolerancias están definidas según la norma UNE-EN 755-9:2009.

Las dimensiones quedan recogidas en la Figura 5.

TIPO	Perfil Intermedio	Perfil Arranque/Coronación
Sección (mm ²)	268,00	250,86
Perímetro (mm)	160,60	142,31
Peso (kg/m)	0,725	0,678
x_c (mm)	15,70	12,27
I_{xc} (cm ⁴)	2,03	1,78
r_{xc} (mm)	8,69	8,43
y_c (mm)	15,76	7,54
I_{yc} (cm ⁴)	2,89	2,49
r_{yc} (mm)	10,38	9,96

3.3 Tornillería

Para la unión entre los elementos que conforman la subestructura (ménsulas de sustentación y retención, perfiles verticales y perfiles horizontales) se empleará, según la dimensión de la piedra y su peso: un conjunto de acero inoxidable formado por tornillo de cabeza hexagonal DIN 933 M8x20 (Tabla 8), arandela DIN 9021 M8, arandela dentada M8 DIN 6798 A y una tuerca M8 DIN 934; o bien, tornillos autotaladrantes de acero inoxidable A2 de cabeza hexagonal, cuya características se detallan en la Tabla 9.

Descripción	tornillos de cabeza hexagonal
Norma	DIN 933
Diámetro	8 mm
Longitud	20 mm
Material	Acero inoxidable A2 (AISI 304)
Norma	UNE EN ISO 3506-1: 2010 ⁴
Clase de Resistencia	70
Resistencia a tracción (R _m)	700 N/mm ²
Limite elástico (R _{p0,2})	450 N/mm ²

⁴ UNE EN ISO 3506-1:2010 Características mecánicas de los elementos de fijación de acero inoxidable resistente a la corrosión. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones. (ISO 3506-1:2009).

Descripción	tornillos autotaladrantes de cabeza hexagonal
Norma	DIN 7504K UNE EN ISO 15480:2000 ⁵
Diámetro	6,3 mm, 5,5 mm y 4,8 mm
Longitud	25 mm, 25 mm y 16 mm
Material	Acero inoxidable A2 (AISI 304)
Norma	UNE EN ISO 3506-1: 2010 ⁶
Clase de Resistencia	70
Resistencia a tracción (R _m)	11,54 MPa y 6,14 MPa
Limite elástico (R _{p0,2})	450 N/mm ²

3.4 Anclajes de la unión al muro soporte

Los anclajes de fijación de la subestructura al soporte no forman parte del sistema y por lo tanto no han sido evaluados. No obstante, en el proyecto técnico de la fachada ventilada deberán quedar definidos el tipo, posición y número de anclajes para la fijación de las ménsulas al soporte en función del material base de apoyo y de los esfuerzos transmitidos al mismo.

La empresa ANCLAJES GRAPAMAR, S.L. puede asesorar sobre el tipo de anclaje a utilizar.

Estos datos se reflejarán en el proyecto técnico de la fachada ventilada y se definirán para cada material base de apoyo, en función de las recomendaciones del fabricante de los anclajes.

Es responsabilidad de la empresa instaladora y de la Dirección facultativa, la comprobación de la adecuación del anclaje, definido en el proyecto técnico, con respecto al elemento soporte ejecutado en obra.

3.5 Malla

En caso de que el espesor de la placa no garantice la resistencia a impacto del aplacado, según se describe en el punto 12.1.3, se recurrirá a una malla de fibra de vidrio adherida por la cara posterior de la placa que evite el desprendimiento de la misma en caso de rotura.

- Composición: 80 % (fibra de vidrio);
20 % (Álcali resistente con acabado retardante a llama).
- Peso: 98 g/m² ± 5% (ISO 3374).
- Distancia a ejes de hilos: 12,5 x 11,8 mm.

⁵ UNE EN ISO 15480:2000 Tornillos autotaladrantes con cabeza hexagonal de arandela, con rosca autorroscante. (ISO 15480:1999).

⁶ UNE EN ISO 3506-1:2010 Características mecánicas de los elementos de fijación de acero inoxidable resistente a la corrosión. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones. (ISO 3506-1:2009).

- Carga de rotura a tracción
 - longitudinal: 1.650 N/5 cm
 - transversal: 1.400 N/5 cm

Para la fijación de la malla de fibra de vidrio se emplea adhesivo de poliuretano de dos componentes.

4. FABRICACIÓN

El proceso de fabricación del sistema GRAPAMAR PF 1025 tiene lugar íntegramente en la factoría de ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., en Novelda (Alicante) e incluye generalmente las siguientes etapas:

- Recepción de la materia prima.
- Análisis visual de la misma.
- Manipulación y mecanización de los diferentes componentes con cortadoras automáticas.
- Control Visual por muestreo.
- Embalaje e identificación del producto.

5. CONTROL DE CALIDAD

5.1 Control de fabricación del sistema de anclaje

5.1.1 Materias primas

Control de recepción de materias primas, comprobando:

- Aspecto General y acabado.
- Dimensiones.
- Comprobación del certificado con respecto a la especificación técnica.
- Comprobación mecánica.

5.1.2 Procesos

- Trabajo de corte y troquelado con distinta matricería hasta la conformación final de los distintos componentes del anclaje.
- Revisión y comprobación final, visual y por muestreo.

5.1.3 Productos acabados

- Comprobación por muestreo de las tolerancias dimensionales de la perfilería.

5.2 Tornillería

Estos elementos no son fabricados por

ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., por lo que se exige a los proveedores un certificado en cada suministro relativo a las especificaciones técnicas y cumplimiento de la normativa respectiva.

Los controles que ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., realiza a la tornillería a la recepción de estos artículos son:

- Aspecto general y acabado;
- Dimensiones;
- Comprobación del certificado del fabricante con respecto a la especificación técnica.

5.3 Control de recepción sobre los aplacados

Estos elementos no son fabricados por ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., por lo que se exige a los proveedores un certificado en cada suministro relativo a las especificaciones técnicas y cumplimiento de la normativa respectiva.

Las placas de piedra natural deberán estar en posesión del marcado CE según UNE-EN 12057:2005, debiendo quedar definidas las siguientes características:

- Denominación de la piedra natural según UNE-EN 12440:2001.
- Cantidad y dimensiones de las placas.
- Densidad aparente y porosidad abierta según UNE-EN 1936:2007.
- Absorción de agua a presión atmosférica según UNE-EN 13755:2002.
- Resistencia a compresión según UNE-EN 1926:2007.
- Resistencia a flexión según UNE-EN 12372:2007.
- Resistencia a la heladicidad según UNE-EN 12371:2002
- Resistencia a choque térmico según UNE-EN 14066:2003.
- Carga a rotura del anclaje según UNE-EN 13364:2002

Los controles a realizar a las placas a la recepción de estos artículos son:

- Aspecto general y acabado.
- Dimensiones.
- Comprobación del certificado con respecto a la especificación técnica.
- Comprobación del ranurado de la placa según las dimensiones y tolerancias definidas en el punto 3.1.

5.4 Anclajes

El suministrador del anclaje debe garantizar que los productos del sistema de anclaje hayan superado controles internos de fabricación y producto final, de acuerdo a las normas y procedimientos internos del mismo. Asimismo, de que todos estos productos, cumplen con las especificaciones del material y valores de carga que se indican en los manuales y catálogos en vigor del suministrador, siempre y cuando se instalen según sus recomendaciones e instrucciones.

Cuando corresponda, el anclaje deberá estar en posesión del marcado CE.

6. ETIQUETADO, EMBALAJE, TRANSPORTE, RECEPCIÓN EN OBRA, ACOPIO Y MANIPULACIÓN

El embalaje de la perfilería suministrada por ANCLAJES GRAPAMAR, S.L. está flejado y paletizado según especificación del fabricante y llevará una etiqueta identificativa que incluye:

- marca comercial del fabricante;
- código de fabricación, que permite su trazabilidad;
- material y dimensiones nominales;
- etiqueta identificativa con logotipo y número de DIT.

La descarga del material debe hacerse lo más cerca posible del lugar de empleo/utilización, para evitar acarreos innecesarios.

Se evitará que los materiales sean golpeados tanto durante la descarga como durante la manipulación.

Durante la ejecución de los trabajos de montaje, todos los elementos que componen los cerramientos de fachada, se acopiarán de forma ordenada, evitando que se produzcan roturas y deformaciones en los mismos y siempre que la obra lo permita, el acopio se hará en el interior de la edificación.

La recepción de los materiales la efectuará el director de ejecución de obra conforme a la normativa en vigor. Se prestará especial atención y cuidado, en todas las operaciones de manipulación y almacenamiento en obra de cada uno de los elementos, principalmente a los perfiles de gran longitud y a las placas de gran tamaño, evitando cualquier tipo de incidencia que pueda provocar su deformación que inhabiliten su utilización, para ello se recurrirá a equipos auxiliares como grúas de obra, transpaletas, etc.

Para las placas de piedra natural se seguirán las recomendaciones de embalaje, transporte, almacenamiento y manipulación dadas por el fabricante de las mismas.

7. PUESTA EN OBRA

7.1 Especificaciones generales

Para cada obra y a la vista del proyecto arquitectónico, se realizará un proyecto técnico de la fachada ventilada en el que se calcularán y determinarán los elementos a utilizar y su disposición

Dicho proyecto incluirá los planos y detalles constructivos necesarios para la correcta comprensión y posterior instalación del sistema por parte del personal de obra.

En cualquier caso, ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., facilitará todos los datos necesarios para realizar el proyecto y la ejecución de la fachada ventilada; debiendo proporcionar, si así se solicita, asistencia técnica durante las fases de proyecto y ejecución, incluyendo la resolución de los puntos singulares.

El montaje del sistema de fachada ventilada GRAPAMAR PF1025 lo ha de realizar personal especializado y autorizado por ANCLAJES GRAPAMAR, S.L., bajo su control y asistencia técnica, utilizando los elementos de fijación anteriormente descritos.

Las placas una vez colocadas no deberán encontrarse bajo tensión y deberán tener suficiente libertad de movimientos. A estos efectos hay que prever margen suficiente al efectuar las uniones, posibilitando de esta forma las dilataciones por humedad y temperatura tanto de las placas como de la subestructura.

7.1.1 Preparación del soporte y sistema de fijación

Antes del montaje del sistema, deberán realizarse pruebas de arrancamiento según plan de control de la obra, supervisadas por la dirección facultativa, para comprobar, según las especificaciones de proyecto, la estabilidad y la capacidad portante del soporte y definir el sistema de anclajes adecuado como se describe en el punto 3.4, que deberá calcularse para resistir las tensiones transmitidas.

El instalador de la fachada dará su conformidad previa al soporte antes de la colocación del sistema.

La subestructura deberá quedar adecuadamente alineada con el fin de garantizar la planicidad del sistema de revestimiento.

El sistema de perfiles deberá prever la dilatación de las placas y definirse de acuerdo a:

- cargas de viento;
- distancias máximas entre puntos de fijación de las placas;
- formato y dimensiones de las placas.

7.1.2 Cámara de aire ventilada

Deberá tenerse en cuenta, según establece el CTE, la existencia de una cámara continua de aire, de entre 3 y 10 cm de espesor, ventilada por convección natural ascendente detrás del revestimiento.

El área efectiva total de las aberturas de ventilación será de 120 cm² por cada 10 m² de paño de fachada entre forjados, repartidas al 50% entre la parte superior y la inferior. A estos efectos podrá contabilizarse las juntas entre paneles, siempre que no se sellen.

Independientemente de la posición de la fachada y tipo de juntas, la ventilación de la fachada estará asegurada por las aberturas de entrada de aire en el arranque inferior del revestimiento, dinteles y la salida en alféizares de ventanas y remates al nivel de la cubierta.

7.2 Montaje

La secuencia de las operaciones de puesta en obra debe ser la siguiente:

- Replanteo.
- Colocación de ménsulas de sustentación y retención.
- Colocación de perfiles verticales.
- Colocación del aislante si procede.
- Colocación de los perfiles horizontales en la franja inferior de la fachada.
- Colocación sucesiva de los perfiles horizontales y las placas de piedra natural, de abajo hacia arriba, y establecimiento de juntas.

7.2.1 Replanteo

Se replanteará la fachada comprobando la planicidad del soporte a revestir, verificando la correcta elección del anclaje.

La distancia entre ejes de perfiles verticales dependerá del proyecto técnico de la fachada ventilada y se definirá en función del formato de placa empleado, con una separación máxima de 1,5 m (véase Figura 6).

Las características del soporte, tanto en desplome como en planicidad, deberán cumplir las condiciones fijadas en el CTE, así como en las correspondientes normas y disposiciones vigentes.

7.2.2 Colocación de ménsulas

La subestructura se ancla a la estructura portante del edificio mediante las ménsulas de sustentación, que se instalarán en primer lugar sobre el muro de carga, vigas y/o cantos de forjado mediante los anclajes adecuados, según se describe en el punto 3.4. La distancia máxima entre ménsulas de sustentación es de 3,5 m (véanse Figuras 1, 7 y 8).

Entre las ménsulas de sustentación se disponen las ménsulas de retención, que se fijarán al cerramiento alineadas en sentido vertical, contrapeadas y distribuidas entre cantos de forjado. La distancia en vertical dependerá del tipo y estado del soporte y a su vez de las cargas que tenga que transmitir al mismo, siendo, siempre que lo permita el soporte, inferior a 1,5 m.

7.2.3 Colocación de los perfiles verticales

Los perfiles verticales se fijarán a las ménsulas en "L" con los tornillos descritos en el punto 3.3, manteniendo una distancia entre ellos igual o menor a 1,5 m.

Los perfiles verticales, perfectamente alineados, quedarán fijados con agujeros fijos y colisos a las ménsulas, de forma que garanticen el adecuado movimiento de la subestructura y su planicidad, con objeto de asegurar la verticalidad del sistema de revestimiento.

La junta horizontal mínima entre montantes verticales y entre perfiles horizontales será de 2 mm por metro lineal de perfil (véase Figura 9).

7.2.4 Colocación del aislante

Siempre que se aplique, se cubrirá toda la cara exterior del muro soporte y la estructura resistente del edificio según las especificaciones del proyecto.

7.2.5 Colocación del perfil horizontal continuo o discontinuo y de las placas

A los perfiles verticales se fija el perfil horizontal del extremo inferior de la fachada ventilada mediante los tornillos descritos en el punto 3.3. Sobre el perfil horizontal (continuo o discontinuo) se acoplan las placas de piedra natural, encajando la pestaña vertical del perfil en el ranurado de la piedra y a continuación se coloca el siguiente perfil horizontal encajándolo en el ranurado superior de

las placas. Las piezas quedarán así estabilizadas. El ranurado superior de las placas se sella con masilla de poliuretano para evitar que se quede agua de lluvia en la ranura y para evitar claqueteo de las piezas.

El mismo procedimiento se empleará en los niveles superiores.

El Sistema de anclaje funciona por apoyo de la placa sobre el perfil horizontal inferior, y por la retención que los perfiles horizontales ejercen sobre los bordes ranurados de la placa.

Las juntas de unión de los perfiles horizontales se sitúan siempre donde están los perfiles verticales. En el caso de jambas de ventanas, juntas de dilatación del edificio, esquinas etc. el vuelo máximo del perfil horizontal será de 150 mm.

7.2.6 Juntas

Las juntas entre placas deben ser siempre abiertas. La junta vertical ha de ser entre 3 y 15 mm; la junta horizontal será de 6 a 10 mm. Aunque es conveniente al establecer la juntas verificar el coeficiente de dilatación de cada aplacado.

Las juntas de dilatación del edificio siempre deben coincidir con una junta vertical del sistema de fachada mediante un doble perfil vertical.

La discontinuidad de perfiles verticales y horizontales coincidiría con la junta de placas.

Para interrumpir el perfil horizontal en una junta de dilatación del edificio será preciso duplicar el perfil vertical (véase Figura 9).

8. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Para la limpieza de las placas se seguirán las recomendaciones del fabricante de las mismas y para su sustitución, por rotura o por cualquier otra causa, se seguirán las recomendaciones de ANCLAJES GRAPAMAR, S.L.

9. CRITERIOS DE CÁLCULO

La utilización del Sistema GRAPAMAR PF1025 para el revestimiento de fachadas requiere de la elaboración de un proyecto técnico de acuerdo con la normativa en vigor.

El proyecto técnico de la fachada ventilada deberá incluir una memoria de cálculo que justifique el adecuado comportamiento de la subestructura frente a las acciones previstas, comprobándose la estabilidad, resistencia, deformaciones admisibles y justificando la adecuada composición del sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones

correspondientes a los estados límite últimos y de servicio.

Para el cálculo se deberán verificar que los valores de resistencia a flexión, cortante e impacto de las placas, para las dimensiones y distancia entre apoyos de aplacado proyectado, son suficientes y contemplan un coeficiente de seguridad adecuado para los esfuerzos a los que estarán sometidas las mismas y que estos últimos son admisibles en función de las propiedades mecánicas de las propias placas.

9.1 Determinación de acciones

Las acciones sobre el Sistema de fachada ventilada se calcularán según lo establecido en el CTE-DB-SE-AE relativo a Acciones en la edificación, con los coeficientes de mayoración de acciones recogidos en el CTE-DB-SE relativo a Seguridad Estructural.

Teniendo en cuenta las limitaciones definidas en el CTE-DB-SE-AE relativas a la acción del viento, para edificios de hasta 30 m de altura, las acciones se determinarán según lo establecido en el citado Documento Básico, debiendo emplearse los coeficientes eólicos de presión/succión recogidos en el Anejo D de dicho Documento Básico (tabla D.1), en función de la esbeltez del edificio y la posición de la placa y considerando como área de influencia la de la propia placa.

Para alturas mayores y/o para aquellos casos que se salgan del campo de aplicación de dicho Documento Básico, o cuando se prevean acciones de viento superiores a las consideradas en el CTE-DB-SE-AE, será preciso realizar un estudio específico para determinar las acciones de viento, así como los coeficientes eólicos de presión/succión.

9.2 Parámetros de cálculo

Las propiedades mecánicas de las placas están descritas en el punto 3.1 del presente documento. Las propiedades mecánicas de los perfiles de aluminio están descritas en el punto 3.2 del presente documento.

Los valores de resistencia a la presión/succión de viento de los puntos de fijación de la placa a la subestructura se podrán tomar de los resultados del ensayo 11.2.5 y de las características mecánicas de las placas (valores de resistencia a cortante), corregidos por su correspondiente coeficiente de seguridad. Este valor deberá compararse con la carga de viento obtenida para la configuración de fachada prevista.

El coeficiente de seguridad para los valores de resistencia de las fijaciones deberá quedar precisado en el proyecto técnico de la fachada

ventilada, no recomendándose un coeficiente menor de 3.

9.3 Hipótesis de cálculo

9.3.1 Montaje con perfiles horizontales continuos

El comportamiento mecánico del sistema depende de la disposición de las placas respecto a los perfiles verticales, distinguiéndose tres tipos de configuraciones, con sus correspondientes hipótesis de cálculo.

Configuración A (ver esquema 1a)

Los cantos verticales de las placas coinciden con los perfiles verticales (para cualquier espesor de placa).

Se pueden considerar las siguientes hipótesis de cálculo:

- Las acciones de viento sobre las placas, así como el peso propio de las mismas, son transmitidas por las propias placas directamente a los perfiles verticales.
- Frente a la acción de viento, las placas se considerarán apoyadas como mínimo en cuatro puntos de fijación sobre los montantes, debiendo comprobarse su resistencia a flexión frente a las acciones de viento previstas. Frente al peso propio, la placa se comporta como una viga de gran canto.
- Los perfiles horizontales, por su menor rigidez respecto a la de las placas, actúan únicamente como elementos de sustentación y retención en los puntos de fijación.
- Los puntos de fijación entre la placa y la subestructura deberán ser capaces de transmitir el esfuerzo cortante previsto en función del área tributaria que le corresponde a dicho punto de fijación, según se recoge en el esquema 1a.

Configuración B (ver esquema 1b)

Uno de los cantos verticales de la placa no coincide con el perfil vertical (para placas de menos de 30 mm de espesor).

Se pueden considerar las siguientes hipótesis de cálculo:

- Las acciones de viento sobre las placas, así como el peso propio de las mismas, son transmitidas por las propias placas directamente a los perfiles verticales.

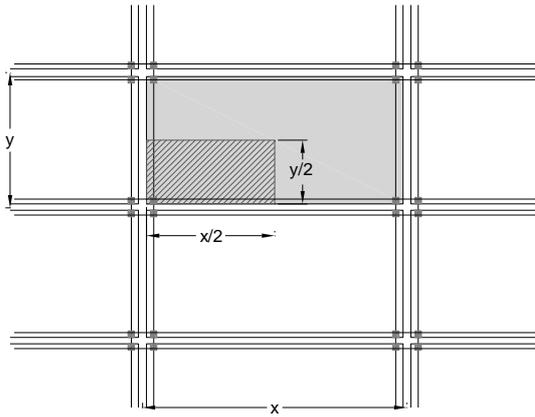
- Frente a la acción de viento las placas trabajan en voladizo, considerándose apoyadas en los perfiles verticales. Se deberá comprobar la resistencia a flexión de las placas frente a las acciones de viento previstas. Frente al peso propio, la placa se comporta como una viga de gran canto.
- Los perfiles horizontales actúan como elementos de sustentación y retención en los puntos de fijación y deberán ser capaces, además, de transmitir el esfuerzo cortante entre placas adyacentes.
- Los puntos de fijación entre la placa y la subestructura deberán ser capaces de transmitir el esfuerzo cortante previsto en función del área tributaria que le corresponde a dicho punto de fijación, según se recoge en el esquema 1b.

Configuración C (ver esquema 1c)

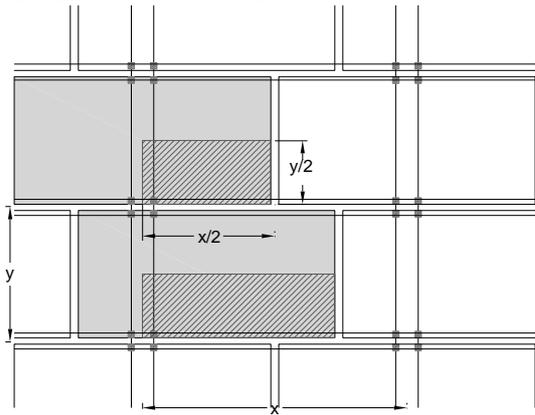
Existen placas cuyos cantos verticales no coinciden con los perfiles verticales (para placas de menos de 30 mm de espesor). Se pueden considerar las siguientes hipótesis de cálculo:

- El peso propio de la placa central se transmite a los perfiles verticales a través de los perfiles horizontales.
- La acción de viento sobre la placa central se transmite por cortante a las placas adyacentes a través de los perfiles horizontales.
- Las placas que apoyan directamente sobre los perfiles verticales trabajan en voladizo según lo descrito para la configuración B, considerando no sólo la acción de viento directamente aplicada sobre dicha placa, sino también el cortante debido a la acción de viento sobre las placas centrales.
- Los perfiles horizontales deberán soportar el peso propio de las placas centrales y transmitirlo a los perfiles verticales. Además, deberán ser capaces de transmitir el cortante debido a la acción de viento sobre la placa central a las placas adyacentes. Los perfiles horizontales, trabajando en régimen elástico, se calcularán para que, frente a la acción de peso propio de la placa central, tengan una flecha igual o inferior a la junta horizontal entre placas y no superior a $L/200$ de la distancia entre apoyos.
- Los puntos de fijación entre las placas extremas y la subestructura deberán ser capaces de transmitir el esfuerzo cortante previsto en función del área tributaria que le corresponde a dicho punto de fijación, según se recoge en el esquema 1c.

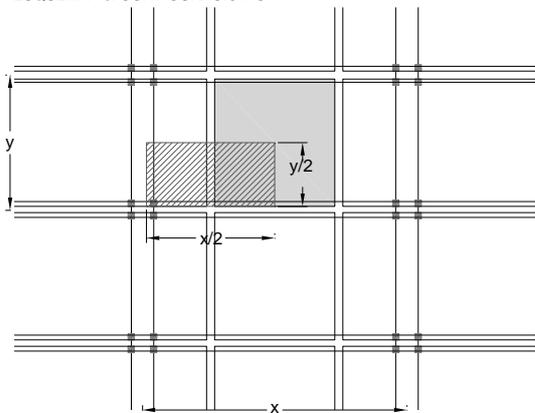
ESQUEMA 1a. CONFIGURACIÓN A



ESQUEMA 1b. CONFIGURACIÓN B



ESQUEMA 1c. CONFIGURACIÓN C



9.3.2 Montaje con perfiles horizontales discontinuos (grapas $L=120\text{ mm}$)

Los cantos verticales de las placas coinciden con los perfiles verticales. (Ver esquema 1a).

Se consideran las siguientes hipótesis de cálculo:

- Las acciones de viento sobre las placas, así como el peso propio de las mismas, son transmitidas por las propias placas directamente a los perfiles verticales a través de los perfiles horizontales discontinuos (grapas de fijación).

- Frente a la acción de viento, las placas se considerarán apoyadas como mínimo en cuatro puntos de fijación sobre los montantes, debiendo comprobarse su resistencia a flexión frente a las acciones de viento previstas. Frente al peso propio, la placa se comporta como una viga de gran canto.
- Los puntos de fijación entre la placa y la subestructura deberán ser capaces de transmitir el esfuerzo cortante previsto en función del área tributaria que le corresponde a dicho punto de fijación.

9.4 Perfiles verticales y sistemas de fijación entre perfiles

Los perfiles verticales trabajan a flexión, transmitiendo las cargas puntuales que reciben, a las ménsulas de sustentación o apoyos fijos (cargas verticales y horizontales) y retención o apoyos móviles (sólo cargas horizontales).

El cálculo de los perfiles frente a la acción del viento se realizará por métodos elásticos, considerando como articuladas las uniones entre perfiles. La deformación de los perfiles, dado que no existe reglamentación específica, podrá limitarse a $L/200$ de la distancia entre apoyos.

Complementariamente,

- se comprobará el comportamiento de los perfiles verticales y las ménsulas frente a los esfuerzos de torsión debidos a la excentricidad de las cargas sobre éstos.
- se verificará que la resistencia al arrancamiento de los tornillos, para el espesor de perfiles considerado, es suficiente para garantizar, con un coeficiente de seguridad adecuado, la transmisión de cargas en los puntos de fijación.

10. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

La fabricación e instalación de los sistemas de anclaje GRAPAMAR se viene realizando desde el año 1986 y la del sistema GRAPAMAR PF 1025, desde el año 1994.

El fabricante aporta como referencias realizadas con el sistema GRAPAMAR PF1025 las siguientes obras:

- Hospital de Elda, 6.000 m^2 (1995).
- Museo Guggenheim, Bilbao, 7.000 m^2 (1997).
- Casa rural en Alicante, 800 m^2 (1999).
- Hospital Reina Sofía, Murcia, 3.000 m^2 (2002).
- Ayuntamiento de Murcia, 1.300 m^2 (2003).

- Urbanización Monte Sión en Palma de Mallorca, 4.300 m² (2005).
- Museo Puig de Molins en Ibiza (Baleares), 1.100 m² (2005).
- Comandancia de Marina en Valencia, 1.300 m² (2006).
- Escola Andorrana en ENCAMP (Andorra), 5.200 m² (2007).
- Lofts en Móstoles (Madrid), 4.100 m² (2007).
- Piscinas Son Roca en Palma de Mallorca, 900 m² (2007).
- Edificio El Corte Ingles en Talavera de la Reina (Toledo), 2.400 m² (2007).
- Urbanización de viviendas plan RENFE en Córdoba, 4.800 m² (2007).

El IETcc ha realizado diversas visitas a obras, así como una encuesta a los usuarios, todo ello con resultados satisfactorios.

11. ENSAYOS

Los siguientes ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (Informes nº 18.898-1 y nº 20.253-1) de acuerdo con la norma UNE-EN 12372:2007 y la Guía EOTA "Guideline for European Technical Approval of Kits for external wall claddings. Part 1: Ventilated cladding elements and associated fixing devices".

Para la realización de los ensayos se han empleado placas de piedras de Granito Azul Extremadura suministrado por Mármoles Pascual, S.L. (Cáceres) y por LAJANATUR (Toledo), Calizas Niwala Yellow suministrada por LAJANATUR (Toledo) y Arenisca Bateig Azul suministrada por Bateig (Alicante).

11.1 Ensayos de identificación de características mecánicas de las placas

11.1.1 Ensayo a flexión de la piedra natural

Ensayos realizados de acuerdo a la norma UNE-EN 12372:2007.

El ensayo se ha realizado sobre 10 placas de granito de 120 mm x 60 mm x 20 mm de dimensiones nominales, aplicando una carga en el centro de la placa.

La luz entre apoyos ha sido de 100 mm. Los valores de tensiones de rotura obtenidos han sido:

Tensión de rotura máxima: $\sigma_{\text{máx}} = 29,75$ MPa
 Tensión de rotura mínima: $\sigma_{\text{mín}} = 13,63$ MPa
 Tensión de rotura media: $\sigma_{\text{medio}} = 23,58$ MPa

11.1.2 Ensayo a flexión de las placas

Ensayos realizados de acuerdo a la norma UNE-EN 12372:2007.

Se han realizado dos series de ensayos sobre placas de granito de 600 mm x 400 mm de dimensiones nominales. Para la primera serie se ensayaron 5 placas de 20 mm de espesor; y para la segunda serie, 5 placas de 30 mm de espesor.

El ensayo se realizó con una separación entre apoyos de 580 mm, aplicando una carga en el centro de la luz.

Los valores de tensiones de rotura obtenidos han sido:

a) Placas de 20 mm de espesor

Tensión de rotura máxima: $\sigma_{\text{máx}} = 19,20$ MPa
 Tensión de rotura mínima: $\sigma_{\text{mín}} = 9,73$ MPa
 Tensión de rotura media: $\sigma_{\text{medio}} = 14,42$ MPa
 Presión uniforme de viento⁷: $P_v = 14,42$ kN/m².

b) Placas de 30 mm de espesor

Tensión de rotura máxima: $\sigma_{\text{máx}} = 21,33$ MPa
 Tensión de rotura mínima: $\sigma_{\text{mín}} = 12,56$ MPa
 Tensión de rotura media: $\sigma_{\text{medio}} = 17,76$ MPa
 Presión uniforme de viento⁷: $P_v = 42,00$ kN/m².

11.2 Ensayo de aptitud de empleo del Sistema

11.2.1 Ensayo de resistencia a succión de viento

Ensayo realizado conforme a las especificaciones establecidas en la Guía EOTA 034 (Part1), apartado 5.4.1.1 "Wind suction test" para un montaje formado por placas de granito de 600 mm x 400 mm x 20 mm, montadas en su propia subestructura con perfil horizontal discontinuo (120 mm), conforme a las especificaciones del fabricante y según descrito en el informe técnico.

Realizado el ensayo en una cámara de succión de viento el sistema llegó a resistir a una presión de 4.000 Pa sin rotura.

11.2.2 Ensayos a succión de los puntos de fijación

Ensayo realizado según la Instrucción técnica DIT-IT-27 para determinación de la resistencia a succión al viento de los sistemas de fijación de fachadas ventiladas.

11.2.2.a Granito – perfil continuo

Se han ensayado tres distintos formatos de placa de granito, cada uno anclado a dos perfiles de

⁷ Presión uniforme de viento correspondiente a la tensión de rotura mínima.

aluminio mediante perfil horizontal continuo, conforme a las especificaciones dadas por el fabricante y según se describe en este Informe Técnico. Las dimensiones de las placas se detallan a continuación:

- 600 mm x 400 mm x 20 mm;
- 600 mm x 400 mm x 30 mm;
- 1000 mm x 800 mm x 50 mm.

Los valores de carga de rotura obtenidos en los ensayos son los siguientes:

Dimensiones (mm x mm)	Espesor (mm)	Carga* (kN)	Succión equiv. (kN/m ²)
600 x 400	20	3,18	13,25
600 x 400	30	8,61	35,86
1000 x 800	50	14,20	35,50

* Considerando el peso del aplacado

En los dos primeros casos el fallo se produjo por rotura a cortante en el ranurado de las placas, mientras que en el tercer caso el fallo se produjo por deformación del perfil horizontal.

11.2.2.b Granito – perfil discontinuo

Se han ensayado placas de granito de 600 mm x 400 mm x 20 mm montadas en la subestructura propia del sistema fijando la placa al perfil vertical mediante perfil horizontal discontinuo (120 mm).

La finalización del ensayo se produjo por rotura del ranurado de las placas obteniéndose los siguientes valores:

Dimensiones (mm)	600 x 400 x 20
Carga de rotura media (kN)	1,43
Resistencia aprox. de la fijación (kN)	0,36
Presión de viento equivalente (N/m²)	5.982

11.2.2.c Caliza – perfil discontinuo

Se han ensayado placas de caliza de 600 mm x 400 mm x 30 mm montadas en la subestructura propia del sistema fijando la placa al perfil vertical mediante perfil horizontal discontinuo (120 mm).

La finalización del ensayo se produjo por rotura del ranurado de las placas obteniéndose los siguientes valores:

Dimensiones (mm)	600 x 400 x 30
Carga de rotura media (kN)	2,15
Resistencia aprox. de la fijación (kN)	0,54
Presión de viento equivalente (N/m²)	8.968

11.2.2.d Caliza (saturada) – perfil discontinuo

Se han ensayado placas de caliza de 600 mm x 400 mm x 30 mm montadas en la subestructura

propia del sistema fijando la placa al perfil vertical mediante perfil horizontal discontinuo (120 mm) en condición de saturación. Para obtener la saturación de las placas se ha utilizado el método descrito en la UNE-EN 1925:1999.

La finalización del ensayo se produjo por rotura del ranurado de las placas obteniéndose los siguientes valores:

Dimensiones (mm)	600 x 400 x 30
Carga de rotura media (kN)	3,05
Resistencia aprox. de la fijación (kN)	0,76
Presión de viento equivalente (N/m²)	12.700

11.2.2.e Arenisca – perfil discontinuo

Se han ensayado placas de arenisca de 600 mm x 400 mm x 30 mm montadas en la subestructura propia del sistema fijando la placa al perfil vertical mediante perfil horizontal discontinuo (120 mm).

La finalización del ensayo se produjo por rotura del ranurado de las placas obteniéndose los siguientes valores:

Dimensiones (mm)	600 x 400 x 30
Carga de rotura media (kN)	2,75
Resistencia aprox. de la fijación (kN)	0,68
Presión de viento equivalente (N/m²)	11.474

11.2.2.f Arenisca (saturada) – perfil discontinuo

Se han ensayado placas de arenisca de 600 mm x 400 mm x 30 mm montadas en la subestructura propia del sistema fijando la placa al perfil vertical mediante perfil horizontal discontinuo (120 mm) en condición de saturación. Para obtener la saturación de las placas se ha utilizado el método descrito en la UNE-EN 1925:1999.

La finalización del ensayo se produjo por rotura del ranurado de las placas obteniéndose los siguientes valores:

Dimensiones (mm)	600 x 400 x 30
Carga de rotura media (kN)	1,98
Resistencia aprox. de la fijación (kN)	0,49
Presión de viento equivalente (N/m²)	8.274

11.2.3 Ensayo de resistencia de la ranura

Ensayo realizado conforme a las especificaciones establecidas en la Guía EOTA 034 (Part 1), apartado 5.4.2.3.1 “Resistance of grooved cladding element”.

Se ensayaron dos placas de granito de 100 mm de longitud, una de 20 mm de espesor y otra placa de

30 mm, ambas con un ranurado de 3 mm. En el primer caso la parte resistente de piedra era de 7 mm y en el segundo caso de 13 mm.

Las cargas de rotura obtenidas, para una fijación situada en el ranurado, fueron de:

Espesor (mm)	Sección (mm)	Espesor resistente (mm)	Carga (kN)
20	7 + 3 + 9	7	1,533
30	13 + 3 + 13	13	4,022

11.2.4 Ensayo de punzonamiento del tornillo al elemento de fijación

Ensayo realizado conforme a las especificaciones establecidas en la Guía EOTA 034 (Part 1), apartado 5.4.2.3.4 "Pull-through resistance of fixings from profiles".

El ensayo se finaliza por deformación de los elementos de fijación, siendo 4,45 kN la carga media soportada por el elemento.

11.2.5 Ensayo de resistencia del elemento de fijación (perfil horizontal continuo /discontinuo)

Ensayo realizado según la Guía EOTA 034 (Part 1), apartado 5.4.2.6.1 "Resistance of metal clip".

Realizado el ensayo el fallo se produjo por deformación de los elementos de fijación, siendo 3,03 kN la carga media soportada por el elemento.

11.2.6 Ensayo de carga vertical

Ensayo realizado conforme a las especificaciones establecidas en borrador de la Guía EOTA 034 (Part 1), apartado 5.4.2.6.2 "Resistance of vertical load".

Para la realización del ensayo se dispuso de un montaje formado por una placa de granito de 1.200 mm de alto y 1.000 mm de ancho, con un espesor de 50 mm, anclada a la subestructura de aluminio, que a su vez se ancla al banco de ensayo.

Transcurridas 24 horas no se observan deformaciones ni daños aparentes ni en la placa ni en los anclajes.

11.2.7 Ensayo de comportamiento higrotérmico

Ensayo realizado conforme a las especificaciones establecidas en la Guía EOTA 034 (Part 1), apartado 5.4.7 "Hygrothermal behaviour".

Para la realización del ensayo se dispusieron tres placas de granito de 600 mm x 400 mm x 20 mm de dimensiones nominales, ancladas a la

subestructura de aluminio según se describe en el informe técnico, y ésta a su vez se ancló a un muro soporte con una separación entre montantes de 600 mm

El ensayo se realiza en dos fases, la primera de calor-lluvia, y la segunda de calor-hielo.

Verificándose que, después de los ciclos establecidos en la guía no se aprecia ningún defecto aparente en las placas ni deformaciones permanentes en los anclajes o perfiles de la subestructura.

11.2.8 Ensayos a la subestructura. Perfil vertical

Perfil vertical en C

a) Resistencia al empuje del viento

Considerando el perfil vertical de aluminio de una longitud de 1,50 m biapoyado, aplicando una carga en su sección central actuando según el empuje del viento y obtenida su curva carga-deformación, se verifica que el perfil, trabajando elásticamente, soporta una carga de 1,40 kN de carga total; equivalente, para una separación entre apoyos de 1,5 m y una separación entre perfiles de 1,0 m, a 1,86 kN/m².

b) Resistencia a succión del viento

Considerando el perfil de aluminio de una longitud de 1,50 m biapoyado, aplicando una carga en su sección central actuando según la succión del viento y obtenida su curva carga-deformación, se verifica que el perfil, trabajando elásticamente, soporta una carga de 1,40 kN de carga total; equivalente, para una separación entre montantes de 1,5 m y una separación entre apoyos de 1,0 m, a 1,86 kN/m².

Perfil vertical en U

a) Resistencia al empuje del viento

Considerando el perfil vertical de aluminio de una longitud de 1,50 m biapoyado, aplicando una carga en su sección central actuando según el empuje del viento y obtenida su curva carga-deformación, se verifica que el perfil, trabajando elásticamente, soporta una carga de 2,00 kN de carga total; equivalente, para una separación entre apoyos de 1,5 m y una separación entre perfiles de 1,0 m, a 2,65 kN/m².

b) Resistencia a succión del viento

Considerando el perfil de aluminio de una longitud de 1,50 m biapoyado, aplicando una carga en su sección central actuando según la succión del viento y obtenida su curva carga-deformación, se verifica que el perfil, trabajando elásticamente, soporta una carga de 2,00 kN de carga total; equivalente, para una separación entre montantes

de 1,5 m y una separación entre apoyos de 1,0 m, a 2,65 kN/m².

11.3 Ensayos de durabilidad del sistema

11.3.1 Ensayo de fatiga a succión del elemento de fijación (perfil horizontal continuo/discontinuo)

Ensayo realizado según la Guía EOTA 034 (Part 1), apartado 5.7.1 "Pulsating load".

De los resultados del ensayo se observó que no se produjeron disminuciones de la resistencia del elemento de fijación, comparadas con los valores obtenidos en el ensayo referenciado en el punto 11.2.5.

12. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

12.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

12.1.1 SE - Seguridad estructural

El Sistema de revestimiento de fachadas ventiladas GRAPAMAR PF1025 no contribuye a la estabilidad de la edificación, y por lo tanto no son de aplicación las Exigencias Básicas de Seguridad Estructural.

No obstante, se debe tener en cuenta que el comportamiento estructural de la fachada ventilada, por un lado, debe ser tal que no comprometa el cumplimiento del resto de Exigencias Básicas, y en particular las de Seguridad de Utilización y Habitabilidad, según se indica en la Ley de Ordenación de la Edificación⁸, y por el otro, debe ser tal que resista y transfiera a los apoyos las cargas propias y esfuerzos horizontales, con una deformación admisible, de acuerdo al Documento Básico del Código Técnico de la edificación relativo a la Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación (DB SE-AE).

Para la utilización del Sistema GRAPAMAR PF1025 para el revestimiento de fachadas ventiladas es necesaria la elaboración de un proyecto técnico de acuerdo con la normativa en vigor en el que se comprobará la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuada composición del sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados límites últimos y de servicio.

El cálculo se particularizará en función de la localización y altura del edificio y de los valores

⁸ Seguridad de utilización de tal forma que el uso normal del edificio no suponga riesgo de accidente para las personas (Artículo 3.1.b.3), y otros aspectos funcionales de los elementos constructivos o de las instalaciones que permitan un uso satisfactorio del edificio (Artículo 3.1.c.4).

característicos de resistencia de la placa. Asimismo se prestará una especial atención a los fenómenos localizados de inestabilidad que el viento puede producir en determinadas partes de los edificios, sobre todo en edificios altos.

El soporte del sistema de fachada ventilada, constituido habitualmente por un muro de cerramiento, debe cumplir con los requisitos esenciales de seguridad estructural que le sean propios, debiendo considerarse las acciones y sollicitaciones que el sistema de fachada ventilada le transmite.

La unión entre la subestructura del sistema y el cerramiento posterior debe ser prevista para que durante el período de uso no se sobrepasen las tensiones límite extremas o los valores límite de durabilidad.

12.1.2 SI - Seguridad en caso de incendio

La composición del cerramiento, incluido el aislante, debe ser conforme con el CTE, Documento Básico de Seguridad frente a Incendios (DB-SI), en lo que se refiere a la estabilidad al fuego, así como en la reacción al fuego de los materiales que lo integran.

De acuerdo a la Decisión 96/603/CE de la Comisión de 4 de octubre de 1996, los productos de piedra natural obtienen una clasificación de reacción al fuego de clase A1 (sin contribución al fuego) sin necesidad de ensayos.

El material cumple el requisito exigido en CTE-DB-SI (SI-2 punto 1.4) relativo a propagación exterior, para los materiales de revestimiento exterior de fachada y de las superficies interiores de las cámaras ventiladas de fachada.

Como en todos los sistemas de fachada ventilada, en caso de incendio, puede producirse la propagación por efecto chimenea, por lo cual, deben respetarse las especificaciones de comportamiento al fuego de los materiales y en su caso, prever zonas de cortafuego.

En todo caso, se recuerda que el diseño de fachada debe satisfacer el DB SI 2, con objeto de evitar la propagación horizontal y vertical del fuego.

12.1.3 SUA - Seguridad de utilización y accesibilidad

El CTE no especifica exigencias relativas a la seguridad de utilización para los sistemas de fachadas ventiladas.

Se justificará el espesor y las dimensiones del aplacado, en función de la localización concreta de la fachada ventilada en el edificio y del tipo de

piedra natural empleada (en concreto su heterogeneidad y su resistencia a impacto), de forma que garanticen un buen comportamiento frente al choque de cuerpo duro y choque de cuerpo blando.

Se podrá recurrir a mallas de fibras por la cara oculta de las placas de piedra, u otros medios que eviten el desprendimiento de las piezas en caso de fractura.

12.1.4 HS - Salubridad

La solución completa de fachada debe garantizar el grado de impermeabilidad mínimo exigido para el edificio al que se incorpore, según se describe en el CTE-DB-HS, con objeto de satisfacer el requisito básico de protección frente a la humedad (HS 1).

Tal y como queda descrito el Sistema en el Informe Técnico, la cámara de aire ventilada podrá tener consideración de "barrera de resistencia muy alta a la filtración" (B3) según se describe en el CTE-DB-HS, HS 1, apartado 2.3.2, siempre que:

- Se respeten las dimensiones de la cámara de aire, juntas y cuantía de las aberturas de ventilación descritas en el punto 7 del Informe Técnico.
- El material aislante no sea hidrófilo y esté situado entre la cámara de aire y el elemento soporte.
- Se disponga, en la parte inferior de la cámara y cuando ésta quede interrumpida, un sistema de recogida y evacuación del agua filtrada a la misma (según se describe en el apartado 2.3.3.5 del CTE-DB-HS, HS-1).

En cualquier caso, deberá prestarse especial atención, en el diseño de las fachadas, a la incorporación de las ventanas y de los elementos de iluminación, así como la correcta solución de los puntos singulares, fijaciones exteriores, etc. para lograr una adecuada estanquidad en dichos puntos, evitando la acumulación y la filtración de agua.

La comprobación de la limitación de humedades de condensación superficiales e intersticiales debe realizarse según lo establecido en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE 2 del Código Técnico de la Edificación (DA DB-HE / 2, CTE), en su epígrafe 4.

Los componentes del sistema, según declara el fabricante del mismo, no contienen ni liberan sustancias peligrosas de acuerdo a la legislación nacional y europea.

12.1.5 HR - Protección frente al ruido

La solución completa de cerramiento, y fundamentalmente el muro soporte más el aislamiento, debe ser conforme con las exigencias

del CTE en lo que respecta a la protección contra el ruido.

Se estudiará la solución constructiva del encuentro de la fachada con los elementos de separación vertical, de manera que se evite la transmisión del ruido por flancos.

12.1.6 HE - Ahorro energético

La solución constructiva completa de cerramiento debe satisfacer las exigencias del Código Técnico de la Edificación CTE-DB-HE, relativo a Ahorro Energético, en cuanto a comportamiento higratérmico.

A efectos de cálculo de la transmitancia térmica del Sistema, según se describe en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE 1 del Código Técnico de la Edificación (DA DB-HE / 1, CTE), la cámara de aire del Sistema tendrá consideración de "cámara de aire muy ventilada", y la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

12.2 Utilización del producto - Puesta en obra

Se deberá tener en cuenta, en la ejecución de puntos singulares como antepechos, dinteles, jambas, petos, etc., la estanquidad de los mismos, y su impermeabilización previa si fuese necesario, así como la correcta evacuación de aguas evitando su acumulación.

Se seguirán las recomendaciones dadas por el suministrador de las placas de piedra natural para la manipulación de las mismas, teniendo en cuenta además, que a la hora de manipular las placas se deberá utilizar guantes de protección.

12.3 Limitaciones de uso

Los aspectos relativos al cálculo recogidos en el punto 8 del presente documento se refieren al campo de aplicación del Documento Básico de Seguridad Estructural relativo a Acciones en la Edificación del CTE (DB-SE-AE).

Para aquellos casos que se salgan del campo de aplicación de dicho Documento Básico, o cuando se prevean acciones de viento superiores a las consideradas en el CTE-DB-SE-AE, será preciso realizar un estudio específico para determinar las acciones de viento.

12.4 Gestión de residuos

Se seguirán las especificaciones del Real Decreto 105/2008 por el que se regula la Producción y

Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, así como las reglamentaciones autonómicas y locales que sean de aplicación.

A efectos de gestión de residuos, las placas de piedra natural tendrán la consideración de "residuo inerte". Se deberá prever el reciclaje del aluminio de la perfilaría, ya sea para las piezas rechazadas durante la puesta en obra, como en caso de desmontaje del sistema de fachada ventilada.

12.5 Condiciones de servicio

De acuerdo con los ensayos de durabilidad realizados y las visitas a obra, se considera que el Sistema tiene un comportamiento satisfactorio conforme a las exigencias relativas a durabilidad; siempre que la fachada, instalada conforme a lo descrito en el presente documento, esté sometida a un adecuado uso y mantenimiento, conforme a lo establecido en el CTE.

13. CONCLUSIONES

Considerando que se ha verificado que en el proceso de fabricación del sistema de anclaje GRAPAMAR PF1025, se realiza un control de calidad que comprende un sistema de autocontrol por el cual, el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y control de producto;

Considerando que el proceso de fabricación y puesta en obra está suficientemente contrastado por la práctica, los resultados obtenidos en los ensayos y las visitas a obras realizadas.

Se estima favorablemente, con las observaciones de la Comisión de Expertos de este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el fabricante.

LA PONENTE:

Francesca Aulicino
Arquitecto

Antonio Blázquez
Arquitecto
Jefe de la Unidad de Evaluación Técnica de
Productos Innovadores

14. PROPUESTA DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS ⁹

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos ¹⁰, fueron las siguientes:

- Se aconseja que ANCLAJES GRAPAMAR, S.L. asesore específicamente sobre los valores de succión a los que puedan ser sometidos las placas de piedra, determinando el número de tornillos de unión de los perfiles horizontales a los perfiles verticales y de éstos a las ménsulas, así como el correcto apriete de los mismos, según se define en el Informe Técnico.
- Se recuerda que en función de la situación concreta del edificio, su forma y dimensiones, los valores de presión y succión de viento en determinados puntos pueden ser superiores a lo descrito en la normativa en vigor, lo que deberá tenerse en cuenta en los cálculos.
- Se recomienda verificar en el cálculo de la subestructura los esfuerzos sobre el perfil horizontal debidos al peso propio del aplacado y el empuje/succión de viento cuando las juntas

⁹ La Comisión de Expertos de acuerdo con el Reglamento de concesión del DIT (O.M. de 23/12/1988), tiene como función, asesorar sobre el plan de ensayos y el procedimiento a seguir para la evaluación técnica propuestos por el IETcc.

Los comentarios y observaciones realizadas por los miembros de la Comisión, no suponen en sí mismos aval técnico o recomendación de uso preferente del sistema evaluado.

La responsabilidad de la Comisión de Expertos no alcanza los siguientes aspectos:

- a) Propiedad intelectual o derechos de patente del producto o sistema.
- b) Derechos de comercialización del producto o sistema. Obras ejecutadas o en ejecución en las cuales el producto o sistema se haya instalado, utilizado o mantenido, ni tampoco sobre su diseño, métodos de construcción ni capacitación de operarios intervinientes.

¹⁰ La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes organismos y entidades:

- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- AENOR.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- Control Técnico y Prevención de Riesgos, S.A. (CPV).
- CRAWFORD SPAIN.
- DRAGADOS, S.A.
- Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (EUATM).
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSEM).
- EUROCONSULT, S.A.
- FCC Construcción, S.A.
- FERROVIAL AGROMAN.
- INTEC Control de Calidad.
- Instituto Técnico de Inspección y Control, S.A. (INTEINCO).
- Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC).
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- Ministerio de la Vivienda.
- Oficina Española de Patentes y Marcas (MINETUR)
- QUALIBÉRICA.
- SOCOTEC IBERIA, S.A.
- Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

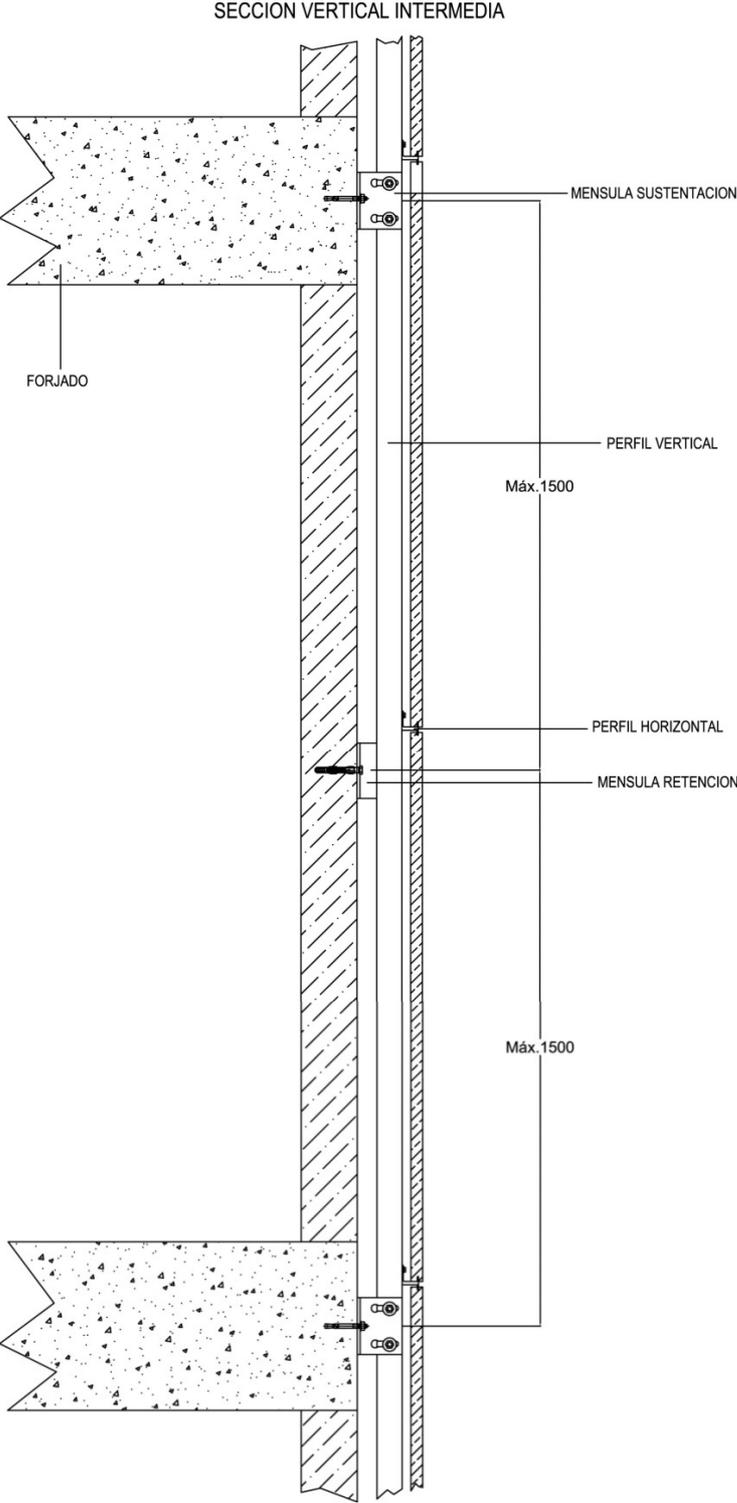
verticales del aplacado no coincidan con los ejes de la perfilería (placas hasta 30 mm de espesor). Para placas de más de 30 mm de espesor, las juntas verticales del aplacado deberán coincidir con los ejes de la perfilería vertical.

Asimismo se recomienda comprobar el comportamiento de los perfiles verticales y las ménsulas frente a los esfuerzos de torsión debidos a la excentricidad de las cargas.

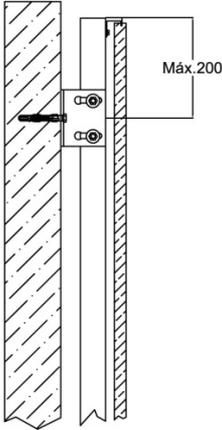
- Se ha comprobado que los valores de resistencia a flexión, cortante e impacto, para las dimensiones mayores de placa son inferiores a los obtenidos para dimensiones menores, por lo que se recomienda verificar dichos valores de resistencia para las dimensiones y distancia entre apoyos de aplacado proyectado; y comprobar si éstos son suficientes, con un coeficiente de seguridad adecuada, para los esfuerzos a los que estarán sometidas las placas.
- Se aconseja que ANCLAJES GRAPAMAR, S.L. asesore en el diseño y ejecución de huecos y puntos singulares.
- Según el tipo y estado del soporte, se colocará el tipo de anclaje más adecuado.
- Se recomienda que, en el montaje, se coloquen inicialmente los montantes y posteriormente el aislante, si procede.
- Dado que los perfiles no son continuos, se debe extremar la nivelación de los tramos.
- Todos los elementos metálicos que se incorporen al Sistema, no deberán originar problemas de corrosión.
- Para condiciones excepcionales de alta exposición a la presencia de cloruros, se recomienda recurrir a un acero inoxidable AISI-316 para los anclajes y la tornillería.
- Se recomienda recurrir a arandelas de material plástico que eviten el contacto entre el aluminio de la perfilería y el acero cincado de los anclajes para impedir la corrosión por par galvánico.
- Se deberá comprobar la resistencia a impacto del aplacado para las zonas de la fachada a nivel del suelo accesibles al público, pudiendo ser necesario incorporar una malla de fibra de vidrio por el trasdós de la placa.
- Se recomienda que, para espesores de mármol de 20 mm en las zonas de la fachada a nivel del suelo accesibles al público, se incorpore una malla de fibra de vidrio por el trasdós de la placa según se describe en el punto 3.5.

- Las juntas del revestimiento se tendrán en cuenta en relación con las juntas de dilatación del edificio.
- Se recuerda que los sistemas de revestimiento de fachadas ventiladas no garantizan, sólo con la hoja exterior de revestimiento, la estanquidad del cerramiento. En todo caso se recomienda estudiar el comportamiento conjunto del cerramiento completo, conforme a lo descrito en el CTE, Documento Básico de Salubridad (DB-HS) en lo relativo a protección frente a la humedad (HS-1).
- Se recomienda que una copia del presente Documento de Idoneidad Técnica se incorpore al Libro del Edificio.
- Cuando el aplacado sea Caliza o Arenisca puede ser aconsejable dar un tratamiento hidrófugo a la cara vista para evitar que la absorción de agua afecte a la resistencia mecánica del aplacado.

FIGURA 1. SECCIÓN VERTICAL



SECCION VERTICAL CORONACION



SECCION VERTICAL ARRANQUE

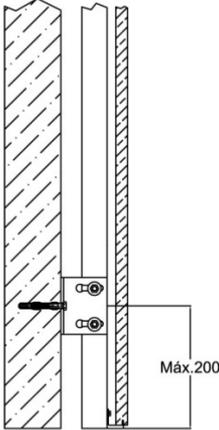


FIGURA 2. PLACA DE PIEDRA NATURAL Y RANURADO.

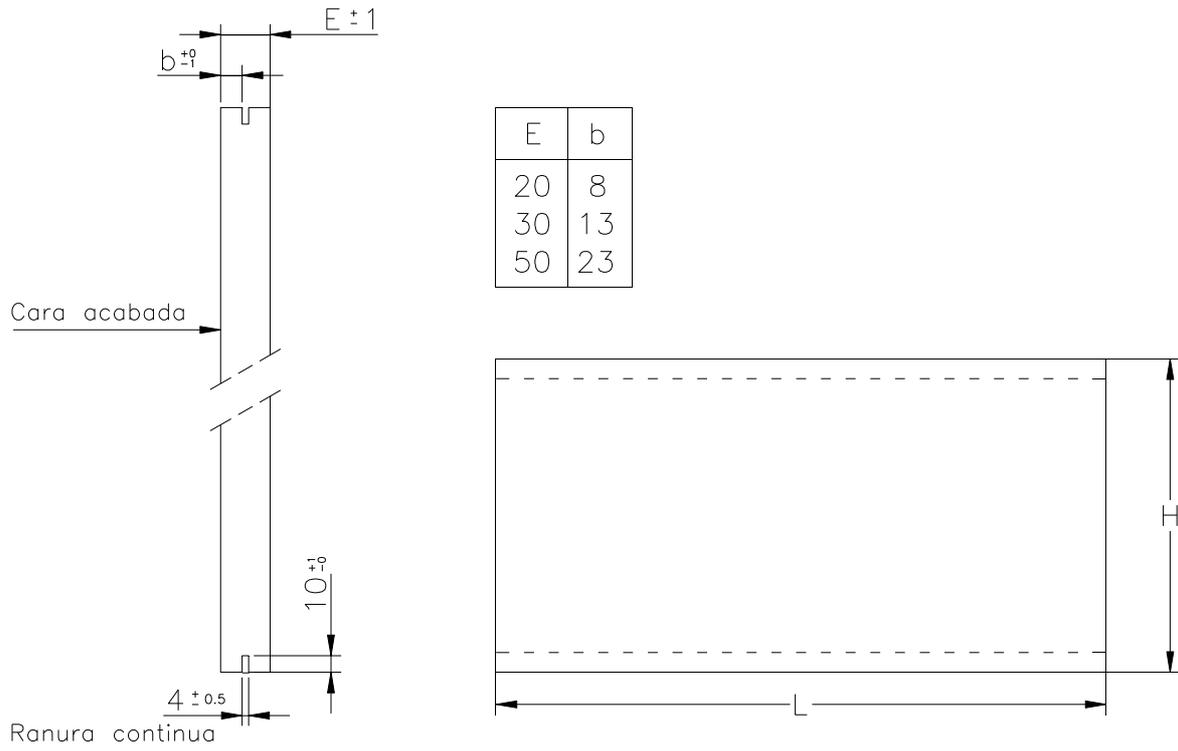


FIGURA 3. MÉNSULA DE SUSTENTACIÓN Y DE RETENCIÓN

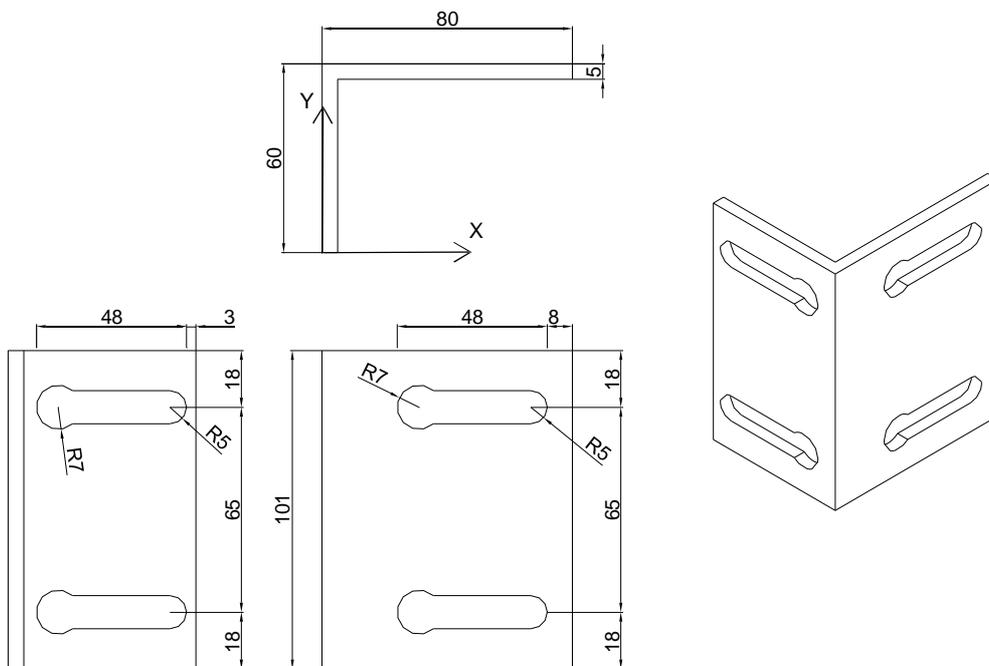


FIGURA 4. PERFIL VERTICAL

PERFIL VERTICAL EN C

PERFIL VERTICAL EN U

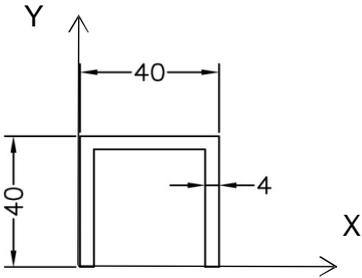
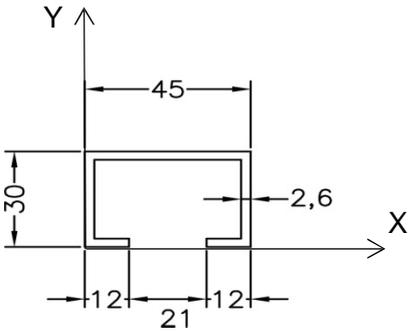
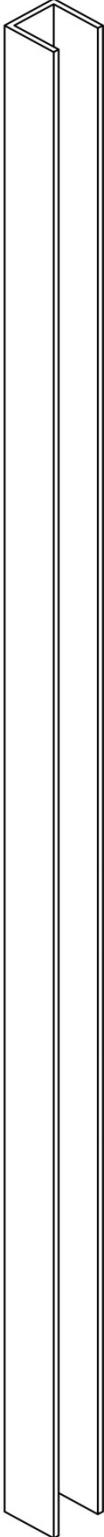
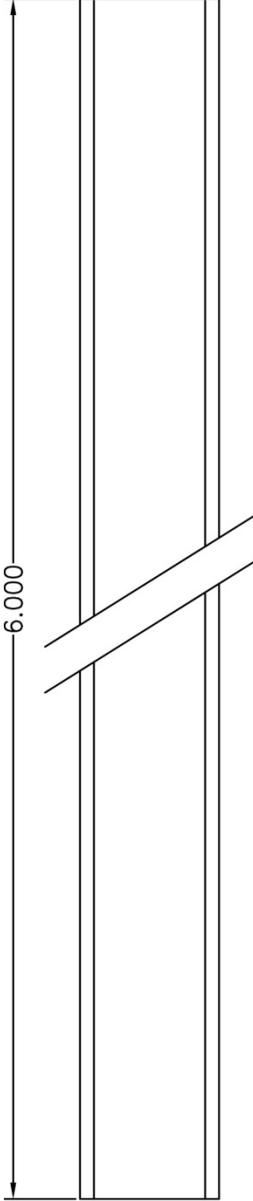
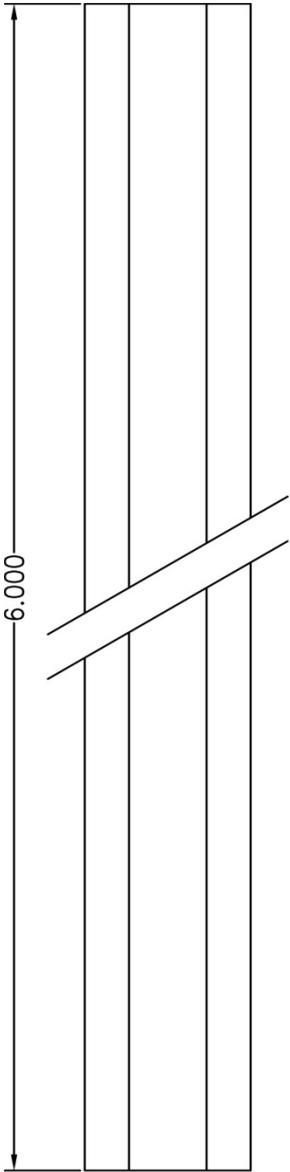
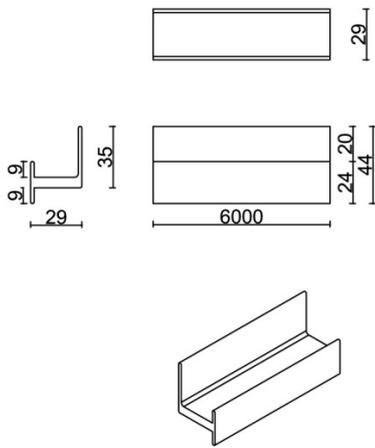
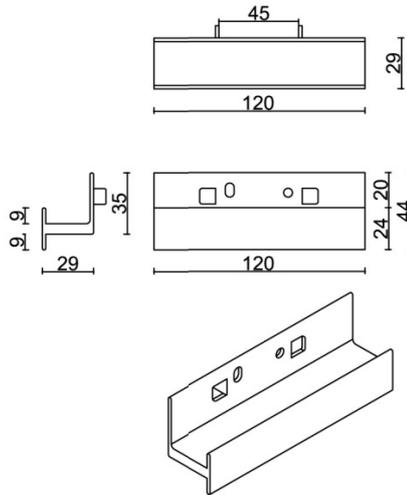


FIGURA 5. PERFIL HORIZONTAL CONTINUO Y DISCONTINUO
 PERFIL INTERMEDIO

PERFIL CONTINUO

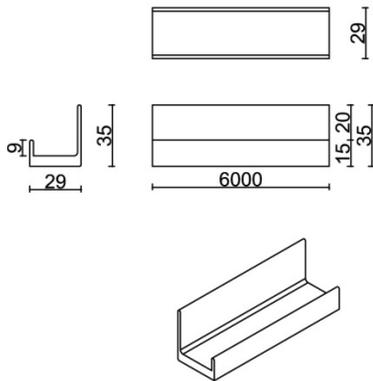


PERFIL DISCONTINUO

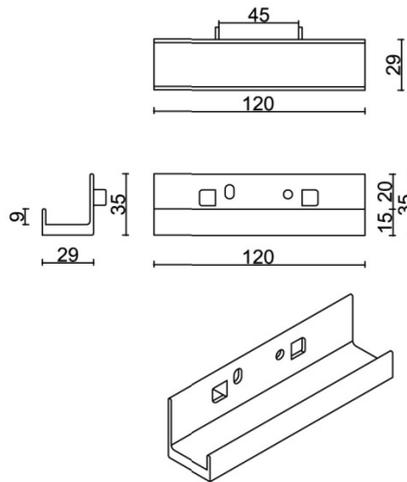


PERFIL ARRANQUE/TERMINACIÓN

PERFIL CONTINUO



PERFIL DISCONTINUO ARRANQUE



PERFIL DISCONTINUO TERMINACIÓN

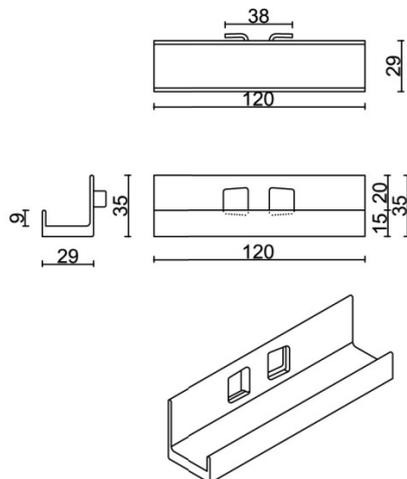
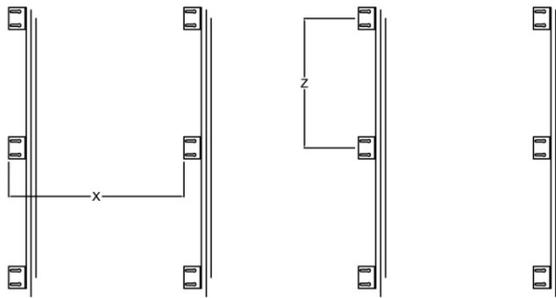


FIGURA 6. FASES DE MONTAJE

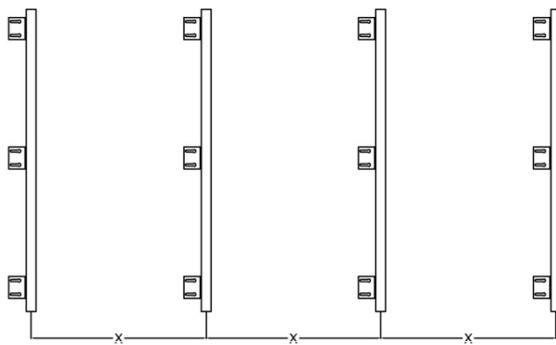
① COLOCACION MENSULAS



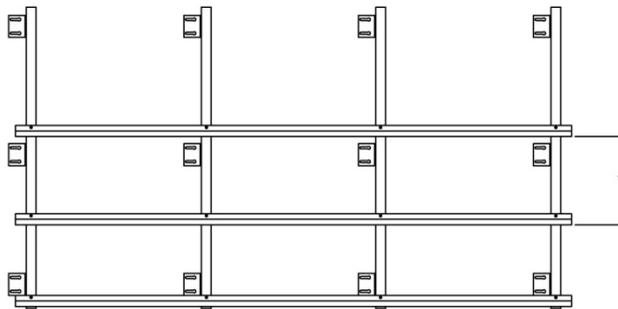
X en función al formato de placa + junta
Z máxima= 1500 mm.

x en función al formato de la placa + junta
z máxima = 1.500 mm

② COLOCACION PERFILES VERTICALES

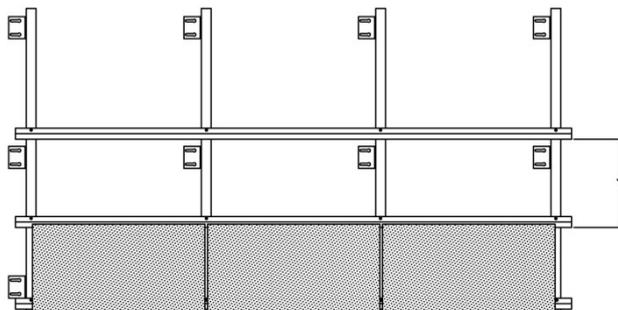


③ COLOCACION PERFILES HORIZONTALES



Y en función al formato de placa + junta

④ COLOCACION DE PLACAS



y en función al formato de la placa + junta

FIGURA 7. SECCIÓN HORIZONTAL

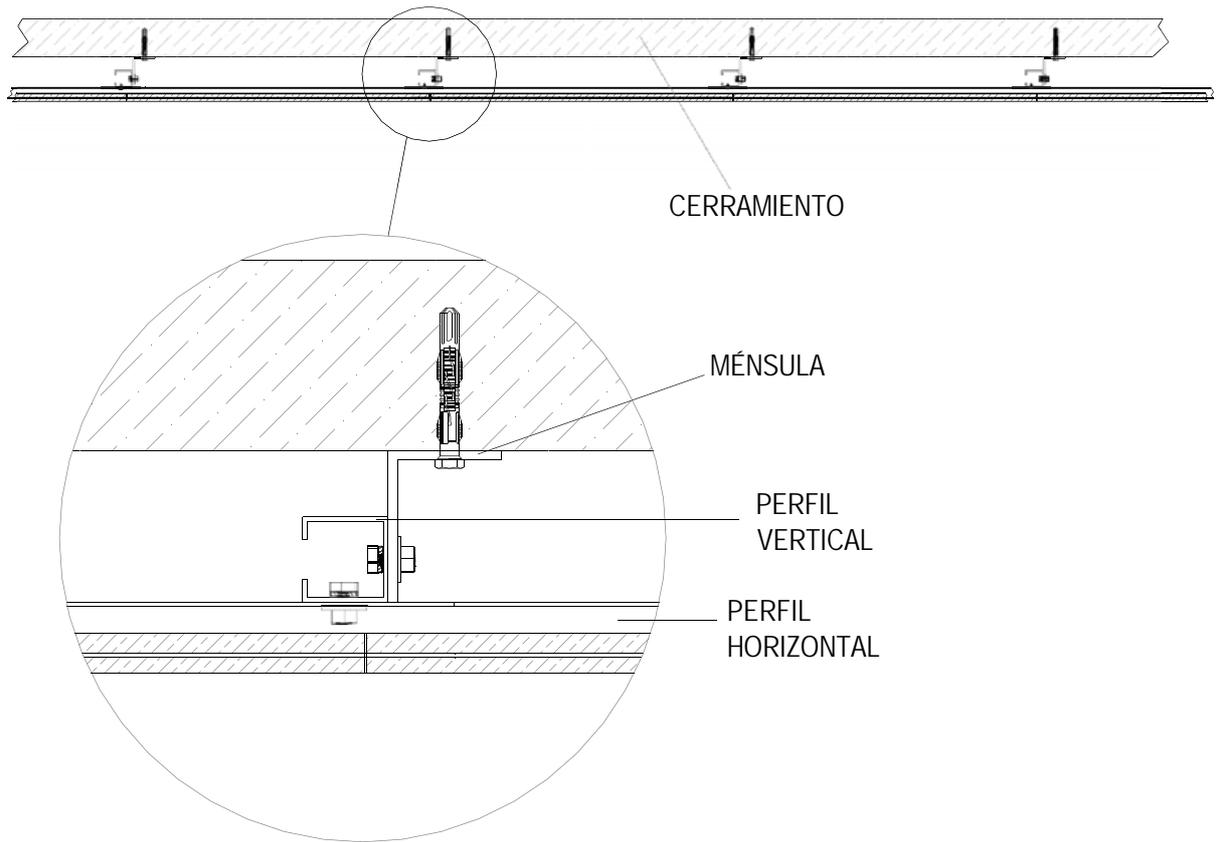


FIGURA 8. ESQUEMA DEL SISTEMA DE FIJACIÓN

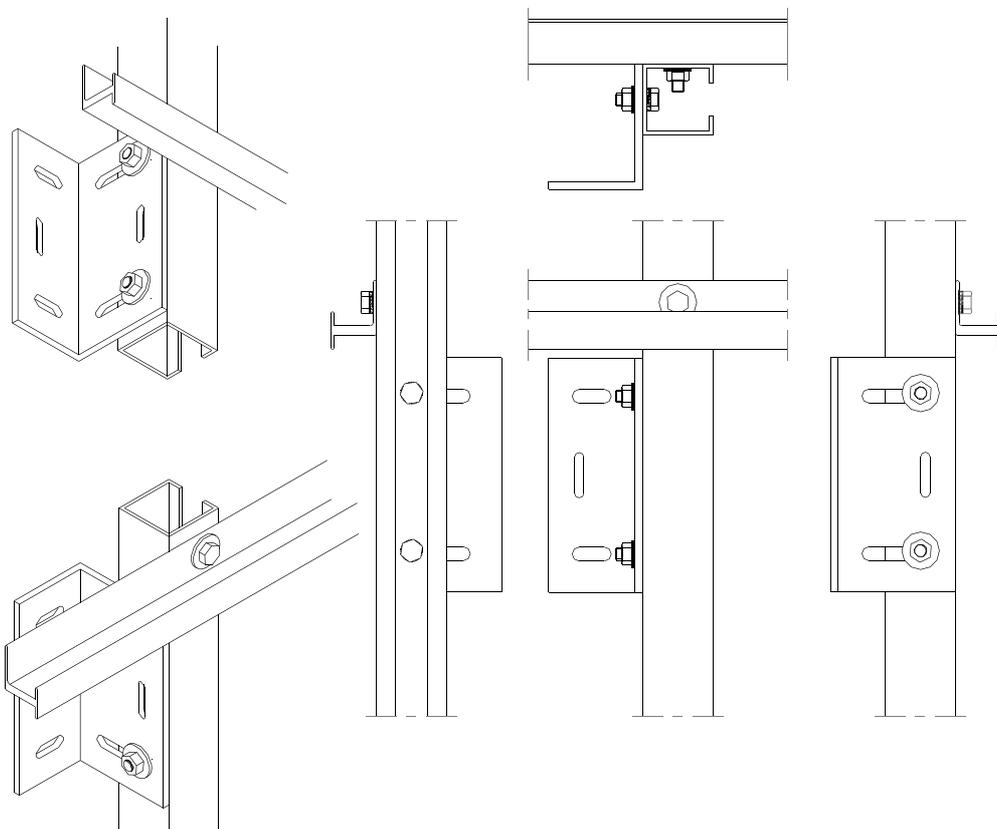


FIGURA 9. DETALLE DE JUNTAS ENTRE PERFILES HORIZONTALES Y VERTICALES

