

INFORME TÉCNICO

CÁLCULO ESTRUCTURAL
DEL SISTEMA DE SUJECIÓN Y ANCLAJE
DE LA FACHADA VENTILADA
CON APLACADO LIGERO "VANGUARD"
DE HORMIGÓN POLÍMERO
EN EL EDIFICIO DE FRONTONES
DE MIRIBILLA EN BILBAO

EMPLAZAMIENTO
CALLE MARTÍN BARUA PIKAZA, 27. BILBAO

PETICIONARIO
ULMA HORMIGÓN POLÍMERO S. COOP.

FECHA
26 DE ENERO DE 2017

Alvaro Sarralde López de Munain
Raúl Espiñeira Fagúndez



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

EXP. E1038

VISADO
Nº Visado: V/1/17/00092
Fecha: 15/03/2017

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

1. MEMORIA

1.1. AGENTES

- 1.1.1. PETICIONARIO
- 1.1.2. AUTORES DEL INFORME

1.2. ANTECEDENTES

- 1.2.1. OBJETO DEL INFORME
- 1.2.2. EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA
- 1.2.3. DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE
- 1.2.4. NORMATIVA DE APLICACIÓN

1.3. INFORMACIÓN PREVIA

- 1.3.1. BREVE DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA
- 1.3.2. PARTES QUE FORMAN EL SISTEMA
- 1.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ANCLAJES

1.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTES QUE FORMAN EL SISTEMA

- 1.4.1. PLACAS DEL REVESTIMIENTO EXTERIOR "VANGUARD"
- 1.4.2. MONTANTES VERTICALES DE ALUMINIO
- 1.4.3. SOPORTE DE LAS PLACAS – PERFIL HORIZONTAL
- 1.4.4. ANCLAJES – MÉNSULAS
- 1.4.5. ELEMENTOS DE FIJACIÓN – TORNILLERÍA
- 1.4.6. PARAMENTO VERTICAL DEL EDIFICIO

1.5. CONSIDERACIONES EN EL CÁLCULO

- 1.5.1. CRITERIOS DE CÁLCULO
- 1.5.2. COEFICIENTES DE SEGURIDAD
- 1.5.3. COMPROBACIONES A REALIZAR
- 1.5.4. MÉTODO DE CÁLCULO

1.6. ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO

- 1.6.1. GRAVITATORIAS
- 1.6.2. VIENTO
- 1.6.3. A 1.6.8 OTRAS ACCIONES

1.7. CÁLCULOS REALIZADOS

- 1.7.1. PLACAS "VANGUARD"
- 1.7.2. PERFILERÍA. CASOS TIPO OBJETO DE ESTUDIO
- 1.7.3. PERFIL HORIZONTAL
- 1.7.4. MONTANTE VERTICAL PERFIL "T"

1.8. COMPROBACIONES REALIZADAS

- 1.8.1. MÉNSULAS DE SUSTENTACIÓN Y RETENCIÓN
- 1.8.2. ANCLAJE MECÁNICO EN MÉNSULA DE SUSTENTACIÓN AL HORMIGÓN
- 1.8.3. ANCLAJE QUÍMICO EN MÉNSULA DE RETENCIÓN A FACHADA
- 1.8.4. TORNILLO AUTORROSCANTE

2. CONCLUSIONES

3. ANEXOS

anexo 1. PLANOS Y ESQUEMAS DEL SISTEMA

anexo 2. FICHAS DE LOS PERFILES

anexo 3. FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ANCLAJES Y TORNILLERÍA
Y ENSAYOS REALIZADOS

anexo 4. FICHAS APLACADO "VANGUARD"

anexo 5. LISTADO DE CÁLCULOS

anexo 6. CERTIFICADOS DIT Y ETA DEL SISTEMA "VANGUARD"



1. MEMORIA

1_1. AGENTES

1_1_1. PETICIONARIO

El presente informe se redacta a petición de la empresa
ULMA HORMIGÓN POLÍMERO S. COOP., con domicilio en B. Zubillaga, 89. Oñate. Guipúzcoa.

1_1_2. AUTORES DEL INFORME

Los autores del informe son:

Álvaro Sarralde López de Munain, Ingeniero Industrial

colegiado N° 3.122 en el COIIA .

Raúl Espiñeira Fagúndez, Ingeniero Industrial

colegiado N° 3.132 en el COIIA .

y con domicilio profesional en Martín Luther King, 8 Bajo. Vitoria-Gasteiz.

1_2. ANTECEDENTES

1_2_1. OBJETO DEL INFORME

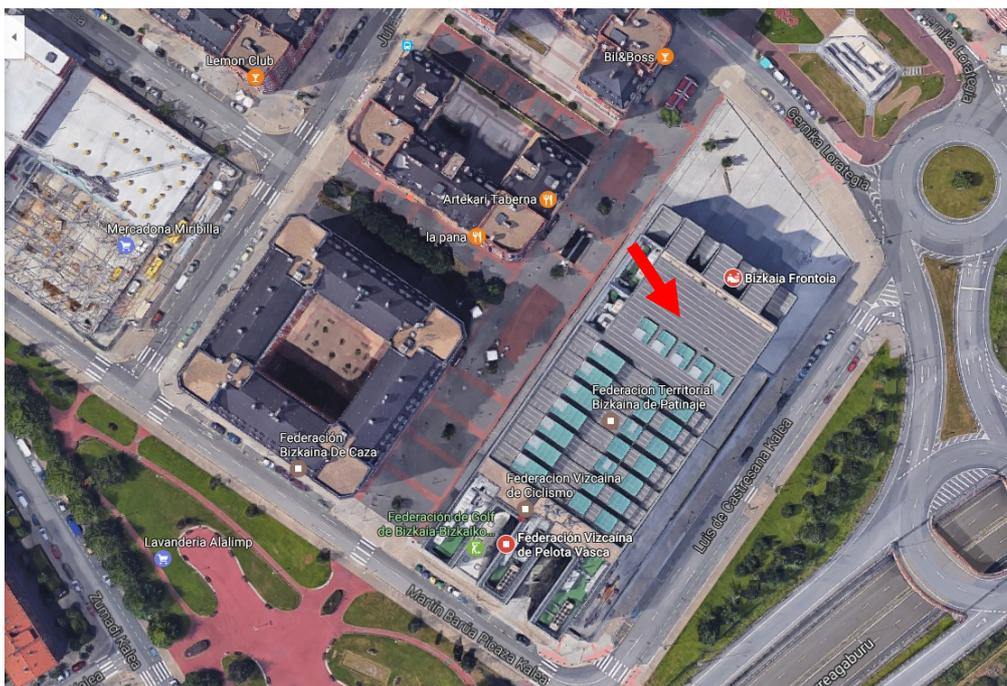
El presente informe hace referencia al estudio técnico estructural del sistema de fijación y anclaje de los elementos que componen la fachada ventilada en el edificio señalado.

Este informe tiene por objeto realizar el estudio desde el punto de vista estructural del sistema de anclaje de la fachada ventilada y determinar la idoneidad técnica del sistema, garantizando su resistencia y estabilidad, todo ello cumpliendo con la normativa de aplicación.

Se trata de analizar la capacidad resistente de los elementos que componen el sistema de sujeción y anclaje, así como realizar la correcta modulación y disposición de los elementos que lo forman.

1_2_2. EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA

La obra se encuentra ubicada en la calle Martin Barua Pikaza, 27. Bilbao.



1_2_3. DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE

Para la redacción del informe se cuenta con la siguiente información.

- Planos de alzados de fachada del edificio.
- Documento de Idoneidad Técnica DIT nº476R/10.
- Evaluación Técnica Europea ETA 16/0519
- Fichas de características de los anclajes mecánicos y tornillería.
- Documento técnico con resultado de ensayos de los anclajes.

1_2_4. NORMATIVA DE APLICACIÓN

En el desarrollo del presente documento se han tenido en cuenta las siguientes Normas que también se observarán en la ejecución de las Obras:

CTE – Código Técnico de la Edificación

EUROCÓDIGO 9

NCSR-02

SE - Seguridad Estructural

DB-SE. Documento Básico Seguridad Estructural.

DB-SE-AE. Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la Edificación.

Proyectos de estructura de Aluminio

Norma de construcción sismorresistente

1_3. INFORMACIÓN PREVIA

1_3_1. BREVE DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema de sujeción y anclaje de fachada ventilada se basa en una subestructura que está compuesta por escuadras (ménsulas) regulables con función separadora, que también transmiten esfuerzos y que van fijadas a la estructura base del edificio, que es la fachada del edificio o cantos del forjado de hormigón.

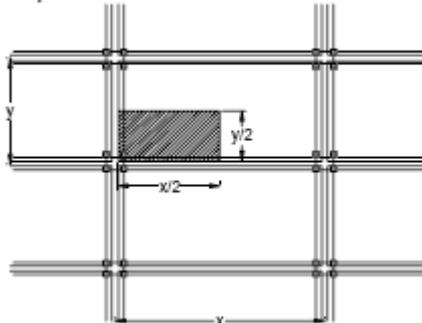
Sobre estas escuadras se fijan mediante tornillos autorroscantes inoxidables los montantes verticales, que son perfiles de aluminio con geometría según fichas del anexo 2.

A los montantes se anclarán los perfiles horizontales, con sección según fichas del informe presentadas en anexo 2, y que son los responsables de la sujeción directa de las placas.

Este sistema no tiene como función contribuir a la estabilidad de la estructura del edificio ni de la fábrica de ladrillo sobre la que se ancla, que se considera autoportante y con la resistencia necesaria para la colocación de la fachada ventilada, recibiendo todos los esfuerzos que ésta le transmita.

La configuración de montaje de la obra objeto de este informe corresponde al tipo A, según el siguiente esquema indicado en el DIT.

Esquema 1a. CONFIGURACIÓN A

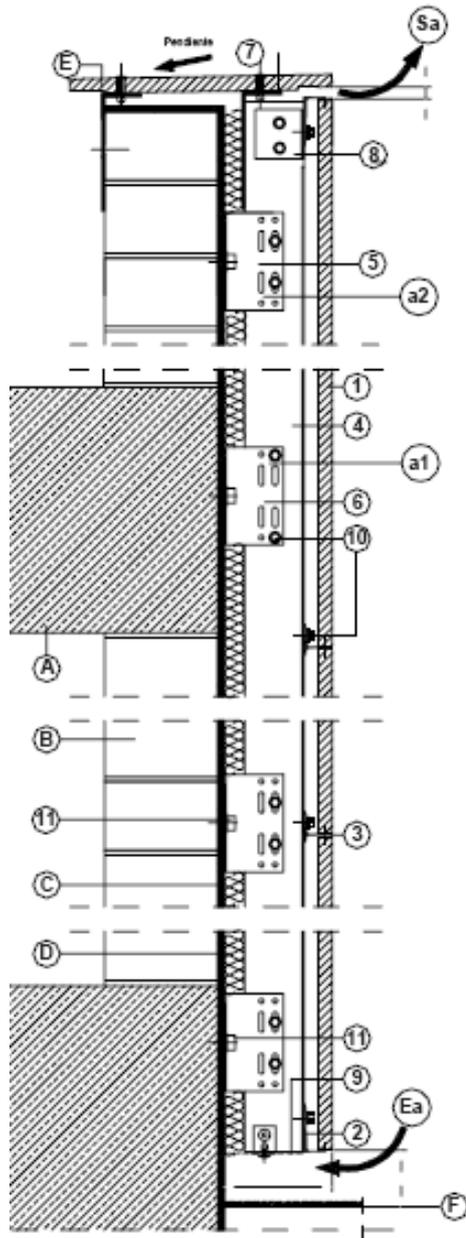


1_3_2. PARTES QUE FORMAN EL SISTEMA

- 1.- **Revestimiento** exterior mediante aplacado de hormigón polímero de dimensiones según proyecto. Estas piezas quedan fijadas a los perfiles horizontales por medio de un ranurado en el canto inferior y superior.
- 2.- **Cámara de aire** ventilada, en la que se puede colocar un aislamiento térmico.
- 3.- **Perfil horizontal**, sobre el cual apoyan las placas.
- 4.- **Montantes** a base de perfiles verticales unidos a las ménsulas separadoras por medio de tornillos autorroscantes de acero inoxidable.
- 5.- **Ménsulas** de aluminio (separadores) para la transmisión de cargas de la subestructura a la estructura base del edificio (paramento vertical del edificio) mediante anclajes.
- 6.- **Tornillería** para la unión de las distintas partes de la subestructura entre sí, y el anclaje de la misma al soporte base del edificio.
- 7.- **Paramento vertical** del edificio, a base de muro de bloque de hormigón sobre forjados de hormigón armado in situ.



Figura 7. SECCIÓN VERTICAL DEL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA CON RANURADO HORIZONTAL.



- A: FORJADOS.
 - B: CERRAMIENTO BASE.
 - C: MORTERO HIDRÓFUGO.
 - D: AISLAMIENTO TÉRMICO.
 - E: ALBARDILLA DE HORMIGÓN POLÍMERO.
 - F: COTA DE SUELO TERMINADO.
 - Ea: ENTRADA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.
 - Sa: SALIDA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.
-
- a1: Anclaje bridado de punto fijo.
 - a2: Anclaje libre de punto deslizante.
-
- 1: Placa de fachada ventilada de hormigón polímero.
 - 2: Perfil de arranque continuo.
 - 3: Perfil-guía continuo.
 - 4: Montante vertical.
 - 5: Anclaje sencillo sobre ladrillo.
 - 6: Anclaje sencillo sobre forjado (en ambos lados del montante).
 - 7: Angular soporte albardilla.
 - 8: Soporte angular.
 - 9: Rejilla anti-roedores.
 - 10: Tornillo autorroscante.
 - 11: Tacos de fijación a cerramiento y forjados.

DIT 476R/10



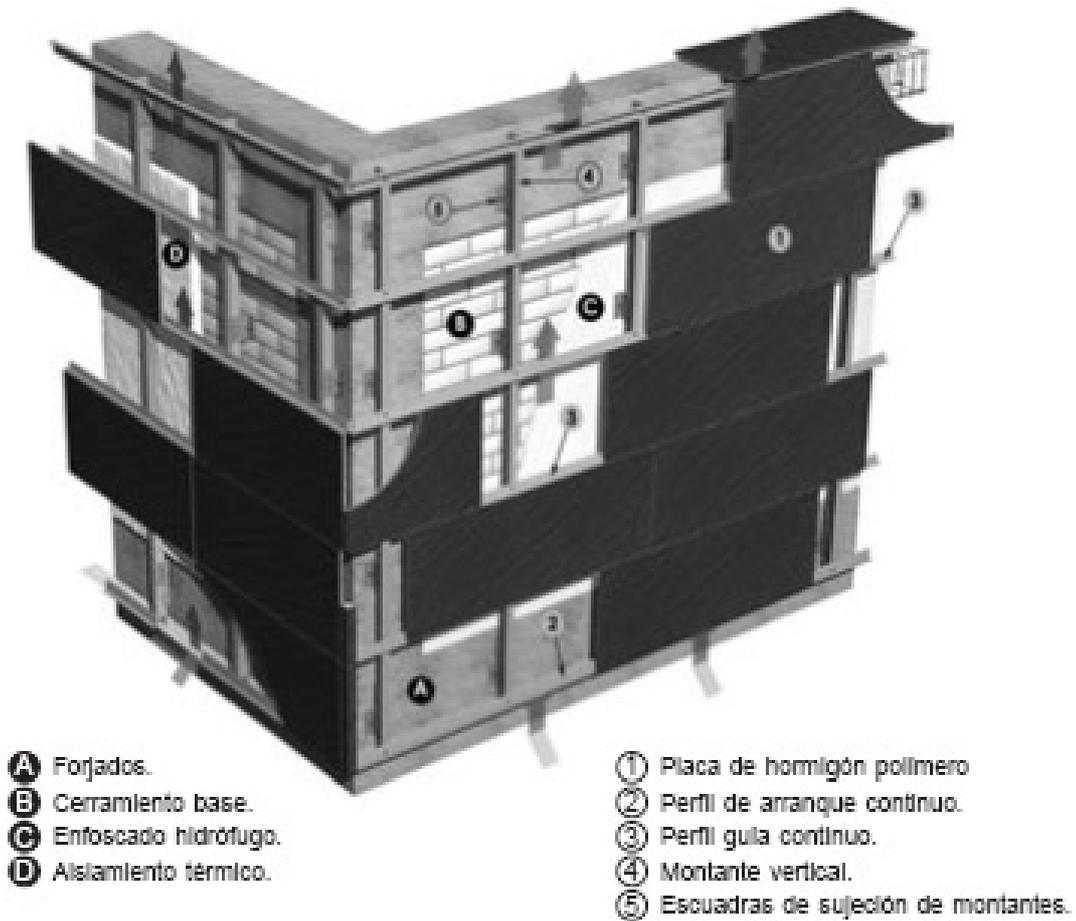
COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

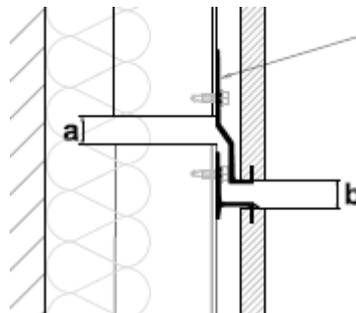
Figura 1. PERSPECTIVA DEL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA PARA PLACAS COLOCADAS HORIZONTALMENTE.



1_3_3. CLASIFICACIÓN DE LOS ANCLAJES

- Existen 2 tipos de anclajes o grapas (perfil horizontal) en cuanto a su forma de trabajar:
 - ANCLAJES DE RETENCIÓN
 - Su función es la de evitar el vuelco de las placas de fachada.
 - Los perfiles que funcionan como retención reciben sólo esfuerzos de viento, no reciben cargas gravitatorias.
 - Su posición corresponde al canto superior de la placa.
 - ANCLAJES DE SUSTENTACIÓN
 - Los anclajes que funcionan como sustentación reciben cargas gravitatorias y esfuerzos de viento.
 - Su posición corresponde al canto inferior de la placa.

En general, a excepción del caso particular de inicio inferior y final superior de fachada y juntas de fraccionamiento (ver detalle en anexo 2), cada perfil horizontal funciona como sustentación para la placa superior y retención para la placa inferior.



- Existen 2 tipos de anclajes o ménsulas separadoras en cuanto a su grado de fijación:
 - ANCLAJES FIJOS:
 - No permiten movimiento en vertical y el punto de amarre permanecerá siempre fijo a la estructura base de amarre (normalmente el canto de forjado).
 - Sólo existirá un anclaje (con 1 taco mecánico) de este tipo por cada tramo de montante.
 - Este tipo de anclaje tendrá función de SUSTENTACIÓN, y es el encargado de recibir la totalidad de las cargas gravitatorias de un tramo de montante del sistema.
 - ANCLAJES DESLIZANTES:
 - Permiten el movimiento en vertical mediante taladro coliso, permitiendo el movimiento en caso de dilatación del montante de aluminio. Con ellos se realiza una fijación al soporte base del edificio.
 - Serán de este tipo el resto de anclajes de cada tramo de montante.
 - Este tipo de anclaje tendrá función de RETENCIÓN.

1_4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTES QUE FORMAN EL SISTEMA

1_4_1. PLACAS DEL REVESTIMIENTO EXTERIOR TIPO "VANGUARD"

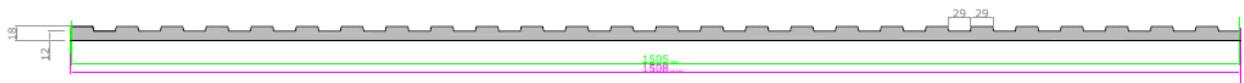
- El revestimiento exterior se resolverá a base de placas de material ligero, de hormigón polímero denominado "VANGUARD".
La dimensión tipo de placas en obra será gracada de espesor 12/18 mm., ancho de 1508 mm. y altura de 507 mm.

- El peso propio del aplacado será $0,37 \text{ kN/m}^2$ (37 kg/m^2)

- El material deberá cumplir con determinadas propiedades físicas en relación a los aspectos indicados a continuación, que no son objeto de estudio en este informe:

- * Densidad aparente (kg/m^3)
- * Reacción al fuego. Según Decisión 96/603/CE de la comisión de 4 de Octubre de 1996 por la que se establece la lista de productos clasificados en la clase A, sin contribución al fuego, con el fin de evitar la propagación exterior. Según el R.D. 312/2005 de 18 de Marzo por el que se aprueba la clasificación de los productos y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia al fuego, en su Anexo I en su apartado 1.2, subapartado 1.2.1, para que los productos puedan ser considerados como pertenecientes a la clase A1 sin necesidad de ser ensayados, deberán estar fabricados a partir de uno o varios materiales que figuran en el cuadro 1.21.
- * Resistencia a flexión (N/mm^2). Las piezas una vez colocadas tienen un comportamiento similar a vigas de gran canto.
- * Carga de rotura (N).
- * Estabilidad dimensional (mm/m).
- * Resistencia al impacto (altura de caída / diámetro de muesca).
- * Coeficiente de dilatación térmica lineal (K1).
- * Resistencia al choque térmico.
- * Resistencia a heladas (heladicidad).

- El sistema dispone de DIT, donde quedan reflejados, entre otros, los aspectos anteriores.
- No es objeto de este informe el estudio del comportamiento del aplacado por no ser elemento estructural.



1_4_2. MONTANTES VERTICALES DE ALUMINIO

PERFIL VERTICAL "T" 100x60x2,5

- Se adjuntan fichas en anexo 2 con sus características geométricas.
- Material: aluminio extruido calidad 6063 con tratamiento o temple T-5.
Este tipo de aluminio se caracteriza por tener una buena resistencia a la corrosión, maquinabilidad y soldabilidad.

1_4_3. SOPORTE DE LAS PLACAS – PERFIL HORIZONTAL

- Existen 4 tipos de perfiles diferentes s/ posición de fachada.
- Se adjuntan fichas en anexo 2 con sus características geométricas y mecánicas.
- Material: aluminio extruido calidad 6063 con tratamiento o temple T-5.

1_4_4. ANCLAJES – MÉNSULAS

- A estos anclajes los denominamos separadores o ménsulas.
 - El sistema de fijación se realiza mediante escuadras regulables de aluminio extruido de aleación aluminio-magnesio-silicio del tipo siguiente:
escuadra "L" 40x100x80x3 y "L" 45x150x180x3,5 mm.
 - Las fijaciones a la subestructura permiten la regulación de niveles de la misma y a los efectos de permitir la dilatación - contracción de la subestructura se disponen ranuras colisas verticales en las ménsulas de retención.
 - SUSTENTACIÓN: autotaladrantes en agujeros fijos. Se anclan en cantos de hormigón.
 - RETENCIÓN: autotaladrantes en agujeros colisos. Se anclan en la fábrica de ladrillo.
- En función de los desplomes del edificio, el vuelo de la ménsula podrá variar. Se realizarán los cálculos con el caso más desfavorable de la obra en cuanto a capacidad resistente de las ménsulas.
- Se adjuntan fichas en anexo 2 con sus características geométricas y mecánicas.
(Para consultar los valores resistentes según ensayos realizados ver ETA en anexo 6).

1_4_5. ELEMENTOS DE FIJACIÓN – TORNILLERÍA

- *Fijación de los perfiles horizontales a verticales, y fijación de los perfiles verticales a los separadores "L" o ménsulas.*

Se utilizan tornillos de acero inoxidable denominados S-MD 03S de diámetro 5,5 mm y longitud 25 mm. del fabricante HILTI.

Características de la tornillería y valores resistentes en fichas del anexo 3.

- *Anclaje de ménsulas separadoras al soporte.*

Las ménsulas de SUSTENTACIÓN al canto de forjado de hormigón se realizará mediante taco HRD 8 del fabricante HILTI.

Las ménsulas de RETENCIÓN estarán colocadas en la fachada de bloque de hormigón y su fijación al soporte base se realizará mediante taco químico HY-170 del fabricante HILTI.

- Se adjuntan fichas de características y resultados del ensayo en anexo 3.

1_4_6. PARAMENTO VERTICAL DEL EDIFICIO

Se trata del soporte base donde se apoyará la subestructura de la fachada ventilada. Se ha resuelto mediante una solución en bloque de hormigón apoyados en forjados de hormigón armado in situ.

Se podrán realizar fijaciones a estos elementos cuando estén capacitados para recibir cargas. No es objeto de este informe la comprobación de este elemento.



1_5. CONSIDERACIONES EN EL CÁLCULO

1_5_1. CRITERIOS DE CÁLCULO

Para la evaluación de la resistencia y estabilidad del sistema, se considerarán las acciones más desfavorables especificadas en las distintas situaciones indicadas en el punto 3.3 del CTE DB SE-AE.

Para el cálculo, tanto del número, geometría y disposición de las ménsulas y montantes, como de la resistencia de la fijación entre ménsulas y perfilera vertical y de la resistencia del anclaje de la subestructura a la estructura soporte, se deben tener en cuenta los coeficientes de mayoración de acciones.

El tipo de anclaje de la subestructura del sistema a la estructura soporte debe elegirse *individualmente para cada proyecto* en función del tipo de soporte y del valor de las acciones que intervienen, garantizando la resistencia, estabilidad y la durabilidad del sistema.

Los anclajes de la subestructura del sistema a la estructura soporte deben cumplir con las normas que le sean de aplicación, así como disponer de los certificados que le sean exigibles.

Debe justificarse mediante cálculo que la solución adoptada del sistema resiste las acciones que en cada proyecto le son de aplicación.

Los requisitos de seguridad estructural que debe cumplir tanto el sistema de fachada ventilada como la estructura soporte según CTE Y EUROCODIGO 9, deben determinarse en función de la geometría general del edificio y su situación topográfica, definiendo así las acciones a las que va estar sometida la fachada.

Se deberá prever el cálculo a viento teniendo especial cuidado con las partes perimetrales de las fachadas expuestas (zonas de esquina).

De la subestructura de anclaje del sistema debe determinarse el número de ménsulas y su disposición, la fijación de la perfilera vertical a las ménsulas y el tipo, número y disposición de la fijación de la subestructura de anclaje a la estructura soporte.

Es aconsejable que los puntos fijos de la perfilera vertical (ménsulas de sustentación) se encuentren sobre la estructura del edificio, por ejemplo sobre los cantos del forjado.

La distancia entre las ménsulas vendrá determinada en función de las acciones y de la distancia entre los perfiles verticales, teniendo en cuenta que la flecha total máxima admisible de los perfiles verticales es $L/200$, según DIT.

1_5_2. COEFICIENTES DE SEGURIDAD Y DEFORMACIÓN ADMISIBLE

Coefficientes de seguridad de mayoración de acciones del código técnico – CTE:

- acciones permanentes (peso propio de las placas): $\gamma_p = 1,35$
- acciones variables (viento): $\gamma_q = 1,50$

- minoración del material - aluminio: $\gamma_m = 1,10$

La flecha máxima admisible de los perfiles es $L/200$.

Los vuelos se comprobarán con $L = 1,60xV$, siendo V la longitud del vuelo.



1_5_3. COMPROBACIONES A REALIZAR

- Los valores límites a considerar en las comprobaciones son los siguientes:
 - no superar el límite elástico del material.
 - no superar la flecha máxima admisible en los elementos estructurales
 - no superar los valores de cálculo de la tornillería y anclajes
- Comprobaciones a realizar:
 - 1.- comprobación del perfil horizontal
 - 2.- comprobación del montante
 - 3.- comprobación de las ménsulas
 - 4.- comprobación de la tornillería:
 - 4.1.- perno de ménsula fija a forjado
 - 4.2.- perno de ménsula deslizante a fachada
 - 4.3.- tornillo de fijación de montante a ménsulas y perfil horizontal

1_5_4. MÉTODO DE CÁLCULO

El cálculo de la estructura ha sido realizado mediante modelo informático en el programa METAL 3D de Cype.

Los criterios considerados para el cálculo de la estructura y el armado de las secciones siguen las especificaciones de la normativa de aplicación, ajustándose los valores de cálculo de los materiales, los coeficientes de mayoración de cargas... a dichas especificaciones.

Para el cálculo de esfuerzos (momentos flectores, esfuerzos cortantes y axiles) se utilizan las teorías clásicas de la mecánica por tratarse de estructuras estáticamente determinadas.

El método de cálculo aplicado es de los Estados Límites, en el que se pretende limitar que el efecto de las acciones exteriores ponderadas por unos coeficientes, sea inferior a la respuesta de la estructura, minorando las resistencias de los materiales.

En los estados límites últimos se comprueban los correspondientes a: equilibrio, agotamiento o rotura. En los estados límites de utilización, se comprueba: deformaciones (flechas).

1_6. ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO

Las acciones sobre el sistema de fachada ventilada se calculan según lo establecido en CTE DB-SE-AE Acciones en la Edificación, con los coeficientes de mayoración de acciones recogidos en el CTE DB-SE. Seguridad Estructural.

1_6_1. GRAVITATORIAS

- Peso propio de las placas.

Se considera que el aplacado tendrá un peso de 37 Kg/m² para un espesor de placa grecada de 12-18 mm.

El peso propio de la perfilería se tendrá en cuenta en cada modelo estructural analizado, para cada tipo de barra estudiada.



1_6_2. VIENTO

- Se considera que las piezas del aplacado deben soportar la acción del viento tanto de succión como de presión y su propio peso, transmitiéndola a sus apoyos en los perfiles.
- La estructura se comprobará ante la acción del viento en todas direcciones, independientemente de la existencia de construcciones contiguas medianeras, aunque generalmente bastará la consideración en dos sensiblemente ortogonales cualesquiera. Para cada dirección se debe considerar la acción en los dos sentidos (presión y succión)
- La acción de viento genera además fuerzas tangenciales paralelas a la superficie. Se calculan como el producto de la presión exterior por el coeficiente de rozamiento, de valor igual a 0,01 si la superficie es muy lisa, por ejemplo de acero o aluminio, 0,02 si es rugosa como en el caso de hormigón, y 0,04 si es muy rugosa, como en el caso de existencia de ondas, nervadura o pliegues.
En las superficies a barlovento y sotavento no será necesario tener en cuenta la acción del rozamiento si su valor no supera el 10% de la fuerza perpendicular debida a la acción del viento.
- Los esfuerzos de viento vienen dados por la expresión :

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$
 , donde:
 q_e es la presión estática del viento.
 q_b es la presión dinámica del viento.
 c_e es el coeficiente de exposición.
 c_p es el coeficiente eólico.

Altura máxima de la fachada ventilada	30,5 m
Zona eólica C: velocidad básica del viento	29 m/s
Grado de aspereza del entorno	IV
Presión dinámica zona C.....	0.52 kN/m ²
Coeficiente de exposición c_e	2,60
Coeficiente eólico de presión c_p zona D (tabla D.3)	1,00 (presión)
Coeficiente eólico de succión c_s zona B (tabla D.3)	-1,10 (succión)
Coeficiente eólico de succión c_s zona A (tabla D.3)	-1,40 (succión esquina)
Para $A < 1$ m ² y $h/d = 1$	

Para el cálculo del viento se aplicarán los valores de esfuerzos correspondientes a cada zona de la fachada en función de la dirección del viento, con los siguientes valores de presión y succión según el CTE.

- El valor de c_e se obtiene según apartado D.2 coeficientes de exposición, de la siguiente fórmula:
 - $C_e = F(F + 7k)$, con $F = k \cdot \ln(\max(z, Z)/L)$
 - Para grado de aspereza IV, tenemos $k = 0,22$, $L = 0,3$ y $Z = 5$
- De esta forma obtenemos, en función de la altura, $h = 30,5$ m., c_e

$$- \text{presión: } p = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,52 \times 2,60 \times 1,00 = 1,35 \text{ kN/ m}^2 \text{ (135 Kg/ m}^2\text{)}$$

En zona B de fachada (tabla D.3)

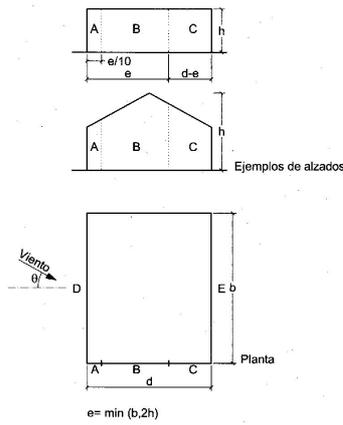
$$- \text{succión: } s = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,52 \times 2,60 \times -1,10 = -1,49 \text{ kN/ m}^2 \text{ (-149 Kg/ m}^2\text{)}$$

En zona A (esquinas) de fachada (tabla D.3), hasta 8 plantas

$$- \text{succión: } s = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,52 \times 2,60 \times -1,40 = -1,89 \text{ kN/ m}^2 \text{ (-189 Kg/ m}^2\text{)}$$



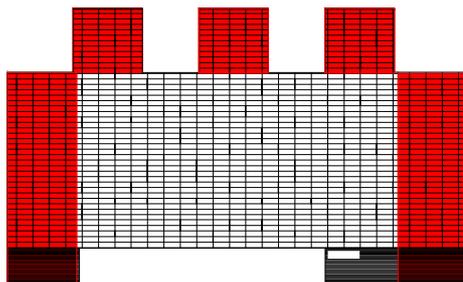
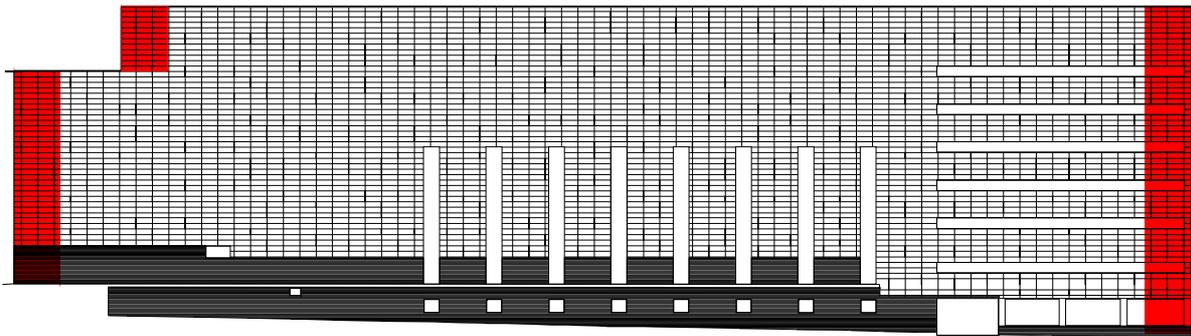
Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

En base a la fórmula $e/10$, donde $e = \min(b/2h)$, se considerará la siguiente zona afectada por viento de esquina:

- 4,20 metros en las fachadas largas.
- 6,00 metros en las fachadas cortas.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

1_6_3. TÉRMICAS

- El sistema y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de temperatura ambiente exterior.
La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos.
Los efectos globales de la acción térmica pueden obtenerse a partir de la variación de temperatura media de los elementos estructurales, en general, separadamente para los efectos de verano, dilatación, y de invierno, contracción, a partir de una temperatura de referencia, cuando se construyó el elemento y que puede tomarse como la media anual del emplazamiento o 10°C.
El valor característico de la temperatura máxima del aire, depende del clima del lugar y de la altitud. A falta de datos empíricos más precisos, se podrá tomar, independientemente de la altitud, igual al límite superior del intervalo reflejado en el mapa de la figura E-1.
Como temperatura máxima en verano se adoptará la extrema del ambiente incrementada en la procedente del efecto de la radiación solar, según la tabla 3.6 del DB-SE-AE:
Para elementos expuestos a la intemperie, como temperatura mínima se adoptará la extrema del ambiente.
Como valor característico de la temperatura mínima del aire exterior, puede tomarse la de la tabla E.1 del DB-SE-AE, en función de la altitud del emplazamiento, y la zona climática invernal, según el mapa de la figura E-2 de este mismo documento
- Para el caso particular de la obra que nos ocupa, las acciones térmicas y reológicas no se tienen en cuenta, dadas las características de la fachada, considerando el Documento Básico DB-SE-AE del CTE.
Para ello, se toman las medidas necesarias para mantener continuamente juntas de dilatación con total independencia de las partes en cada lado de las juntas, y el empleo de agujeros colisos donde corresponda.
 - Siendo el coeficiente de dilatación térmica del perfil de aluminio C (1/°C)=0,0000236, y supuesto un montaje con una temperatura media de 15 °C, y teniendo un incremento de temperatura de 30°, tenemos el siguiente incremento de longitud del perfil de longitud 2,40 m. desde el punto fijo a su extremo. $L=2400\text{mm}\times 30^{\circ}\times 0,0000236=1,70\text{ mm}$.
 - Las juntas previstas en el DIT son compatibles con esta dilatación. En el punto 7.2.3 se especifica que la junta horizontal mínima entre montantes verticales será de 2 cm.
 - El empalme de los perfiles guía se realizará fijando cada perfil sobre el montante vertical dejando una junta abierta de 8-11 mm. (punto 7.2.5.1 del DIT)
 - Se deberá garantizar y comprobar en obra especialmente el cumplimiento de las juntas de dilatación y cualquier dimensión relacionada con este aspecto.
 - En el punto 7.1 del DIT se especifica que las placas ya colocadas no deben estar coaccionadas en su plano.



1_6_4. SÍSMICAS

Las acciones sísmicas son acciones accidentales y están reguladas en la NCSR-02, Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación, y dependerán de la situación del edificio en el territorio nacional.

En el capítulo 4, "Reglas de diseño y prescripciones constructivas en edificaciones", se especifica que los valores de cálculo y diseño sismorresistente deben asegurar que terremotos pequeños, de periodo de retorno del mismo orden que la vida de la construcción, no deben ocasionar daños significativos a los elementos no estructurales.

Según el apartado 4.7.6 Revestimientos y aplacados, en zonas de tránsito, la fijación de los revestimientos y el anclaje de elementos de fachada se debe realizar con materiales de alta durabilidad y mediante técnicas apropiadas para evitar desprendimientos de piezas en caso de sismo. Los componentes (perfiles verticales, separadores..) han sido diseñados para ser instalados en zonas con aceleración de cálculo a_c no superiores a 0,08g. Cuando los elementos se dispongan en zonas sísmicas de grado mayor ($0,08g < a_c \leq 0,16g$), los paños de cerramiento deberán anclarse a estructuras rígidas formando porciones no mayores de 20m² o 5m;

en zonas de grado superior ($a_c > 0,16g$), los paños no excederán de 10 m² o 3m.

- Para la obra objeto de este estudio, las acciones sísmicas no se consideran, según la Norma NCSR.

Clasificación de la construcción (art. 1.2.2.)..... Normal

Aceleración sísmica básica (art. 2.1 y anejo 1) $a_b < 0,04g$

Criterios de aplicación de la norma. No es de aplicación:

- En construcciones de moderada importancia.
- En edificaciones de importancia normal o especial si $a_b < 0,04g$

1_6_5. IMPACTO

- Se han realizado ensayos a impacto, que quedan reflejados en el DIT, garantizado la integridad de la placa.

No es objeto de este informe dimensionar la subestructura a cargas de impacto.

Para poder evitar las roturas de las placas en situaciones de impactos (zonas accesibles a nivel de uso – no en altura) se aconseja macizar las zonas expuestas a impactos en una altura suficiente. De esta forma los anclajes estudiados no deben responder a esfuerzos de impacto.

1_6_6. FUEGO

- Por tratarse de elementos exteriores sin carga de fuego, no se considera la aplicación la carga de fuego. Las placas cumplen con la clasificación B-s2, d0, según DIT.

1_6_7. HIELO

- Se desprecia la acción del hielo en los anclajes debido a su correcto diseño y colocación en obra.

1_6_8. AMBIENTALES

- Se eligen los materiales adecuados que garantizan una correcta durabilidad y resistencia a las condiciones ambientales adversas.



1_7. CÁLCULOS REALIZADOS

Se analizan a continuación todos los casos representativos de la obra correspondientes a las situaciones más desfavorables, en cuanto a cargas actuantes, longitudes de perfiles, número de apoyos.

1_7_1. PLACAS "VANGUARD"

- Los esfuerzos actuantes sobre cada placa son el peso propio de la placa y el viento.
- Para el peso propio de la placa, en su posición de colocación, actúa como viga de gran canto biapoyada en sus extremos. La integridad de la placa queda garantizada para la actuación del peso propio.
- Para los esfuerzos de viento, la carga actuante máxima de viento (succión esquina), es menor que la carga admisible de la placa en función de la modulación de apoyos, según datos aportados de ensayos en el punto 10 del DIT. CUMPLE.

1_7_2. PERFILERÍA. CASOS TIPO OBJETO DE ESTUDIO

Se señalan a continuación los casos representativos del montaje de fachada en obra que corresponden a los casos más desfavorables.

- **Criterios de diseño del perfil horizontal.**

- Cargas aplicadas: peso propio y viento.
- Separación máxima de montantes: 0,75 metros
- Separación máxima entre perfiles horizontales: 0,50 metros
- Los perfiles horizontales se anclarán a los montantes verticales con 1 autotaladrante.
- La longitud máxima de cada tramo de perfil horizontal será de 3 m.
- Caso A: Peso propio y viento de succión esquina en perfil figura 4.1
- Caso B: Peso propio y viento de succión esquina en perfil figura 4.2
- El resto de tipos de perfiles (junta de fraccionamiento) tienen propiedades mecánicas superiores, por lo que no representan el caso más desfavorable a estudiar.
- Perfiles con 4 vanos de 75 cm. cada uno.

- **Criterios de diseño de los apoyos del montante en las ménsulas.
Montante "T" 100x60x2,5 mm. Tramos de 4150 mm.**

- Cargas aplicadas: peso propio y viento de presión y succión normal y esquina.
- Separación máxima de montantes: 0,75 metros
- Caso 1: Para viento de presión en cualquier parte del edificio.
- Caso 2: Para viento de succión **normal** (caso general, no esquinas).
Perfiles con 7 vanos. Apoyo en 1 ménsula de sustentación y 7 de retención.
- Separación máxima entre ménsulas: **600 mm.**
- Caso 3: Para viento de succión **esquina** para altura de fachada **h < 20 m.**
Perfiles con 7 vanos. Apoyo en 1 ménsula de sustentación y 7 de retención.
- Separación máxima entre ménsulas: **550 mm.**
- Se dejarán tramos volados en los extremos de 150 mm., contemplados en el DIT.
- Caso 4: Para viento de succión **esquina** para altura de fachada **h > 20 m.**
Perfiles con 9 vanos. Apoyo en 1 ménsula de sustentación y 9 de retención.
- Separación máxima entre ménsulas: **450 mm.**
- Se dejarán tramos volados en los extremos de 150 mm., contemplados en el DIT.

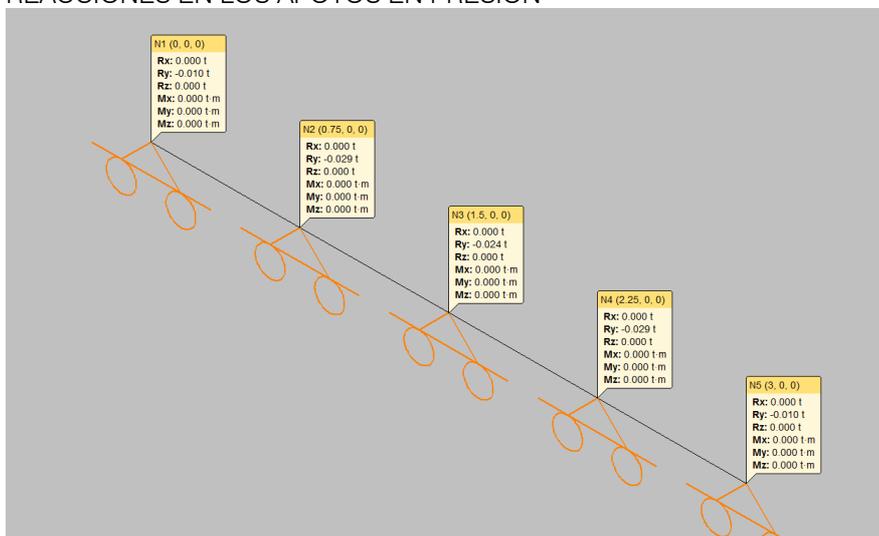


1_7_3. PERFIL HORIZONTAL

CASO A) PERFIL HORIZONTAL DE ARRANQUE

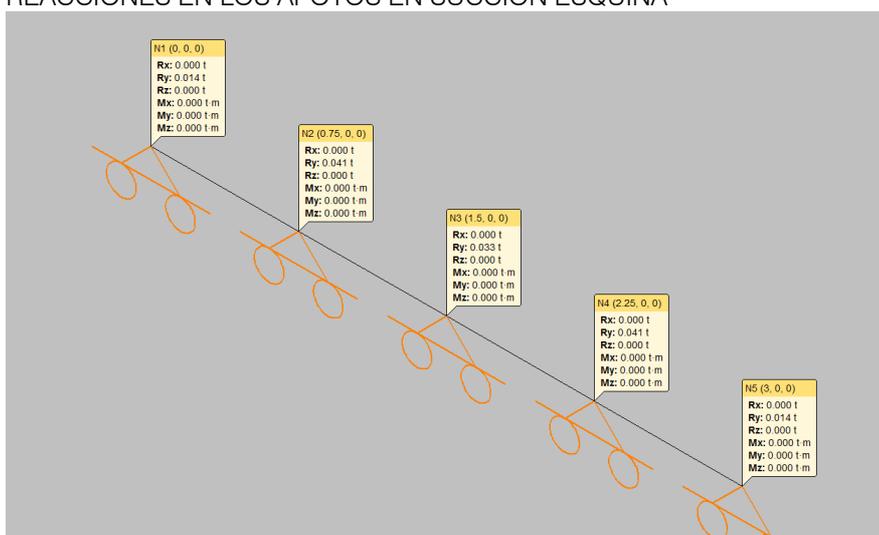
- Cálculos para la obtención de las cargas a aplicar:
 - Para las cargas gravitatorias
 $Altura\ de\ placa = 0,507\ m.$
 $Fvd = peso\ propio\ de\ placas = 0,507\ m \times 37\ kg/m^2 = 18,80\ kg/ml$
 La placa, según DIT, trabaja como viga de gran canto, trasladando su peso propio a los puntos rígidos de apoyo, que se corresponden con los cruces del perfil vertical y horizontal.
 - Para los esfuerzos de viento (caso más desfavorable viento de succ. esquina:
 $ancho\ de\ banda\ sobre\ el\ perfil\ (media\ placa) = 0,253\ m.$
 $presión\ Fhd = 0,253\ m \times 135\ Kg/m^2 = 34,15\ kg/ml$
 $succión\ esquina\ Fhd = 0,253\ m \times 189\ Kg/m^2 = 47,8\ kg/ml$

REACCIONES EN LOS APOYOS EN PRESIÓN



- Reacciones en los apoyos (valores sin mayorar):
 - eje X (dirección perpendicular a la fachada hacia el interior) = 290 N (29 kg)

REACCIONES EN LOS APOYOS EN SUCCIÓN ESQUINA



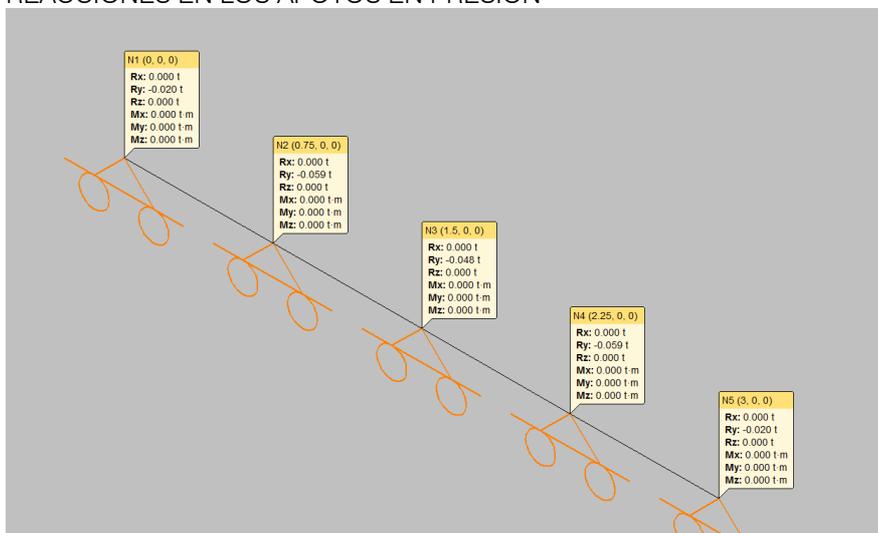
- Reacciones en los apoyos (valores sin mayorar):
 - eje X (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 410 N (41 kg)



CASO B) PERFIL HORIZONTAL GUÍA JUNTA 3,5 mm.

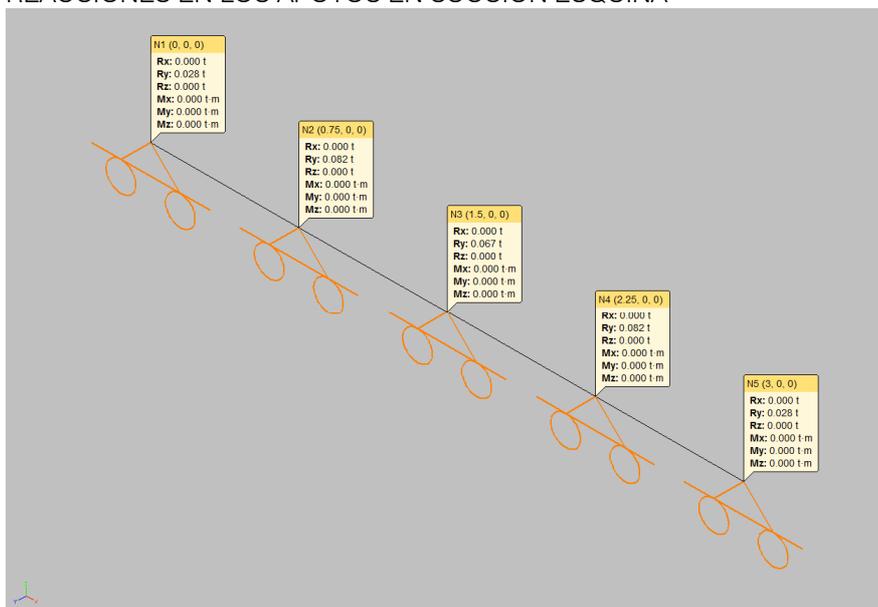
- Cálculos para la obtención de las cargas a aplicar:
 - Para las cargas gravitatorias
 $Altura\ de\ placa = 0,507\ m.$
 $Fvd = peso\ propio\ de\ placas = 0,507\ m \times 37\ kg/m^2 = 18,80\ kg/ml$
 La placa, según DIT, trabaja como viga de gran canto, trasladando su peso propio a los puntos rígidos de apoyo, que se corresponden con los cruces del perfil vertical y horizontal.
 - Para los esfuerzos de viento (caso más desfavorable viento de succ. esquina y presión):
 $ancho\ banda\ sobre\ el\ perfil\ (media\ placa\ inferior\ y\ media\ superior) = 0,507\ m.$
 $presión\ Fhd = 0,507\ m \times 135\ Kg/m^2 = 68,45\ kg/ml$
 $succión\ esquina\ Fhd = 0,507\ m \times 189\ Kg/m^2 = 95,8\ kg/ml$

REACCIONES EN LOS APOYOS EN PRESIÓN



- Reacciones en los apoyos (valores sin mayorar):
 - eje X (dirección perpendicular a la fachada hacia el interior) = 590 N (59 kg)

REACCIONES EN LOS APOYOS EN SUCCIÓN ESQUINA



- Reacciones en los apoyos (valores sin mayorar):
 - eje X (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 820 N (82 kg)



Tras obtener las reacciones en los apoyos por carga de viento, se realizará la comprobación de la correcta transmisión de dichos esfuerzos de viento.

Por ser la placa un elemento de mayor rigidez que el perfil horizontal, transmite los esfuerzos directamente a los puntos de apoyo, por lo que es necesario la comprobación del correcto funcionamiento del conjunto perfil-placa con ranura para las cargas actuantes.

Para ello disponemos de la tabla 3.8 RESISTENCIA DEL ELEMENTO DE REVESTIMIENTO RANURADO del documento ETA 16/0519.

Los valores se dan en función del labio interior para viento de succión y labio exterior para viento de presión.

3.8 Resistencia del elemento de revestimiento ranurado

La resistencia de los paneles VANGUARD en la ranura ha sido evaluada según el apartado 2.2.8 del EAD 090020-00-0404. Los valores medios y característicos se indican en la tabla 3.5.

Tabla 3.5: Resistencia del panel en la ranura.

Elemento de revestimiento	Tipo de ranura (*)	Resistencia última (N)	
		$R_{m,u}$	$R_{c,u}$ (**)
VANGUARD 11	Labio interior	1812	1011
	Labio exterior	1308	358
VANGUARD 11+	Labio interior	2149	1607
	Labio exterior	2332	1362
VANGUARD 14 & 14+	Labio interior	2431	1345
	Labio exterior	1893	1626

(*) El labio interior actúa con la acción de succión de viento y el labio exterior actúa con la acción de presión de viento.
(**) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.

Valores del esfuerzo máximo actuante:

Presión: T_p : $R_h=0,59$ kN (59 kg). Valor mayorado: $T_p^*max=R^*h=0,86$ kN (86 kg)

Succión T_s : $R_h=0,82$ kN (82 kg). Valor mayorado: $T_s^*max=R^*h=1,23$ kN (123 kg)

- Valores resistentes obtenidos del ETA 16/0519, VANGUARD 11+

- Valor resistente característico labio exterior. $T_{eu}=1362$ N (136,2 kg)

- Valor resistente característico labio interior. $T_{iu}=1607$ N (160,7 kg)

- Valor resistente de diseño labio exterior. $T_{eu}=1238$ N (123,8 kg)

- Valor resistente de diseño labio interior. $T_{iu}=1461$ N (146,1 kg)

- Comprobación: Los esfuerzos puestos en juego (mayorados) son inferiores a los valores resistentes (valor de diseño).

$T_p^*max < T_{eu}$. CUMPLE.

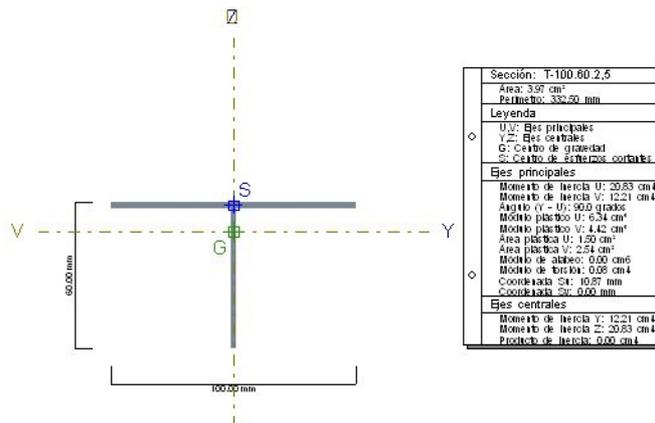
$T_s^*max < T_{iu}$. CUMPLE.



1_7_4. MONTANTES "T" 100x60x2,5 mm

Los montantes verticales se anclarán a la ménsula fija en canto de forjado en los agujeros fijos, y a la ménsula deslizante en la fachada en los agujeros colisos.

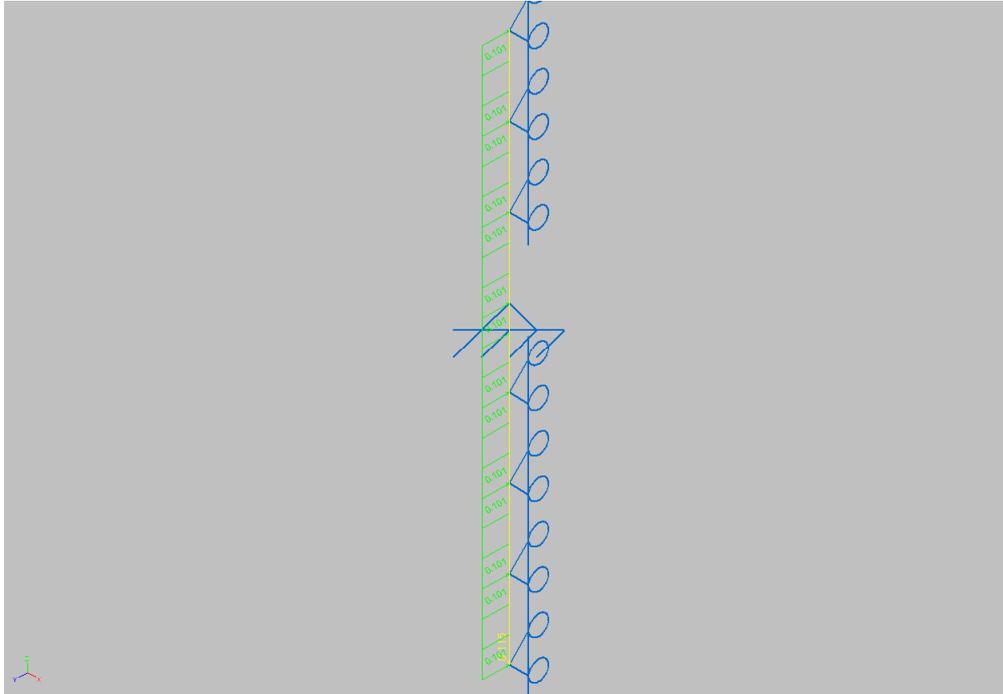
- Cálculos para la obtención de las cargas a aplicar:
 - Para las cargas gravitatorias, caso de forjado a forjado:
 $\text{ancho de banda sobre el montante} = 0,75 \text{ m.}$
 $\text{Fvd} = \text{peso propio de placas y perfiles} = 0,75 \text{ m} \times 4,15 \text{ m} \times 37 \text{ kg/m}^2 = 115 \text{ kg}$
 - Para los esfuerzos de viento:
 $\text{ancho de banda sobre el montante} = 0,75 \text{ m.}$
 $\text{presión Fhd} = 0,75 \text{ m} \times 135 \text{ Kg/m}^2 = 101 \text{ kg/ml}$
 $\text{succión normal Fhd} = 0,75 \text{ m} \times 149 \text{ Kg/m}^2 = 112 \text{ kg/ml}$
 $\text{succión esquina Fhd} = 0,75 \text{ m} \times 189 \text{ Kg/m}^2 = 142 \text{ kg/ml}$
 - Para un intereje de 0,75 m (perfil con placa de a ambos los lados), los esfuerzos a aplicar en cada montante son:
 - peso propio de las placas y perfiles (axil) $\text{Fvd} = 1,15 \text{ kN (115 kg)}$
 - viento de presión (carga lineal) $\text{Fhd} = 1,01 \text{ kN/ml (101 kg/ml)}$
 - viento de succión normal (carga lineal) $\text{Fhd} = 1,12 \text{ kN/ml (112 kg/ml)}$
 - viento de succión esquina (carga lineal) $\text{Fhd} = 1,42 \text{ kN/ml (142 kg/ml)}$



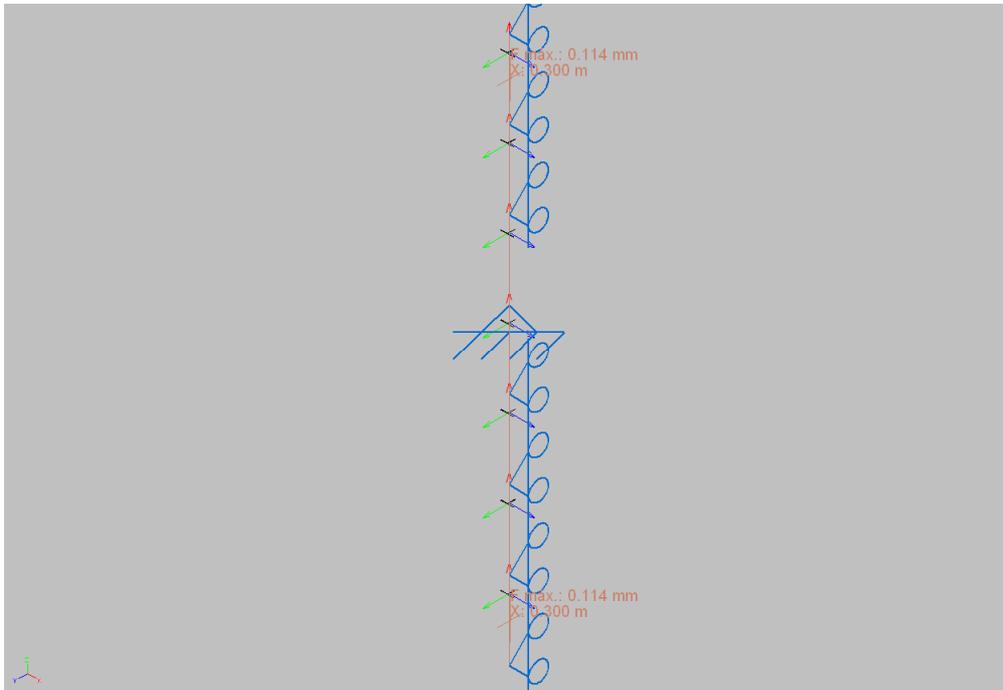
COMPROBACIÓN DEL PERFIL "T" 100x60x2,5 mm
CASO 1) "T" 100x60x2,5 mm A FLEJO-TRACCIÓN PARA CARGAS DE VIENTO (PRESIÓN)

- Resultados:
 - tensión de trabajo = 41,83 % .CUMPLE.
 - deformación 0,114 mm. < 3,00 mm. (L/200). CUMPLE.

CARGAS ACTUANTES

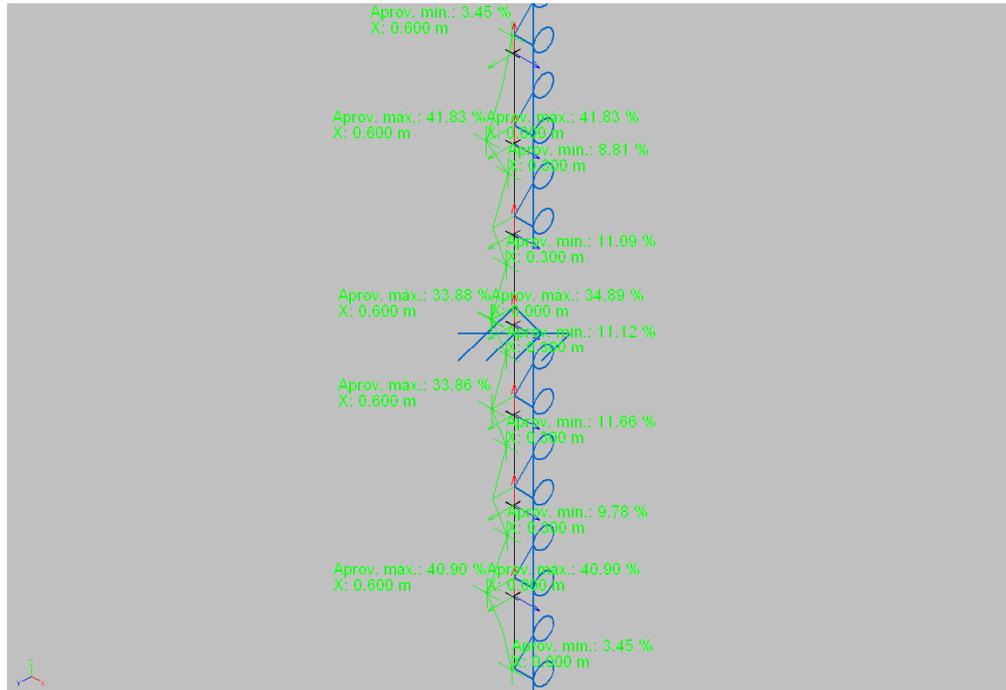


DEFORMACIONES

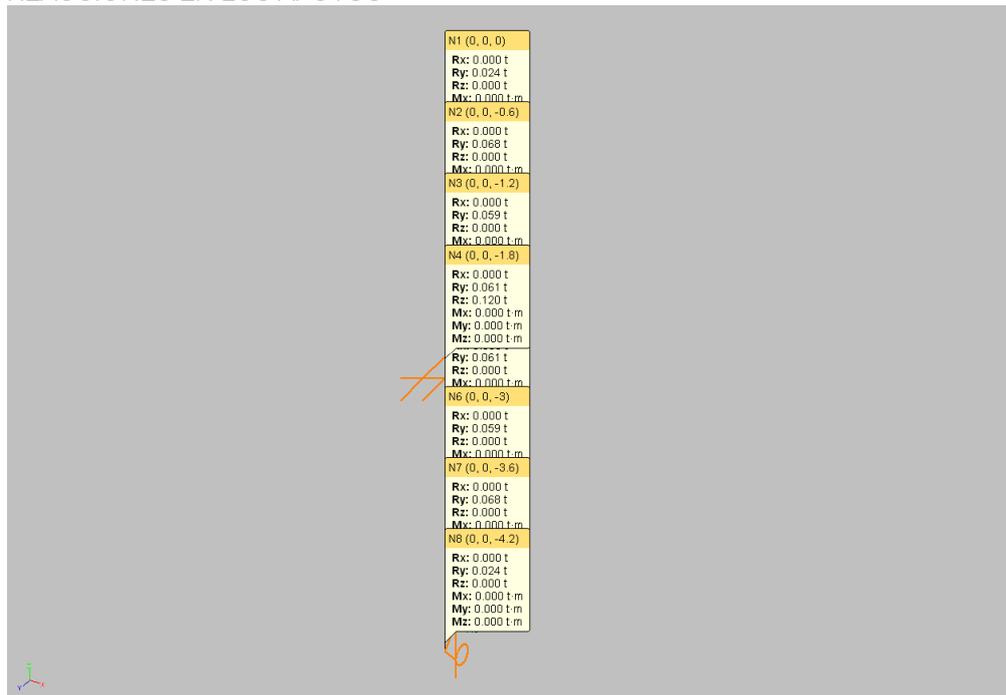


COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

TENSIÓN DE TRABAJO



REACCIONES EN LOS APOYOS



- Reacciones en los apoyos (valores de diseño, sin mayorar):

En apoyo extremo superior (válido para la ménsula fija – de sustentación)

- eje Z (vertical hacia abajo) : $R_{vd} = 1200 \text{ N (120 kg)}$
- eje Y (hztal, dirección perpendicular a fachada hacia el interior): $R_{hd} = 610 \text{ N (61 kg)}$

En apoyos intermedios (válido para ménsulas deslizantes – de retención)

- eje Y (hztal, dirección perpendicular a fachada hacia el interior): $R_{hd} = 680 \text{ N (68 kg)}$
- El valor en eje Z es nulo por ser apoyo deslizante.



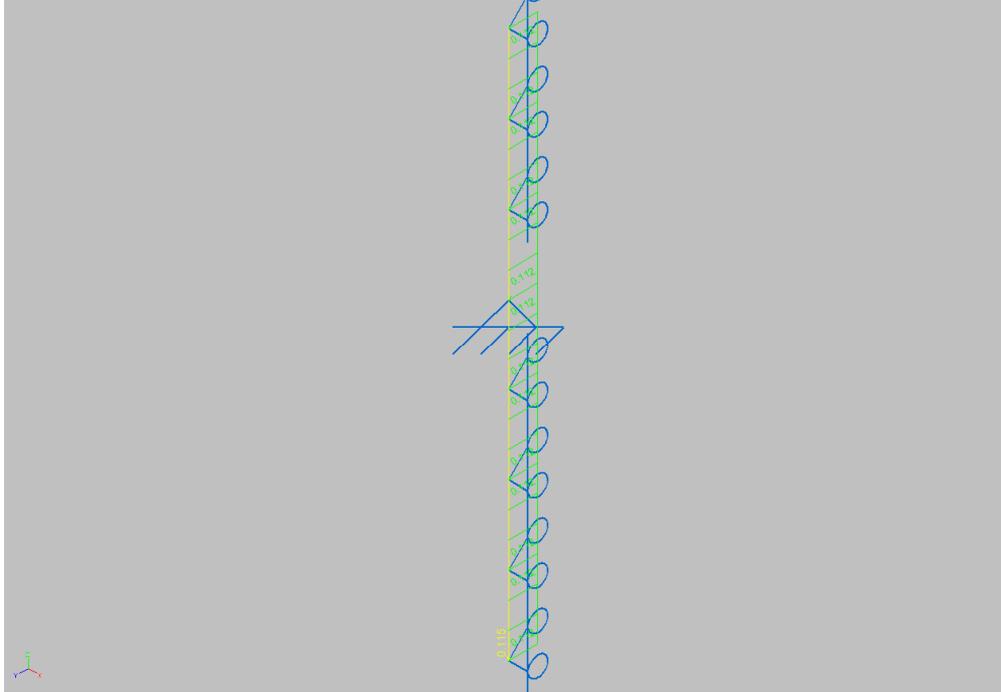
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

COMPROBACIÓN DEL PERFIL "T" 100x60x2,5 mm

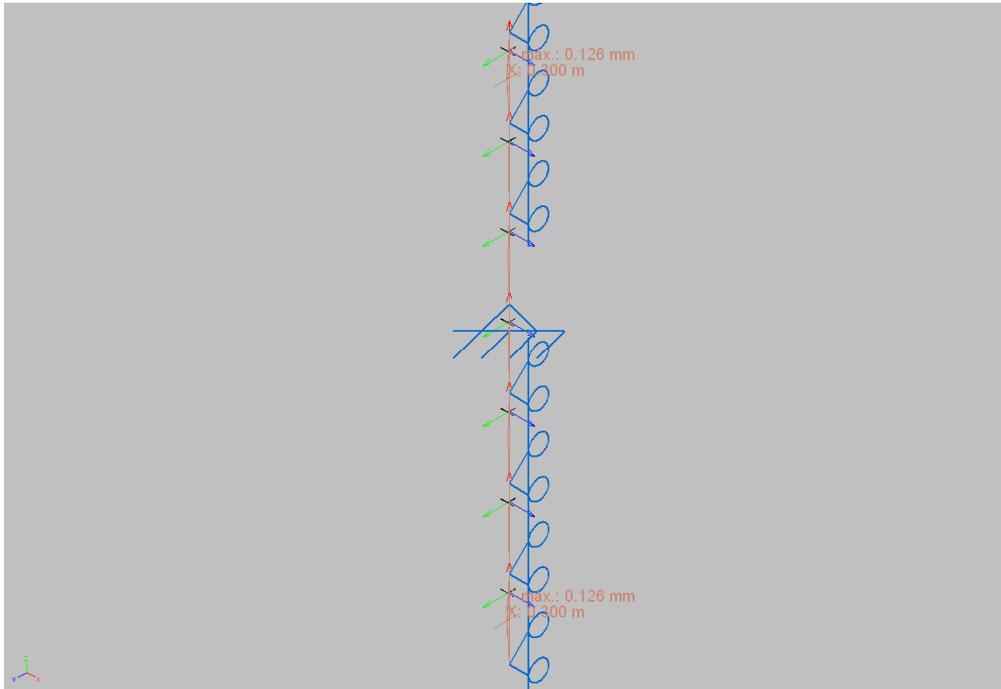
CASO 2) "T" 100x60x2,5 mm A FLEJO-TRACCIÓN PARA CARGAS DE VIENTO (SUCCIÓN NORMAL)

- Resultados:
 - tensión de trabajo = 33,52 % .CUMPLE.
 - deformación 0,126 mm. < 3,00 mm. (L/200). CUMPLE.

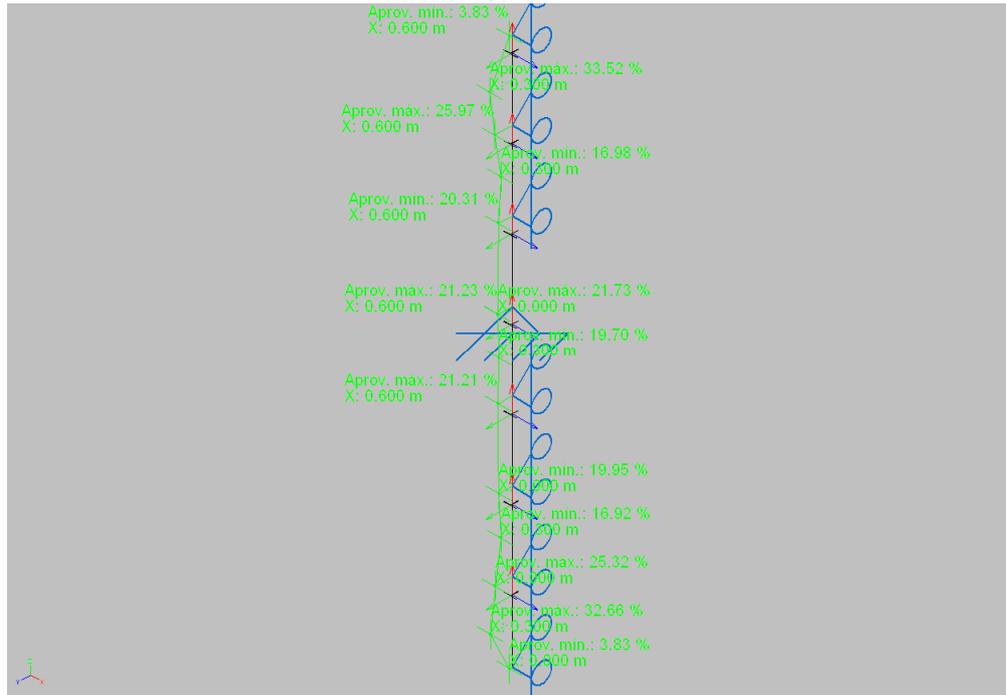
CARGAS ACTUANTES



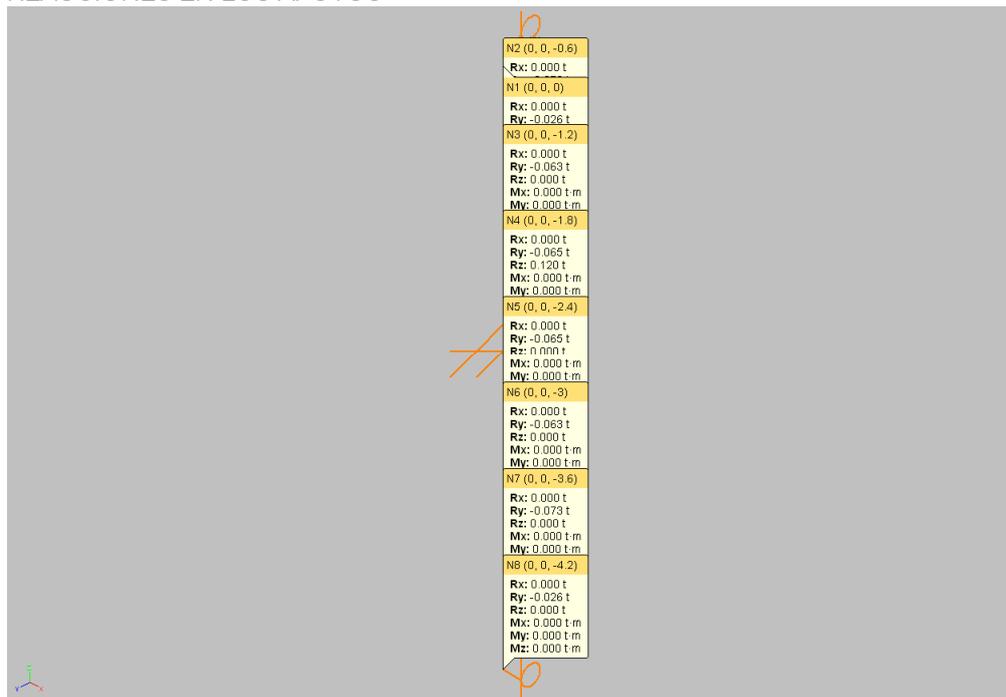
DEFORMACIONES



TENSIÓN DE TRABAJO



REACCIONES EN LOS APOYOS



- Reacciones en los apoyos (valores de diseño, sin mayorar):
 - En apoyo extremo superior (válido para la ménsula fija – de sustentación)
 - eje Z (en vertical hacia abajo) = 1200 N (120 kg)
 - eje Y (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 650 N (65 kg)
 - En apoyos intermedios (válido para ménsulas deslizantes – de retención)
 - eje Y (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 730 N (73 kg)
 - El valor del esfuerzo en eje Z es nulo por ser apoyo deslizante.

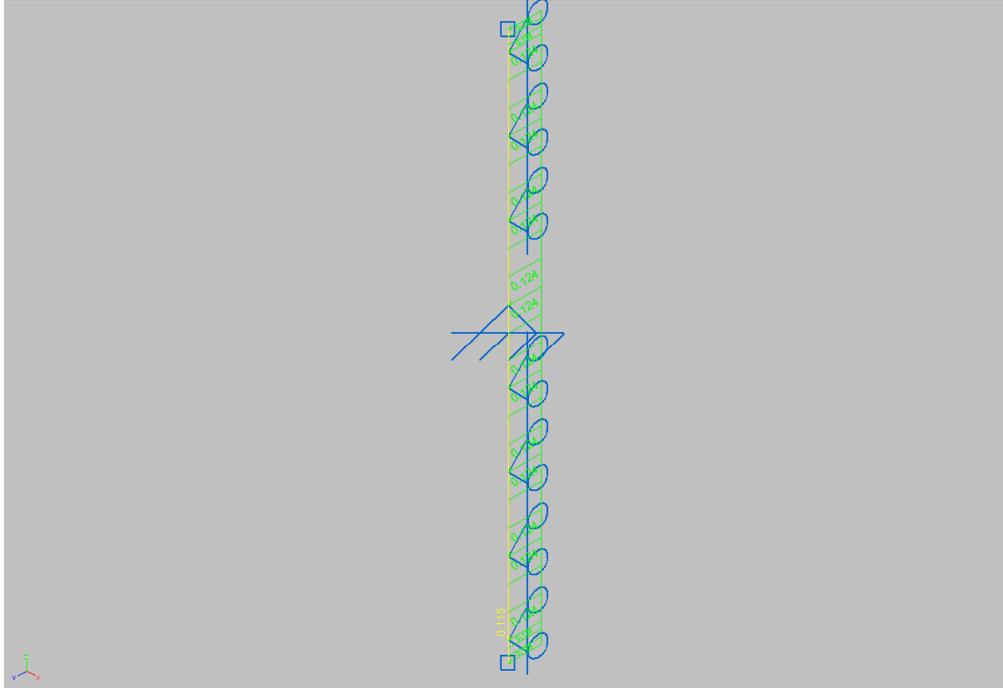


COLEGIADO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

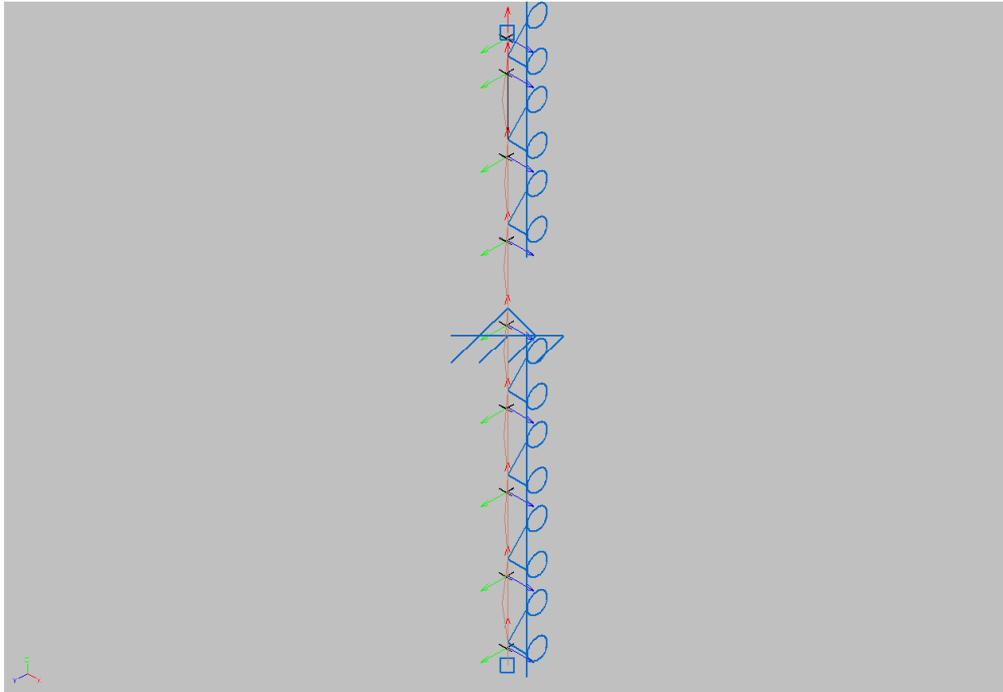
COMPROBACIÓN DEL PERFIL "T" 100x60x2,5 mm
CASO 3) "T" 100x60x2,5 mm A FLEJO-TRACCIÓN PARA CARGAS DE VIENTO (SUCCIÓN ESQUINA)
ALTURA MENOR DE 20 m. en fachada

- Resultados:
 - tensión de trabajo = 25,67 % .CUMPLE.
 - deformación 0,079 mm. < 2,75 mm. (L/200). CUMPLE.

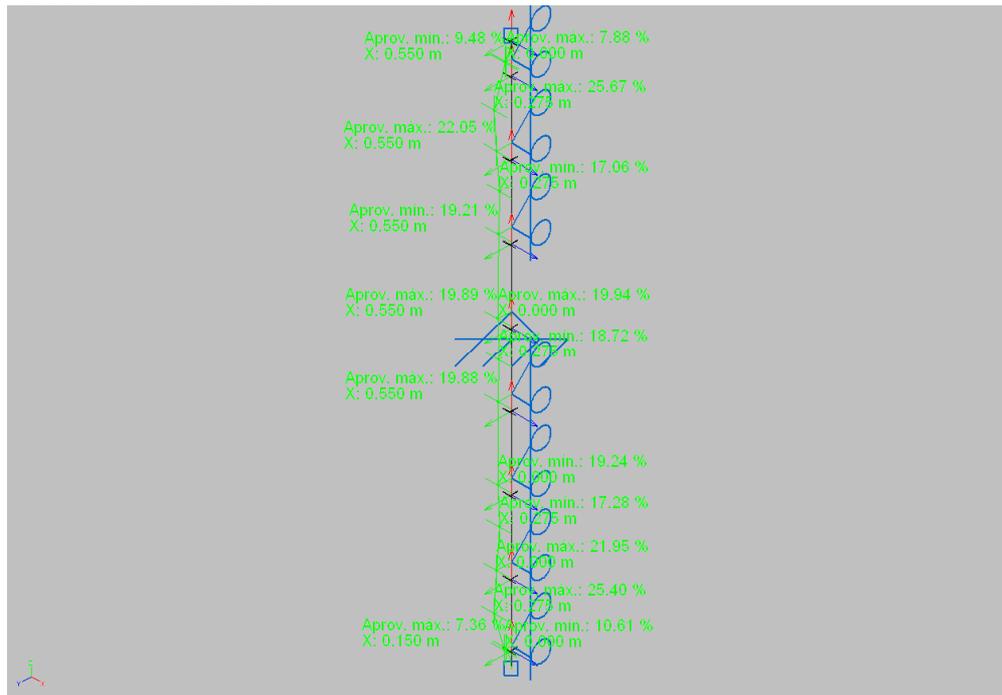
CARGAS ACTUANTES



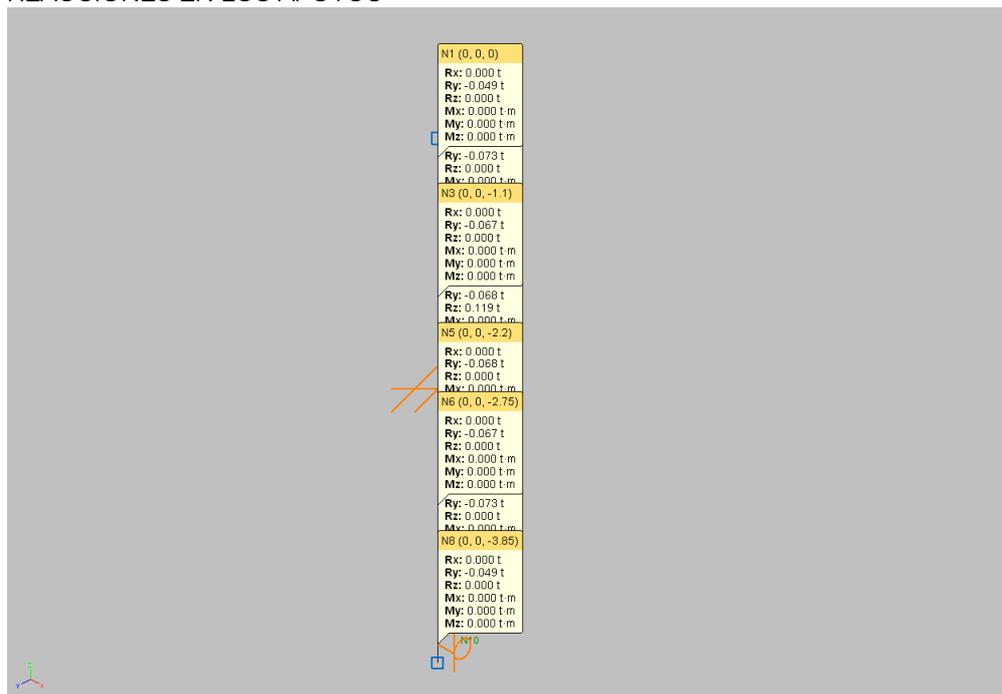
DEFORMACIONES



TENSIÓN DE TRABAJO



REACCIONES EN LOS APOYOS



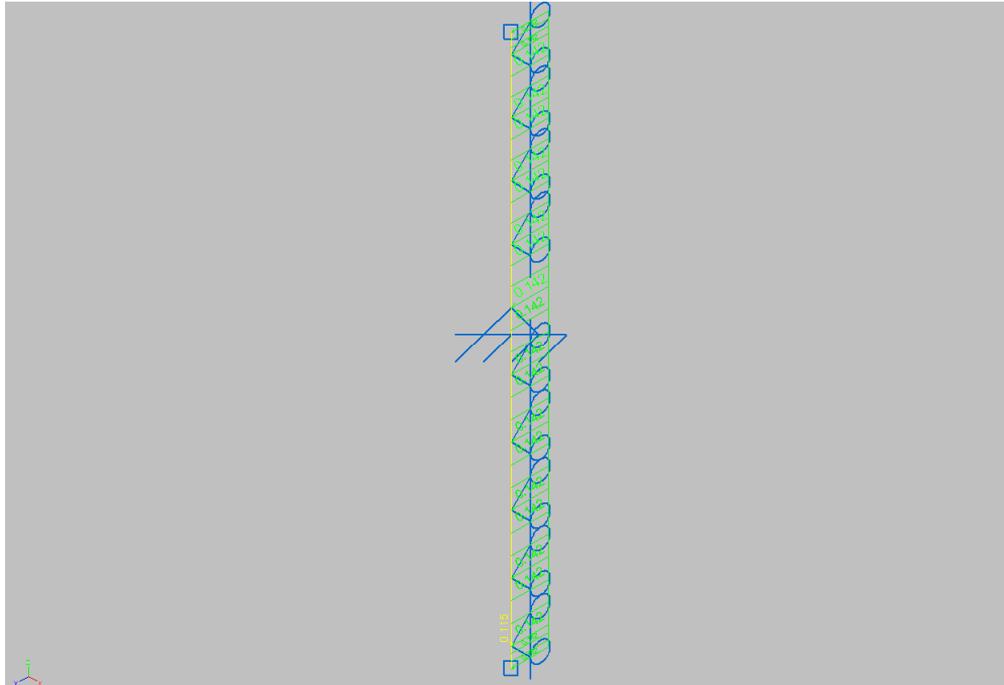
- Reacciones en los apoyos (valores de diseño, sin mayorar):
 - En apoyo extremo superior (válido para la ménsula fija – de sustentación)
 - eje Z (en vertical hacia abajo) = 1200 N (120 kg)
 - eje Y (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 680 N (68 kg)
 - En apoyos intermedios (válido para ménsulas deslizantes – de retención)
 - eje Y (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 730 N (73 kg)
 - El valor del esfuerzo en eje Z es nulo por ser apoyo deslizante.



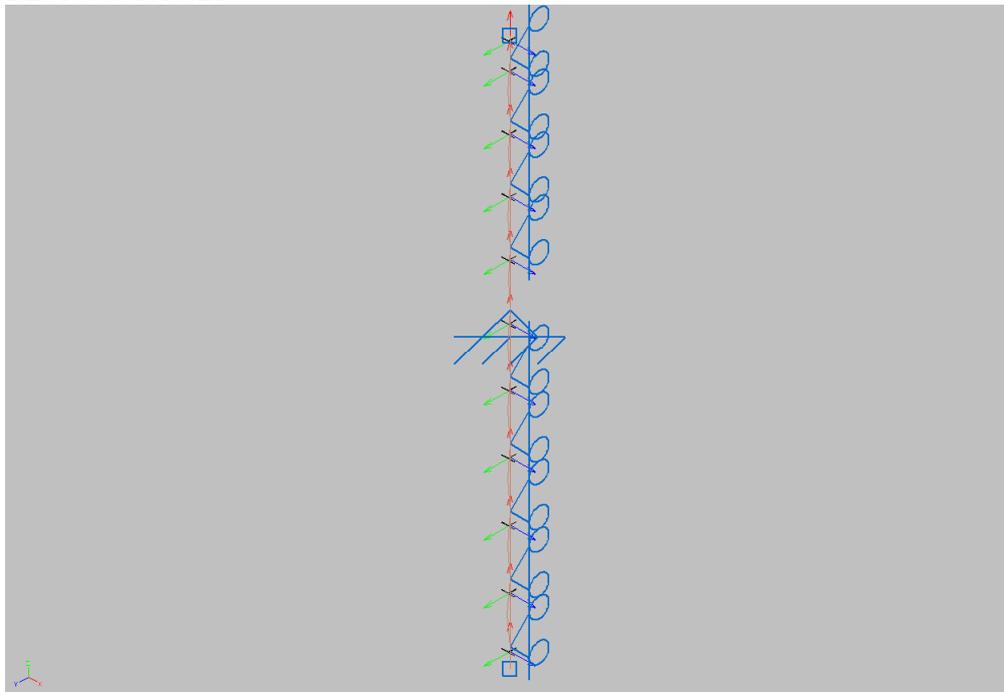
COMPROBACIÓN DEL PERFIL "T" 100x60x2,5 mm
CASO 4) "T" 100x60x2,5 mm A FLEJO-TRACCIÓN PARA CARGAS DE VIENTO (SUCCIÓN ESQUINA)
ALTURA MAYOR DE 20 METROS

- Resultados:
 - tensión de trabajo = 18,28 % .CUMPLE.
 - deformación 0,166 mm. < 2,75 mm. (L/200). CUMPLE.

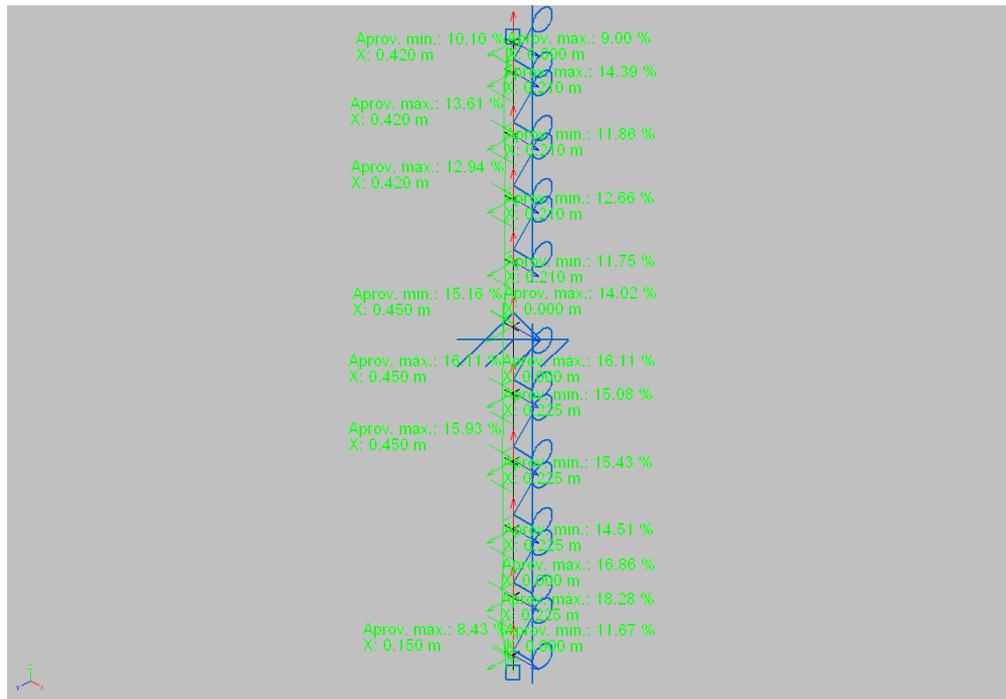
CARGAS ACTUANTES



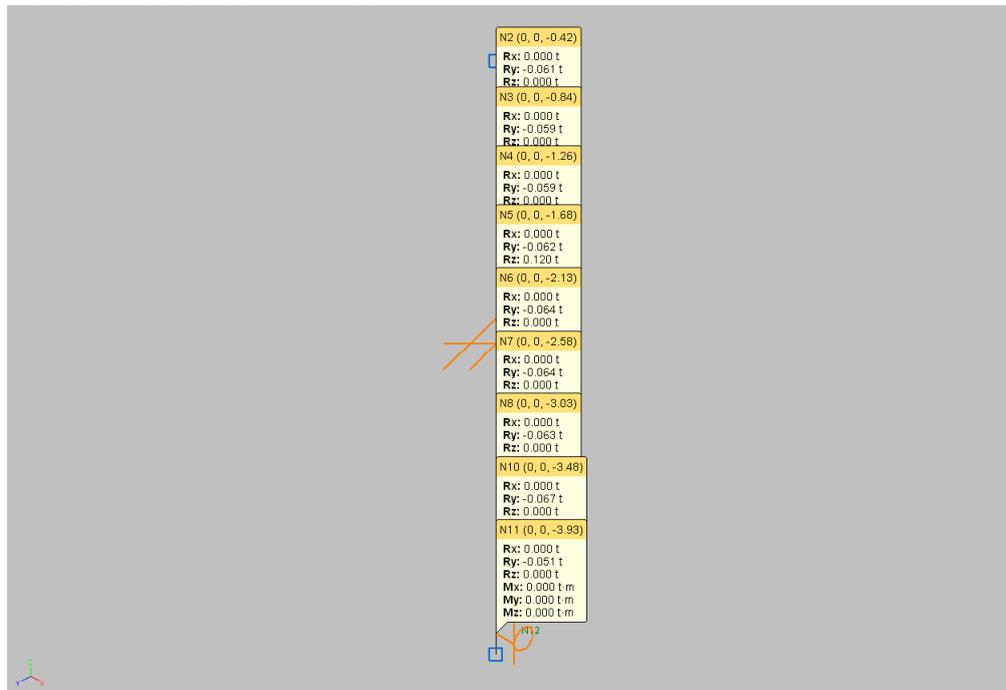
DEFORMACIONES



TENSIÓN DE TRABAJO



REACCIONES EN LOS APOYOS



- Reacciones en los apoyos (valores de diseño, sin mayorar):
 En apoyo extremo superior (válido para la ménsula fija – de sustentación)
 - eje Z (en vertical hacia abajo) = 1200 N (120 kg)
 - eje Y (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 620 N (62 kg)

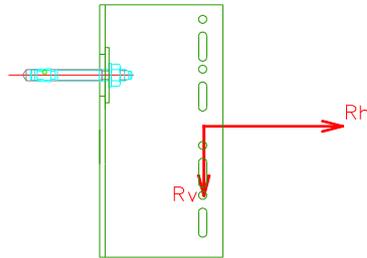
 En apoyos intermedios (válido para ménsulas deslizantes – de retención)
 - eje Y (dirección perpendicular a la fachada hacia el exterior) = 670 N (67 kg)
 - El valor del esfuerzo en eje Z es nulo por ser apoyo deslizante.



1_8. COMPROBACIONES REALIZADAS

1_8_1. PERFIL "L" PARA MÉNSULAS DE SUSTENTACIÓN Y RETENCIÓN

COMPROBACIÓN DE LA MÉNSULA DE SUSTENTACIÓN



Valores del esfuerzo máximo actuante:

T: $R_h = 0,68 \text{ kN}$ (68 kg). Valor mayorado: $T^*_{\text{max}} = R^* \cdot h = 1,02 \text{ kN}$ (102 kg)

V: $R_v = 1,20 \text{ kN}$ (120 kg). Valor mayorado: $V^*_{\text{max}} = R^* \cdot v = 1,62 \text{ kN}$ (162 kg)

- Valores resistentes obtenidos del ETA 16/0519

Tabla 3.9: Resistencia de las escuadras a fuerza horizontal.

Escuadra	Fuerza que causa una distorsión residual igual a 1 mm (N)		Fuerza última (N) (**)	
	$F_{R,h}$	$F_{c,h}$ (*)	$F_{R,u}$	$F_{c,u}$ (*)
L40x100x30x3	2089	1225	4932	4813
L40x100x80x3	1399	597	4350	4011
L45x150x180x3,5-4	3142	1292	6996	6766
L55x150x220x3,5-4	5029	4295	6402	5620

(*) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.
 (**) Fuerza a 10 mm de desplazamiento.

Tabla 3.9: Resistencia de las escuadras a fuerza vertical.

Escuadra	Fuerza que causa una distorsión residual igual a 0,2% L (N)		Fuerza a 1 mm de desplazamiento (N)		Fuerza a 3 mm de desplazamiento (N)		Fuerza última (N) (**)	
	$F_{R,v}$	$F_{c,v}$ (*)	$F_{R,1d}$	$F_{c,1d}$ (*)	$F_{R,3d}$	$F_{c,3d}$ (*)	$F_{R,u}$	$F_{c,u}$ (*)
	L40x100x30x3	1462	1209	1349	1176	3615	3226	6875
L40x100x80x3	870	436	651	431	1806	1372	3928	3746
L45x150x180x3,5-4	1756	1507	1407	1184	3167	2997	6252	5901
L55x150x220x3,5-4	1062	641	863	553	2137	1759	4282	3884

(*) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.
 (**) Fuerza a 10 mm de desplazamiento.

Valores para desplazamiento 1 mm.

- Valor resistente característico fuerza horizontal de la pieza. $T_u = 1225 \text{ N}$ (122,5 kg)

- Valor resistente de diseño fuerza vertical de la pieza. $V_u = 1176 \text{ N}$ (117,6 kg)

- Valor resistente de diseño fuerza horizontal de la pieza. $T_u = 1113 \text{ N}$ (111,3 kg)

- Valor resistente de diseño fuerza vertical de la pieza. $V_u = 1069 \text{ N}$ (106,9 kg)

EN LOS PUNTOS FIJOS (MÉNSULAS DE SUSTENTACIÓN) SE COLOCAN 2 UNIDADES DE ESCUADRA L POR APOYO.

- Valor resistente de diseño fuerza horizontal del apoyo fijo. $T_u = 2226 \text{ N}$ (222,6 kg)

- Valor resistente de diseño fuerza vertical del apoyo fijo. $V_u = 2138 \text{ N}$ (213,8 kg)

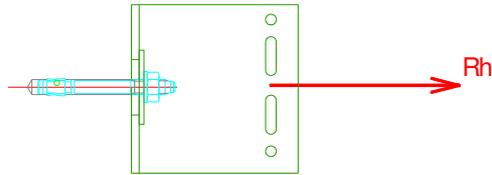
- Comprobación: Los esfuerzos puestos en juego (mayorados) en esta fijación son inferiores a los valores resistentes (valor de diseño).

$T_{\text{max}}^* < T_u$. CUMPLE.

$V_{\text{max}}^* < V_u$. CUMPLE.



COMPROBACIÓN DE LA MÉNSULA DE RETENCIÓN



Valores del esfuerzo máximo actuante:

$T: R_h = 0,73 \text{ kN (73 kg)}$. Valor mayorado: $T^*_{\text{max}} = R^* \cdot h = 1,10 \text{ kN (110 kg)}$

- Valores resistentes obtenidos del ETA 16/0519

Valores para desplazamiento 1 mm.

- Valor resistente característico fuerza horizontal de la pieza. $T_u = 1225 \text{ N (122,5 kg)}$

- Valor resistente de diseño fuerza horizontal de la pieza. $T_d = 1113 \text{ N (111,3 kg)}$

- Comprobación: Los esfuerzos puestos en juego (mayorados) en esta fijación son inferiores a los valores resistentes (valor de diseño).

$T_{\text{max}}^* < T_d$. CUMPLE.

1_8_2. ANCLAJE MECÁNICO EN MÉNSULA DE SUSTENTACIÓN AL HORMIGÓN

Taco para fijación de la ménsula de sustentación al canto de hormigón.
 HILTI HRD M8

OBTENCIÓN DE LAS REACCIONES EN LOS APOYOS DE FACHADA

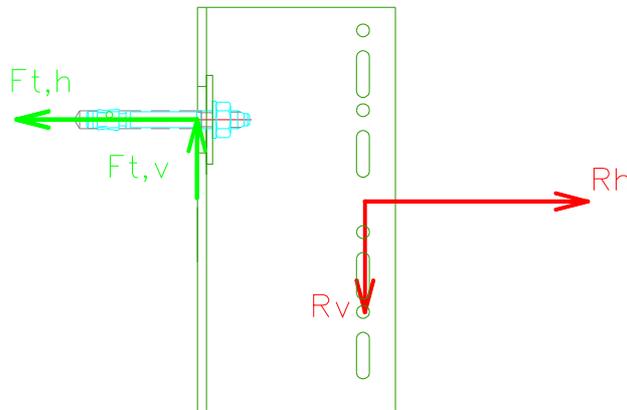
El valor más desfavorable se da para viento de succión esquina, con los siguientes valores:

Los esfuerzos aplicados son:

Valores del esfuerzo máximo actuante:

T: $R_h = 0,68 \text{ kN}$ (68 kg). Valor mayorado: $T^*_{\text{max}} = R^*_{\text{h}} = 1,02 \text{ kN}$ (102 kg)

V: $R_v = 1,20 \text{ kN}$ (120 kg). Valor mayorado: $V^*_{\text{max}} = R^*_{\text{v}} = 1,62 \text{ kN}$ (162 kg)



- Reacciones en los apoyos con succión (mayorados), para el cálculo de tornillería:

Apoyo superior en taco mecánico:

- $T_{\text{max}}^* = F^*_{\text{t,h}} = 1,02 \text{ kN}$ (102 kg) extracción
- $V_{\text{max}}^* = F^*_{\text{t,v}} = 1,62 \text{ kN}$ (162 kg)

En base a fichas de fabricante, que se aportan en anexo 3, se obtienen los siguientes valores resistentes recomendadas:

Design resistance

Anchor size	HRD 8	
	$h_{\text{nom}} = 50 \text{ mm}$	
Concrete C 12/15	N_{Rd} [kN]	1,1
	V_{Rd} [kN]	5,5 / 5,2 ²⁾
Concrete C 16/20 – C 50/60	N_{Rd} [kN]	1,7
	V_{Rd} [kN]	5,5 / 5,2 ²⁾

- Valor resistente de diseño fuerza horizontal del taco. $T_u = 1,70 \text{ kN}$ (170 kg)
- Valor resistente de diseño fuerza vertical del taco. $V_u = 5,20 \text{ kN}$ (520 kg)

EN LOS PUNTOS FIJOS (MÉNSULAS DE SUSTENTACIÓN) SE COLOCAN 2 UNIDADES DE ESCUADRA L POR APOYO.

- Valor resistente de diseño fuerza horizontal del apoyo fijo. $T_u = 3,40 \text{ kN}$ (340 kg)
- Valor resistente de diseño fuerza vertical del apoyo fijo. $V_u = 10,4 \text{ kN}$ (1040 kg)

- Comprobación: Los esfuerzos puestos en juego (mayorados) en esta fijación son inferiores a los valores resistentes (valor de diseño).

$T_{\text{max}}^* < T_u$. CUMPLE.
 $V_{\text{max}}^* < V_u$. CUMPLE.

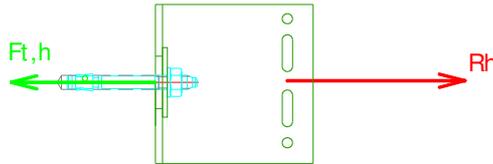


1_8_3. ANCLAJE QUÍMICO EN MÉNSULA DE RETENCIÓN A FACHADA

Taco químico para fijación de la ménsula de sustentación a fachada.
HILTI HIT HY-170

OBTENCIÓN DE LAS REACCIONES EN LOS APOYOS DE FACHADA

El valor más desfavorable se da para viento de succión, con los siguientes valores:
Los esfuerzos (valores de diseño - mayorados) aplicados son:



T: $R_h = 0,73 \text{ kN (73 kg)}$. Valor mayorado: $T^*_{\text{max}} = R^*_{\text{h}} = 1,10 \text{ kN (110 kg)}$

- Reacciones en los apoyos con succión (mayorados), para el cálculo de tornillería:
 $F^*_{t,h} = 1,10 \text{ kN (110 kg)}$ extracción (valor mayorado)
- *En base a ensayos, que se aportan en documento anexo 3, se obtienen los siguientes valores resistentes:*
Valor resistente del taco:
(según fichas de ensayos de fabricante presentadas en el anexo 2)
Tracción, resistencia media 5 peores valores = $4,92 \text{ kN (492 kg)}$.

Aplicando un coeficiente reductor de 2 tenemos como valor característico k para el taco:
 $T_k = 2,46 \text{ kN (246 kg)}$.

Aplicando un coeficiente reductor de 2,0 (bloque de hormigón) tenemos como valor de diseño último para el taco: $T_u = 1,23 \text{ kN (123 kg)}$.

- Comprobación: Los esfuerzos puestos en juego (mayorados) en esta fijación son inferiores a los valores resistentes (valor de diseño).

$T_{\text{max}}^* < T_u$. CUMPLE.

1_8_4. TORNILLO AUTORROSCANTE

Caso 1: fijación del montante a la ménsula de sustentación.

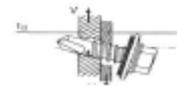
Se dispone de fichas de fabricante tornillería con los siguientes valores (Se adjunta en anexo 3):

Résistances caractéristiques de la vis S-MD 03 S 5,5xL**Matériaux**

Désignation	Matériau tôle fixée (composant I)	Matériau support (composant II)
S-MD 03 S	Acier nuance S280GD ou S320GD (EN 10346)	Acier nuance S280GD ou S320GD (EN 10346)

Résistances caractéristiques en traction**N_{rk} (kN)**

S-MD 03 S 5,5xL		Épaisseur matériau support (composant II) [mm]		
		1,5	2,0	3,0
Épaisseur tôle fixée (composant I) [mm]	0,63	1,5	1,5	1,5
	0,75	1,7	2,0	2,0
	0,88	1,7	2,0	2,0
	1,50	1,7	2,6	3,2
	1,13	1,7	2,6	3,2
	1,25	1,7	2,6	4,6
	1,50	1,7	2,6	4,6
	2,00	1,7	2,6	4,6

Résistances caractéristiques en cisaillement**V_{Rk} (kN)**

S-MD 03 S 5,5xL		Épaisseur matériau support (composant II) [mm]		
		1,5	2,0	3,0
Épaisseur tôle fixée (composant I) [mm]	0,63	-	2,3	2,3
	0,75	-	2,3	3,0
	0,88	-	2,3	3,0
	1,00	-	4,8	-

- Valores resistentes de tornillería HILTI S-MD 03 S 5X5

Valor resistente característico tracción en chapa de 3 mm.: Tk= 4,60 kN (460 kg)

Valor resistente característico cortante en chapa de 3 mm.:Vk= 3,00 kN (300 kg)

- Se colocan 2 unidades por apoyo.
- Se aplica un coeficiente global de seguridad de valor 2 para obtener valores resistentes de diseño.

Valor resistente de diseño tracción: Tu=Td= 4,60 kN (460 kg)

Valor resistente de diseño cortante: Vu=Vd= 3,00 kN (300 kg)

En caso de succión los esfuerzos aplicados en ménsula fija son:

T: Rh=0,68 kN (68 kg). Valor mayorado: T*max=R*h=1,02 kN (102 kg)

V: Rv=1,20 kN (120 kg). Valor mayorado: V*max=R*v=1,62 kN (162 kg)

Valores del esfuerzo máximo actuante:

Se obtiene el valor de la resultante de la carga vertical por esfuerzo gravitatorio y carga horizontal por esfuerzo de viento, que actúan en el plano de la ménsula, generando esfuerzos de cortante. Obteniendo la resultante, para valores mayorados, tenemos:

$$V^*_{\max-r} = 1,92 \text{ kN (192 kg)}$$

- Los esfuerzos puestos en juego en esta fijación son inferiores a los valores resistentes.

$$V^*_{\max-r} < V_u. \text{ CUMPLE.}$$



Caso 2: fijación del montante a la ménsula de retención.

Esfuerzos máximos actuantes mayorados:

T: $R_h=0,73$ kN (73 kg). Valor mayorado: $T^*_{max}=R^*h=1,10$ kN (110 kg)

- Valores resistentes de tornillería HILTI S-MD 03 S 5X5

Valor resistente característico tracción en chapa de 3 mm.: $T_k= 4,60$ kN (460 kg)

Valor resistente característico cortante en chapa de 3 mm.: $V_k= 3,00$ kN (300 kg)

- Se colocan 2 unidades por apoyo.
- Se aplica un coeficiente global de seguridad de valor 2 para obtener valores resistentes de diseño.

Valor resistente de diseño tracción: $T_u=T_d= 4,60$ kN (460 kg)

Valor resistente de diseño cortante: $V_u=V_d= 3,00$ kN (300 kg)

En caso de succión los esfuerzos (valores de diseño) aplicados en ménsula fija son:

T: $R_h=0,68$ kN (68 kg). Valor mayorado: $T^*_{max}=R^*h=1,02$ kN (102 kg)

V: $R_v=1,20$ kN (120 kg). Valor mayorado: $V^*_{max}=R^*v=1,62$ kN (162 kg)

Valores del esfuerzo máximo actuante:

Se obtiene el valor de la resultante de la carga vertical por esfuerzo gravitatorio y carga horizontal por esfuerzo de viento, que actúan en el plano de la ménsula, generando esfuerzos de cortante. Obteniendo la resultante, para valores mayorados, tenemos:

$V^*_{max-r}=1,92$ kN (192 kg)

- Los esfuerzos puestos en juego en esta fijación son inferiores a los valores resistentes.
 $V^*_{max-r} < V_u$. CUMPLE.

Caso 3: fijación del perfil horizontal al montante.

Esfuerzos máximos actuantes mayorados:

T: $R_h=0,82$ kN (82 kg). Valor mayorado: $T^*_{max}=R^*h=1,10$ kN (110 kg)

V: $R_v=0,14$ kN (14 kg). Valor mayorado: $V^*_{max}=R^*v=0,19$ kN (19 kg)

- Valores resistentes de tornillería HILTI S-MD 03 S 5X5

Valor resistente característico tracción en chapa de 3 mm.: $T_k= 4,60$ kN (460 kg)

Valor resistente característico cortante en chapa de 3 mm.: $V_k= 3,00$ kN (300 kg)

- Se coloca 1 unidad por apoyo.
- Se aplica un coeficiente global de seguridad para obtener valores resistentes de diseño.

Valor resistente de diseño tracción: $T_u=T_d= 2,30$ kN (230 kg)

Valor resistente de diseño cortante: $V_u=V_d= 1,50$ kN (150 kg)

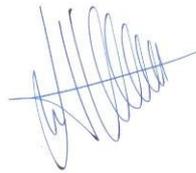
- Los esfuerzos puestos en juego en esta fijación son inferiores a los valores resistentes.
 $V^*_{max-r} < V_u$. CUMPLE.



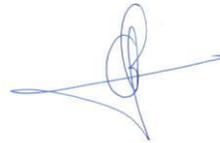
2 CONCLUSIONES

- Se han comprobado todos los elementos estructurales que componen el sistema de subestructura para la colocación de fachada ventilada en edificio de viviendas, según diseño y condiciones de colocación indicadas, obteniendo resultados de cálculo admisibles, todo ello cumpliendo con la normativa de aplicación.
- El sistema de anclajes propuesto se considera adecuado para resolver la fachada ventilada del edificio analizado.

Vitoria-Gasteiz, 26 de enero de 2017



Alvaro Sarralde López de Munain
Ingeniero Industrial COIIA 3122



Raúl Espiñeira Fagúndez
Ingeniero Industrial COIIA 3132

3 ANEXOS

- anexo 1. PLANOS Y ESQUEMAS DEL SISTEMA
- anexo 2. FICHAS DE LOS PERFILES PARA MONTANTES, MÉNSULAS Y GRAPAS
- anexo 3. FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ANCLAJES Y TORNILLERÍA Y ENSAYOS REALIZADOS
- anexo 4. FICHAS APLACADO
- anexo 5. LISTADO DE CÁLCULOS
- anexo 6. CERTIFICADO DIT Y ETA DEL SISTEMA "VANGUARD"

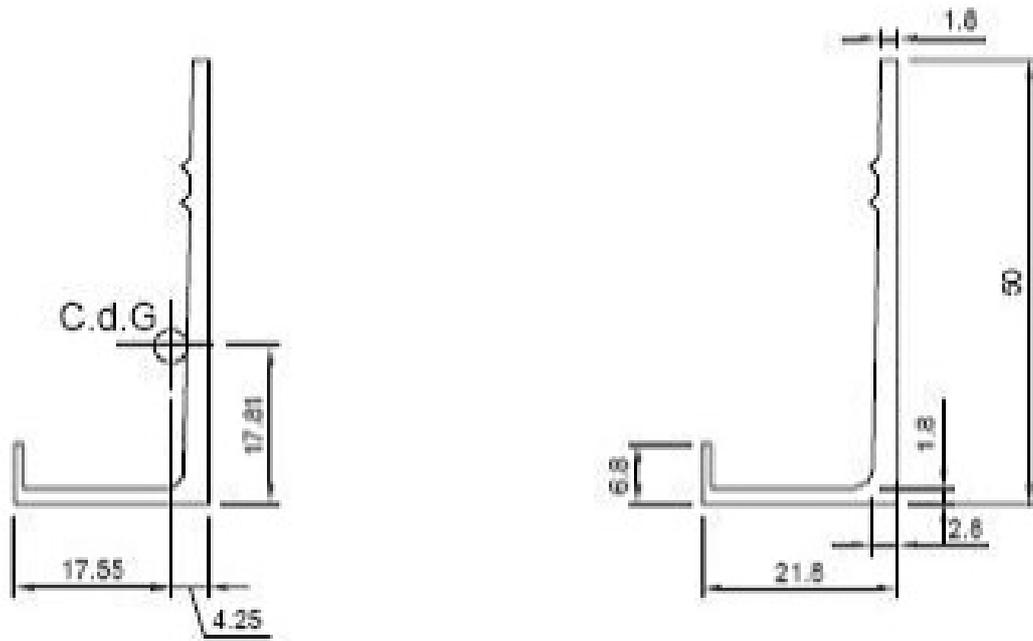


COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA



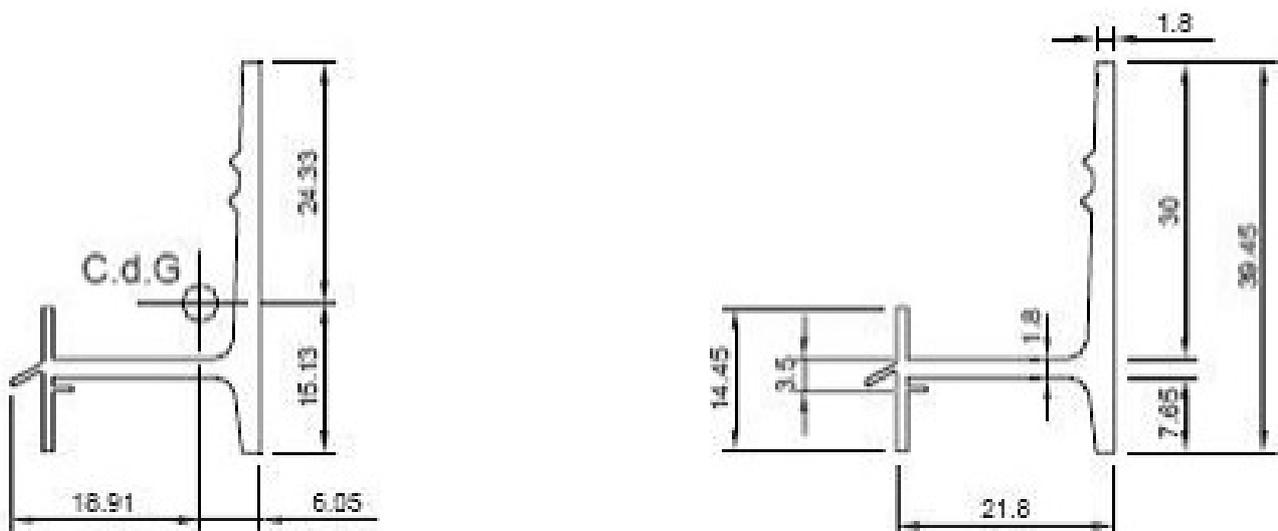


Figura 4. PERFILERÍA
(Entre otras se definen las más representativas).



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	I_x (mm)	I_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil arranque	3.600	158	427	3.87	0.58	15.64	6.07	4.25	17.81

Figura 4.1. Perfil de arranque.

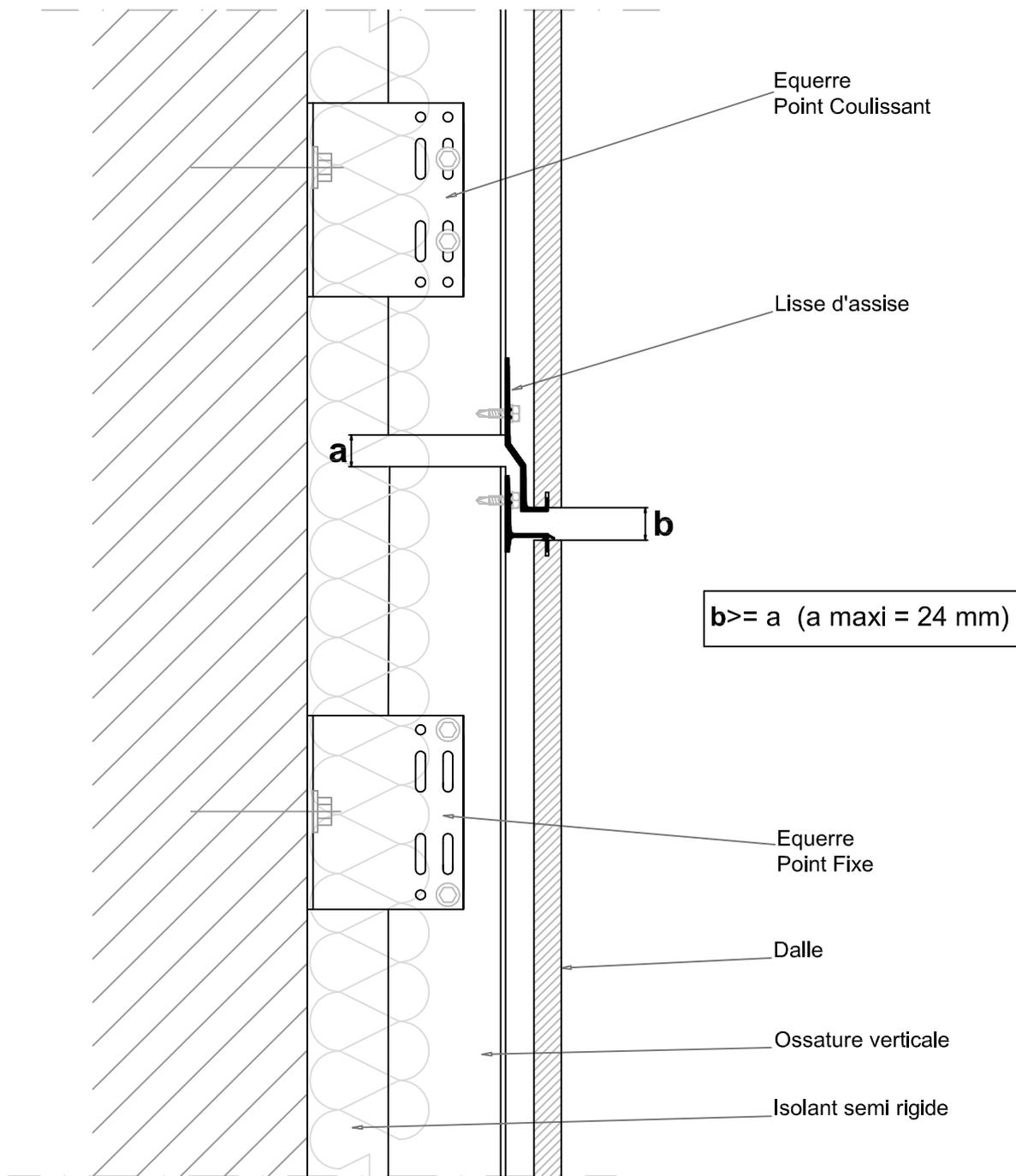


TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	I_x (mm)	I_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil guía junta 3,5 mm	3.600	145	392	1.51	0.84	10.22	7.60	6.05	15.13



VISADO

Figura 4.2. Perfil guía junta 3,5 mm.



Joint horizontal de fractionnement de l'ossature métallique (L < 6m)

(coupe verticale)



ARCHITECTURAL SOLUTIONS



Tel.: 0034 943 78 06 00
 info@ulmaarchitectural.com
 www.ulmaarchitectural.com

CLIENTE:

OBRA:

Plano: 13.b

Diseñado por:

Escala:

Fecha:



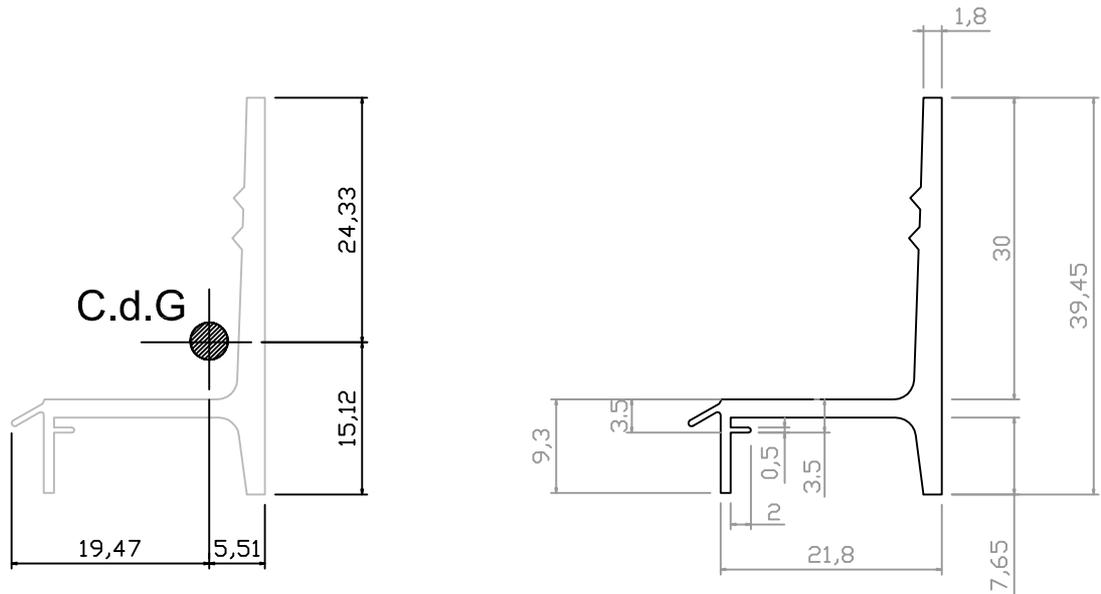
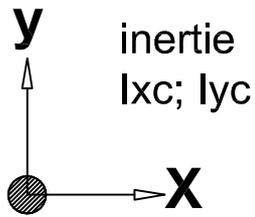
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA

Rev. INGENIERIA EN EL LARGO OFICIAL

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017



Cotes en mm

MATERIEL: aluminio 6060 T5 ó 6063 T5.

Lisse Haute

TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	l_{xc} (cm ⁴)	l_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil Superior Fraccionamiento	3.600	139	377	1,51	0,71	10,42	7,16	5,51	15,12



ARCHITECTURAL SOLUTIONS



Tel.: 0034 943 78 06 00
info@ulmaarchitectural.com

www.ulmaarchitectural.com

CLIENTE:

OBRA:

Plano: PB006

Diseñado por:

Escala:

Fecha: N° Visado: V/1/17/00092

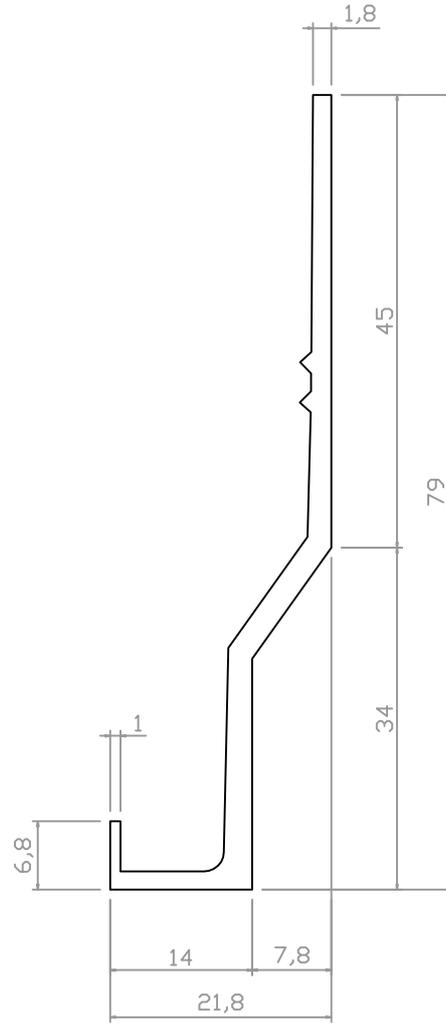
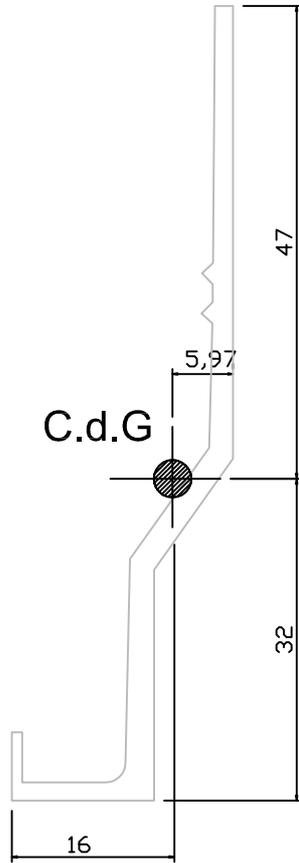
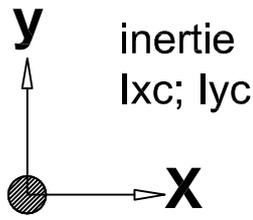
Fecha: 15/03/2017



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ALAVA

Rev. 15/03/2017

VISADO



Cotes en mm

MATERIEL: aluminio 6060 T5 ó 6063 T5.

Lisse D'Échappement

TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil Arranque Fraccionamiento	3.600	212	568	11,98	0,67	23,71	5,58	5,97	32,00



ARCHITECTURAL SOLUTIONS



Tel.: 0034 943 78 06 00
info@ulmaarchitectural.com

www.ulmaarchitectural.com

CLIENTE:

OBRA:

Plano: PB007

Diseñado por:

Escala:

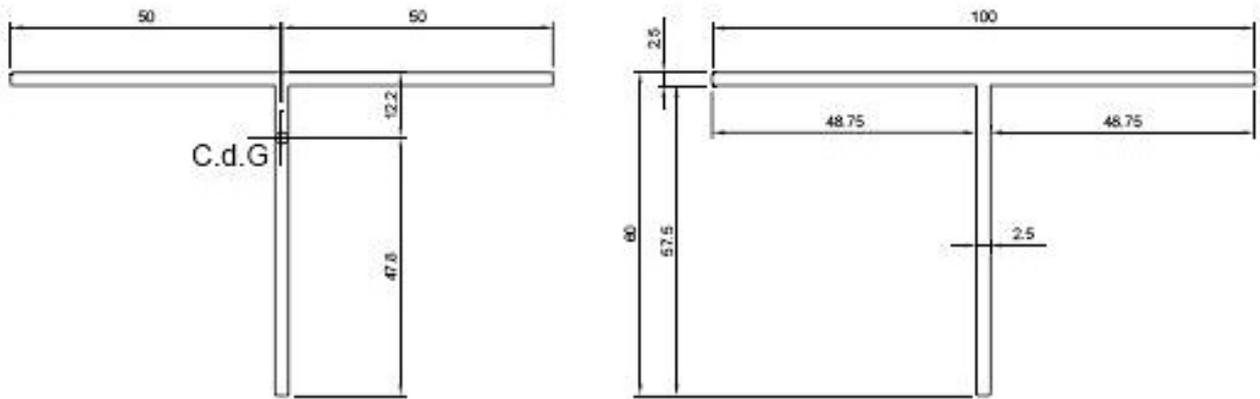
Fecha: N° Visado: V/1/17/00092



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
Rev. 1

VISADO

Fecha: 15/03/2017



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	I_x (mm)	I_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Montante vertical T_100 x 80	6.000	394	1.063	12,18	20,82	17,50	23,00	50,00	47,80

Figura 5.4. Montante vertical T 100 x 60.



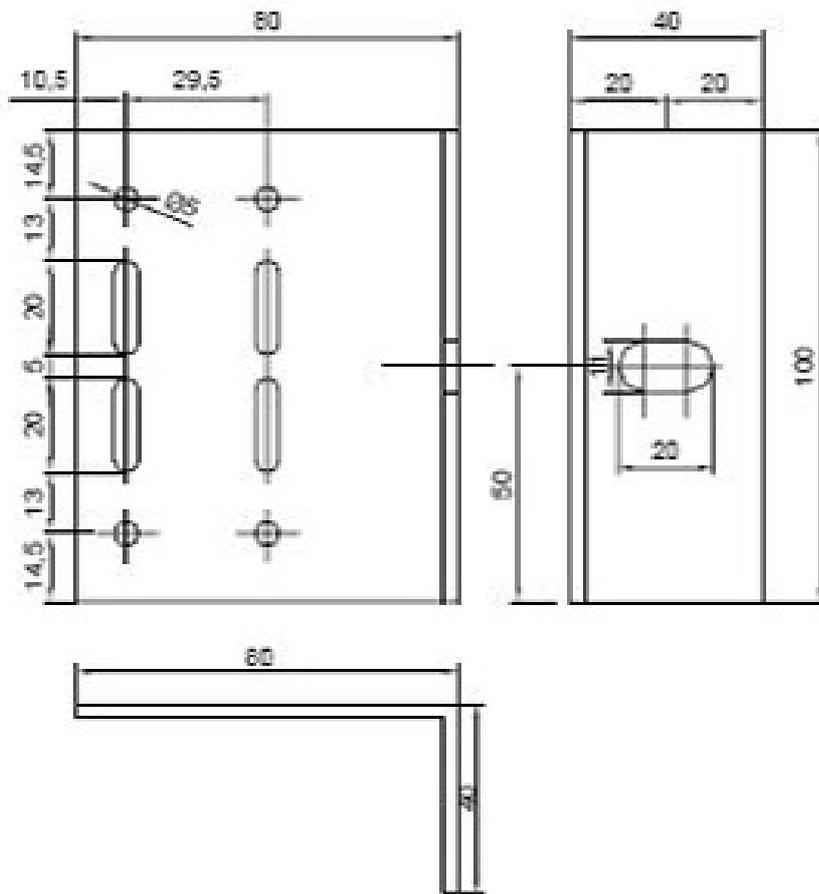


Figura 6.4. Anclaje tipo L40/100 x 80 (espesor anclaje 3 mm).

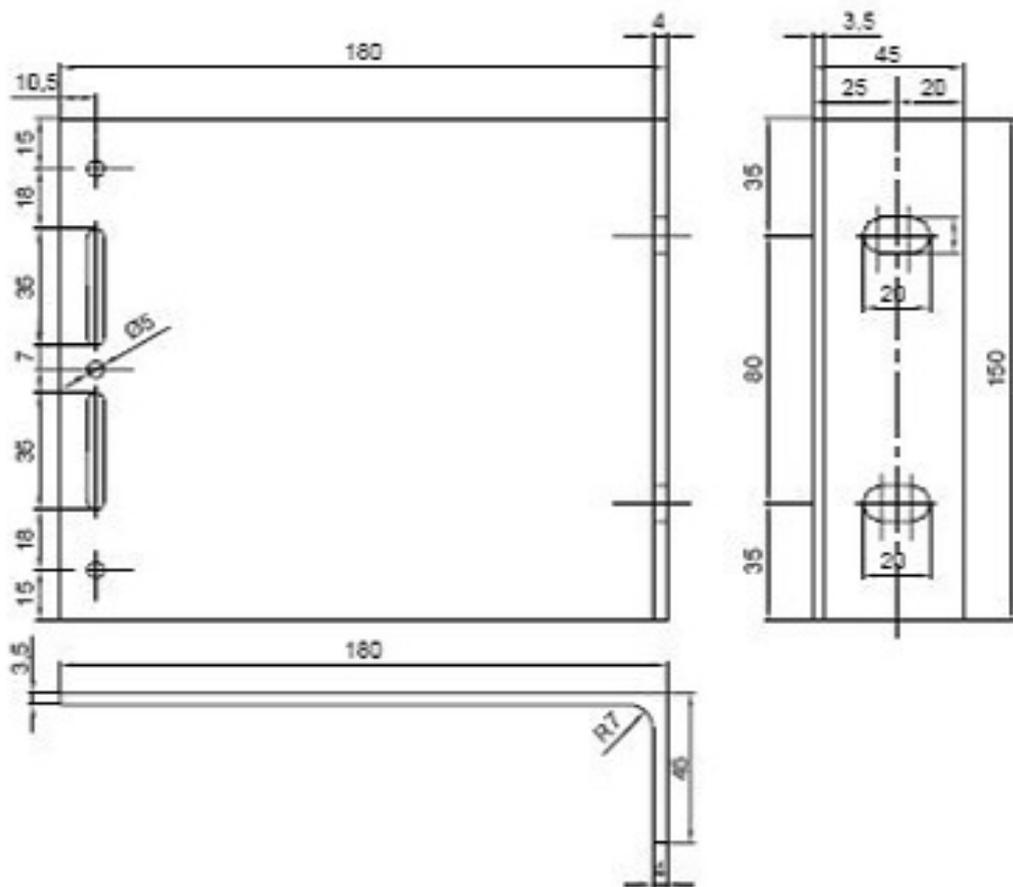
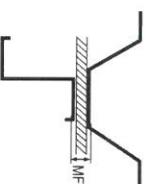
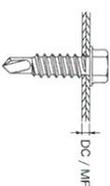
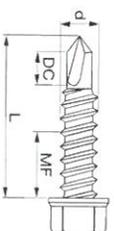


Figura 6.2. Anclaje tipo L45/150 x 180 (espesor anclaje 3,5-4 mm).



Vis autoperceuse S-MD 03 S



Applications

- Fixation de profilés d'acier et de tôles d'acier sur support acier
- Fixation de tôle sur structures acier

Données techniques

Matériau support	Acier au carbone
Protection contre la corrosion	Inox A2
Type de vis	Vis autoperceuse
Type d'empreinte	Hexagonale 8

Avantages

- Pointe auto perceuse rapide et robuste grâce à la technologie Racing Tip

Désignation	Diamètre de la vis d	Longueur sous tête L	Plage de capacité de perçage DC	Epaisseur de la fixation max	Cond.	Code article
S-MD 03 S 5,5x25	5,5 mm	25 mm	2,60 - 6,00 mm	10 mm	500	413408
S-MD 03 S 5,5x32	5,5 mm	32 mm	2,60 - 6,00 mm	17 mm	250	413409
S-MD 03 S 5,5x38	5,5 mm	38 mm	2,60 - 6,00 mm	23 mm	250	413410
S-MD 03 S 5,5x50	5,5 mm	50 mm	2,60 - 6,00 mm	35 mm	250	413411
S-MD 03 S 5,5x63	5,5 mm	63 mm	2,60 - 6,00 mm	48 mm	100	413412
S-MD 03 S 6,3x25	6,3 mm	25 mm	2,60 - 6,00 mm	10 mm	500	413413

Produits complémentaires

Visseuse recommandée : ST 1800-A22



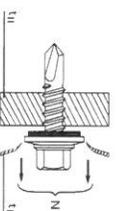
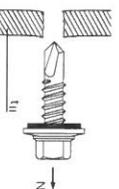
Type de douille	Désignation	Code article
Douille non magnétique 6 pans	S-NS 8 C 50/2"	2039244

Résistances caractéristiques de la vis S-MD 03 S 5,5xL

Matériaux

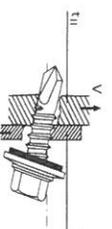
Désignation	Matériau tôle fixée (composant I)	Matériau support (composant II)
S-MD 03 S	Acier nuance S280GD ou S320GD (EN 10346)	Acier nuance S280GD ou S320GD (EN 10346)

Résistances caractéristiques en traction

 $N_{Rk} \text{ (kN)}$


Epaisseur tôle fixée (composant I) [mm]	Epaisseur matériau support (composant II) [mm]	
	1,5	2,0
0,63	1,5	3,0
0,75	1,5	1,5
0,88	1,7	2,0
1,00	1,7	2,0
1,13	1,7	2,6
1,25	1,7	2,6
1,50	1,7	2,6
2,00	1,7	2,6

Résistances caractéristiques en cisaillement

 $V_{Rk} \text{ (kN)}$


S-MD 03 S 5,5xL	Epaisseur matériau support (composant II) [mm]	
	1,5	2,0
0,63	2,3	3,0
0,75	2,3	2,3
0,88	2,3	3,0
1,00	2,3	3,0
1,13	4,8	-

Coefficients partiels de sécurité selon l'Eurocode 3

Concept sécurité partiel	Traction		Cisaillement	
	$\gamma_{M1} = 1,33$ $N_{Rd} = N_{Rk} / \gamma_{M1}$	$\gamma_{M2} = 1,33$ $V_{Rd} = V_{Rk} / \gamma_{M2}$	$\gamma_{M1} = 1,33$ $N_{Rd} = N_{Rk} / 2,0$	$\gamma_{M2} = 2,0$ $N_{Rd} = N_{Rk} / 2,0$
Coefficient partiel de sécurité				
Résistance de calcul ultime				
Concept sécurité global				

Coefficient global de sécurité

$$\gamma_{global} = 2,0$$

$$N_{Rd} = N_{Rk} / 2,0$$

$$\gamma_{global} = 2,0$$

$$N_{Rd} = N_{Rk} / 2,0$$

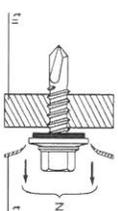
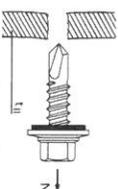
* Le coefficient global de sécurité de 2,0 inclut un coefficient partiel de sécurité $\gamma_F = 1,5$ pour le vent. Pour les autres charges, les coefficients de sécurité doivent correspondre aux normes appropriées.

Résistances caractéristiques de la vis S-MD 03 S 6,3xL

Matériaux

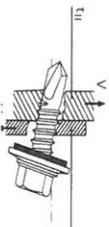
Désignation	Matériau tôle fixée (composant I)	Matériau support (composant II)
S-MD 03 S	Acier nuance S280GD ou S320GD (EN 10346)	Acier nuance S280GD ou S320GD (EN 10346)

Résistances caractéristiques en traction N_{Rk} (kN)



S-MD 03 S 6,3xL	Epaisseur matériau support (composant II) [mm]		N _{Rk} (kN)
	1,5	2,0	
Epaisseur tôle fixée (composant I) [mm]	0,63	1,4	1,7
	0,75	1,4	2,2
	0,88	1,4	2,2
	1,00	1,4	2,7
	1,13	1,4	3,7
Epaisseur tôle fixée (composant I) [mm]	1,25	1,4	2,7
	1,50	1,4	2,7
	2,00	1,4	2,7

Résistances caractéristiques en cisaillement V_{Rk} (kN)



S-MD 03 S 6,3xL	Epaisseur matériau support (composant II) [mm]		V _{Rk} (kN)
	1,5	2,0	
Epaisseur tôle fixée (composant I) [mm]	0,63	2,4	2,4
	0,75	2,4	3,5
	0,88	2,4	3,5
	1,00	2,4	3,5
	1,13	2,4	3,5
Epaisseur tôle fixée (composant I) [mm]	1,25	2,4	3,5
	1,50	2,4	3,5
	2,00	2,4	3,5

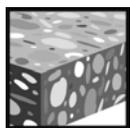
Coefficients partiels de sécurité selon l'Eurocode 3

	Traction	Cisaillement
Concept sécurité partiel		
Coefficient partiel de sécurité	$\gamma_M = 1,33$	$\gamma_M = 1,33$
Resistance de calcul ultime	$N_{Rd} = N_{Rk} / \gamma_M$	$V_{Rd} = V_{Rk} / \gamma_M$
Concept sécurité global		
Coefficient global de sécurité	$\gamma_{global} = 2,0$	$\gamma_{global} = 2,0$
Resistances recommandées*	$N_{Hd} = N_{Rk} / 2,0$	$N_{Hd} = N_{Rk} / 2,0$

* Le coefficient global de sécurité de 2,0 inclut un coefficient partiel de sécurité $\gamma_F = 1,5$ pour le vent. Pour les autres charges, les coefficients de sécurité doivent correspondre aux normes appropriées.

HRD Frame anchor

	Anchor version	Benefits
	HRD-C 8x HRD CR 8x	Innovative screw design for better hold Suitable on practically all base materials
	HRD-C 10x... HRD-CR 10x... HRD-CR2 10x...	Flexible embedment depth (approved at 50mm and 70mm) Suitable for fastening thicknesses up to 260mm Available in 4 different materials for optimum suitability in all corrosive environments Pre-assembled for optimum handling and fastening quality
	HRD-H 10x... HRD-HR 10x... HRD-HR2 10x... HRD-HF 10x...	
	HRD-K 10x... HRD-KR 10x... HRD-KR2 10x...	
	HRD-P 10x... HRD-PR 10x... HRD-PR2 10x...	



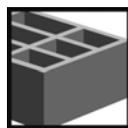
Concrete



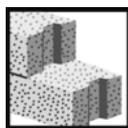
Tensile zone ^{a)}



Solid brick



Hollow brick



Autoclaved aerated concrete



Window frame



Fire resistance



European Technical Approval



CE conformity

^{a)} Redundant fastening only

Approvals / certificates

Description	Authority / Laboratory	No. / date of issue
European technical approval ^{a)}	DIBt, Berlin	ETA-07/0219 / 2011-02-01
Fire test report	MFPA, Leipzig	GS 3.2/10-157-1/ 2010-09-02
Window frame report ^{b)}	Ift, Rosenheim	Ift report 105 33035 / 20007-07-09

^{a)} All data given in this section according ETA-07/0219, issue 2011-02-01. The anchor is to be used only for redundant fastening for non-structural applications. HRD-HF 10x... is not covered by the ETA.

^{b)} only available for HRD 8

Basic loading data according ETAG 020

All data in this section applies to

- Correct setting (See setting instruction)
- No edge distance and spacing influence
- Base material as specified in the table
Minimum base material thickness
- Steel failure
- Shear without lever arm
- Anchors in redundant fastening

- The data that are highlighted in light grey are additional Hilti recommended data and not part of the approval



Characteristic resistance

Anchor size				HRD 8	HRD 10		
				h_{nom} =50mm	h_{nom} =50mm	h_{nom} =70mm	h_{nom} =90mm
Concrete C 12/15	N_{Rk}	[kN]	2,0	3,0	6,0	-	
	V_{Rk}	[kN]	6,9 / 6,6 ^{b)}	10,6 / 10,6 ^{b)}	10,6 / 10,6 ^{b)}	-	
Concrete C 16/20 –C 50/60	N_{Rk}	[kN]	3,0	4,5	8,5	-	
	V_{Rk}	[kN]	6,9 / 6,6 ^{b)}	10,6 / 10,6 ^{b)}	10,6 / 10,6 ^{b)}	-	
Solid clay brick Mz 2,0 DIN V 105-100 / EN 771-1	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	1,5	3,0 4,5 ^{a)}	c)	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	1,2	2,0 3,0 ^{a)}	c)	-
Solid sand-lime brick KS 2,0 DIN V 106 / EN 771-2	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	2,5	3,0 4,5 ^{a)}	c)	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	2,0	2,0 3,0 ^{a)}	c)	-
Lightweight solid block Vbl 0,9 DIN V 18151-100 / EN 771-3	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	3,5 6,0 ^{a)}	c)	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	2,5 4,5 ^{a)}	c)	-
	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,50	-	-	-
Ital. solid brick Tufo	$f_b \geq n/a$	F_{Rk}	[kN]	1,4	-	-	-
Hollow clay brick Hz B 12/1,2 A ^{e)}	brick $f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,50	-	-	-
Hilti technical data Vertically perforated clay brick Hz 1,2-2DF brick F ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,5	-	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	2,0	-	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	2,0	-	-
Vertically perforated clay brick Hz 1,0-2DF brick G ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	0,4	0,75	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	0,5	0,9	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	0,6	0,9	-
	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	0,9	1,5	-
Vertically perforated clay brick VHz 1,6-2DF brick H ^{e)}	$f_b \geq 28 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	2,0	2,5	-
	$f_b \geq 50 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	3,0	3,5	-
Vertically perforated clay brick Poroton T8 brick M ^{e)}	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	0,75	1,5	-
Hilti technical data Vertically perforated clay brick Hz 1,0-9DF brick L ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,2	1,5	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,5	1,5	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,5	2,0	-
	$f_b \geq 16 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	2,0	3,0	-



Characteristic resistance

Anchor size				HRD 8	HRD 10		
				h_{nom} =50mm	h_{nom} =50mm	h_{nom} =70mm	h_{nom} =90mm
Hollow sand-lime brick KSL 12/1,4 brick O ^{e)}	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,75	-	-	-
Hilti technical data	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,5	-	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL 1,6-2DF brick P ^{e)}	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,5	-	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	2,0	-	-
Hilti technical data	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	-	2,0	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL 1,4-3DF brick Q ^{e)}	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	-	2,5	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	-	3,0	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL R 1,6-16DF brick R ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	0,9	1,2	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,2	1,5	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,5	2,0	-
	$f_b \geq 16 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	2,0	2,5	-
Lightweight hollow brick Hbl 2/0,8 brick S ^{e)}	$f_b \geq 2 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,30	-	-	-
Lightweight concrete hollow block Hbl 1,2-12DF brick T ^{e)}	$f_b \geq 2 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	0,5	0,75	-
	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	1,2	2,0	-
Ital. Hollow brick Mattone brick E ^{e)}	$f_b \geq 22 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	1,5	-	-	-
Ital. Hollow brick Poroton P700 brick N ^{e)}	$f_b \geq 15 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	-	0,6	-
Ital. Hollow brick Doppio Uni brick C+I ^{e)}	$f_b \geq 25 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,9 (C)	-	1,5 (I)	-
Span. Hollow brick Rojo hidrofugano brick D ^{e)}	$f_b \geq 40 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,60	-	-	-
Span. Hollow brick Ladrillo perforado brick J ^{e)}	$f_b \geq 26 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	-	2,0	-
Span. Hollow brick Clinker mediterraneo brick K ^{e)}	$f_b \geq 75 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	-	-	1,5	-
French Hollow brick Brique Creuse brick B ^{e)}	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,50	-	-	-
Autoclaved aerated concrete AAC	AAC 2	F_{Rk}	[kN]	-	-	0,9	0,9
	AAC 4	F_{Rk}	[kN]	-	-	2,0	2,5
	AAC 6	F_{Rk}	[kN]	-	-	2,0	2,0
		F_{Rk}	[kN]	-	-	3,5 ^{d)}	4,5 ^{d)}



Design resistance

Anchor size				HRD 8	HRD 10		
				h_{nom} =50mm	h_{nom} =50mm	h_{nom} =70mm	h_{nom} =90mm
Concrete C 12/15	N_{Rd} [kN]		1,1	1,7	3,3	-	
	V_{Rd} [kN]		5,5/5,2 ^{b)}	8,5/8,5 ^{b)}	8,5/8,5 ^{b)}	-	
Concrete C 16/20 –C 50/60	N_{Rd} [kN]		1,7	2,5	4,7	-	
	V_{Rd} [kN]		5,5/5,2 ^{b)}	8,5/8,5 ^{b)}	8,5/8,5 ^{b)}	-	
Solid clay brick Mz 2,0 DIN V 105-100 / EN 771-1	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	0,6	1,2 1,8 ^{a)}	c)	-	
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	0,48	0,8 1,2 ^{a)}	c)	-	
Solid sand-lime brick KS 2,0 DIN V 106 / EN 771-2	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	1,0	1,2 1,8 ^{a)}	c)	-	
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	0,8	0,8 1,2 ^{a)}	c)	-	
Lightweight solid block Vbl 0,9 DIN V 18151-100 / EN 771-3	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	1,4 2,4 ^{a)}	c)	-	
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	1,0 1,8 ^{a)}	c)	-	
	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	0,2	-	-	-	
Ital. solid brick Tufo	$f_b \geq n/a$	F_{Rd} [kN]	0,56	-	-	-	
Hollow clay brick Hlz B 12/1,2 brick A ^{e)}	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	0,2	-	-	-	
Hilti technical data Vertically perforated clay brick Hlz 1,2-2DF brick F ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,6	-	-	
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,8	-	-	
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,8	-	-	
Vertically perforated clay brick Hlz 1,0-2DF brick G ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,16	0,3	-	
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,2	0,36	-	
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,24	0,36	-	
	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,36	0,6	-	
Vertically perforated clay brick VHlz 1,6-2DF brick H ^{e)}	$f_b \geq 28 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,8	1,0	-	
	$f_b \geq 50 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	1,2	1,4	-	
Vertically perforated clay brick Poroton T8 brick M ^{e)}	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,3	0,6	-	
Hilti technical data Vertically perforated clay brick Hlz 1,0-9DF brick L ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,48	0,6	-	
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,6	0,6	-	
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,6	0,8	-	
	$f_b \geq 16 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd} [kN]	-	0,8	1,2	-	



Design resistance

Anchor size				HRD 8	HRD 10		
				h_{nom} =50mm	h_{nom} =50mm	h_{nom} =70mm	h_{nom} =90mm
Hollow sand-lime brick KSL 12/1,4 brick O ^{e)}	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	0,3	-	-	-
Hilti technical data	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,6	-	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL 1,6-2DF brick P ^{e)}	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,6	-	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,8	-	-
Hilti technical data	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	-	0,8	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL 1,4-3DF brick Q ^{e)}	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	-	1,0	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	-	1,2	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL R 1,6-16DF brick R ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,36	0,48	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,48	0,6	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,6	0,8	-
	$f_b \geq 16 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,8	1,0	-
Lightweight hollow brick Hbl 2/0,8 brick S ^{e)}	$f_b \geq 2 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	0,12	-	-	-
Lightweight concrete hollow block Hbl 1,2-12DF brick T ^{e)}	$f_b \geq 2 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,2	0,3	-
	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	0,48	0,8	-
Ital. Hollow brick Mattone brick E ^{e)}	$f_b \geq 22 \text{ N/mm}^2$	F_{Rk}	[kN]	0,6	-	-	-
Ital. Hollow brick Poroton P700 brick N ^{e)}	$f_b \geq 15 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	-	0,24	-
Ital. Hollow brick Doppio Uni brick C+I ^{e)}		F_{Rd}	[kN]	0,36 (C)	-	0,6 (I)	-
Span. Hollow brick Rojo hidrofugano brick D ^{e)}	$f_b \geq 40 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	0,24	-	-	-
Span. Hollow brick Ladrillo perforado brick J ^{e)}	$f_b \geq 26 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	-	0,8	-
Span. Hollow brick Clinker mediterraneo brick K ^{e)}	$f_b \geq 75 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	-	-	0,6	-
French Hollow brick Brique Creuse brick B ^{e)}	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{Rd}	[kN]	0,20	-	-	-
Autoclaved aerated concrete AAC EN 771-4	AAC 2	F_{Rd}	[kN]	-	-	0,45	0,45
	AAC 4	F_{Rd}	[kN]	0,21	-	1,0	1,25
	AAC 6	F_{Rd}	[kN]	0,21	-	1,0	1,0
		F_{Rd}	[kN]		-	1,75 ^{d)}	2,25 ^{d)}



Recommended loads ^{a)}

Anchor size			HRD 8	HRD 10		
			h_{nom} =50mm	h_{nom} =50mm	h_{nom} =70mm	h_{nom} =90mm
Concrete C 12/15	N_{rec} [kN]		0,8	1,2	2,4	-
	V_{rec} [kN]		3,9/3,7 ^{b)}	6,1/6,1 ^{b)}	6,1/6,1 ^{b)}	-
Concrete C 16/20 –C 50/60	N_{rec} [kN]		1,2	1,8	3,4	-
	V_{rec} [kN]		3,9/3,7 ^{b)}	6,1/6,1 ^{b)}	6,1/6,1 ^{b)}	-
Solid clay brick Mz 2,0 DIN V 105-100 / EN 771-1	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,42	0,85 1,28 ^{d)}	c)	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,34	0,57 0,85 ^{d)}	c)	-
Solid sand-lime brick KS 2,0 DIN V 106 / EN 771-2	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,7	0,85 1,28 ^{d)}	c)	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,57	0,57 0,85 ^{d)}	c)	-
Lightweight solid block Vbl 0,9 DIN V 18151-100 / EN 771-3	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	1,0 1,71 ^{d)}	c)	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,71 1,28 ^{d)}	c)	-
	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,14	-	-	-
Ital. solid brick Tufo	$f_b \geq n/a$	F_{rec} [kN]	0,4	-	-	-
Hollow clay brick Hlz B 12/1,2 brick A ^{e)}	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,14	-	-	-
Hilti technical data Vertically perforated clay brick Hlz 1,2-2DF brick F ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,42	-	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,57	-	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,57	-	-
Vertically perforated clay brick Hlz 1,0-2DF brick G ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,11	0,21	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,14	0,25	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,17	0,25	-
	$f_b \geq 20 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,25	0,42	-
Vertically perforated clay brick VHlz 1,6-2DF brick H ^{e)}	$f_b \geq 28 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,57	0,71	-
	$f_b \geq 50 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,85	1,0	-
Vertically perforated clay brick Poroton T8 brick M ^{e)}	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,21	0,42	-
Hilti technical data Vertically perforated clay brick Hlz 1,0-9DF brick L ^{e)}	$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,34	0,42	-
	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,42	0,42	-
	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,42	0,57	-
	$f_b \geq 16 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,57	0,85	-



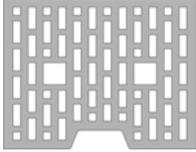
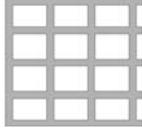
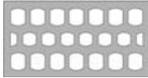
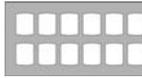
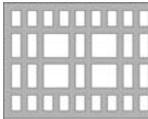
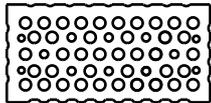
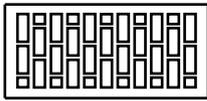
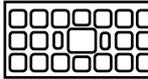
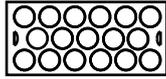
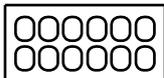
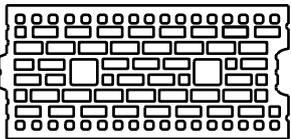
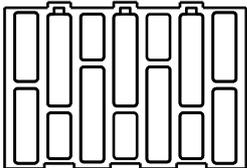
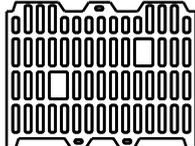
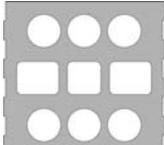
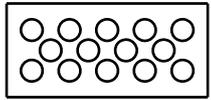
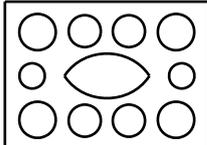
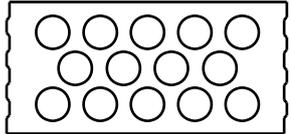
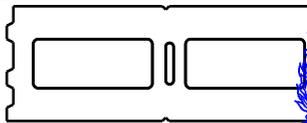
Recommended loads ^{a)}

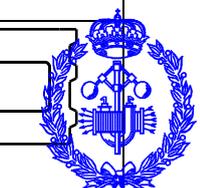
Anchor size				HRD 8		HRD 10	
				h_{nom} =50mm	h_{nom} =50mm	h_{nom} =70mm	h_{nom} =90mm
Hollow sand-lime brick KSL 12/1,4 O ^{e)}	brick	$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,21	-	-	-
Hilti technical data		$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,42	-	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL 1,6-2DF	brick P ^{e)}	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,42	-	-
		$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,57	-	-
Hilti technical data		$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	-	0,57	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL 1,4-3DF	brick Q ^{e)}	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	-	0,71	-
		$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	-	0,85	-
		$f_b \geq 8 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,25	0,34	-
Vertically perforated sand-lime brick KSL R 1,6-16DF	brick R ^{e)}	$f_b \geq 10 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,34	0,42	-
		$f_b \geq 12 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,42	0,57	-
		$f_b \geq 16 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,57	0,71	-
Lightweight hollow brick Hbl 2/0,8	brick S ^{e)}	$f_b \geq 2 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,09	-	-	-
Lightweight concrete hollow block Hbl 1,2-12DF	brick T ^{e)}	$f_b \geq 2 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,14	0,21	-
		$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	0,34	0,57	-
Ital. Hollow brick Mattone	brick E ^{e)}	$f_b \geq 22 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,43	-	-	-
Ital. Hollow brick Poroton P700	brick N ^{e)}	$f_b \geq 15 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	-	0,17	-
Ital. Hollow brick Doppio Uni	brick C+I ^{e)}	$f_b \geq 25 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,25 (C)	-	0,42 (I)	-
Span. Hollow brick Rojo hidrofugano	brick D ^{e)}	$f_b \geq 40 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,17	-	-	-
Span. Hollow brick Ladrillo perforado	brick J ^{e)}	$f_b \geq 26 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	-	0,57	-
Span. Hollow brick Clinker mediterraneo	brick K ^{e)}	$f_b \geq 75 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	-	-	0,42	-
French Hollow brick Brique Creuse	brick B ^{e)}	$f_b \geq 6 \text{ N/mm}^2$	F_{rec} [kN]	0,14	-	-	-
Autoclaved aerated concrete AAC EN 771-4		AAC 2	F_{rec} [kN]	-	-	0,32	0,32
		AAC 4	F_{rec} [kN]	0,15	-	0,71	0,89
		AAC 6	F_{rec} [kN]	0,15	-	0,71	0,71
			F_{rec} [kN]		-	1,25 ^{d)}	1,6 ^{d)}

- a) With overall partial safety factor for action $\gamma = 1,4$. The partial safety factors for action depend on the type of loading and shall be taken from national regulations.
- b) Values for stainless steel
- c) Data can be determined by job-site testing, data for $h_{nom} = 50\text{mm}$ can be applied.
- d) Valid for edge distance $c \geq 150\text{mm}$, intermediate values can be interpolated
- e) Specification of hollow base material brick types see separate table below



Specification of hollow base material brick types

Specification	Picture / drilling method	Specification	Picture / drilling method
Hollow clay bricks according EN 771-1			
brick A Hlz B 12/1,2 LxWxH [mm]: 300x240x248 h _{min} [mm]: 240	 Rotary drilling	brick B Brique Creuse LxWxH [mm]: 210x198x... h _{min} [mm]: 210	 Rotary drilling
brick C Doppio Uni LxWxH [mm]: 230x120x100 h _{min} [mm]: 120	 Rotary drilling	brick D Rojo hidrofugano LxWxH [mm]: 240x115x50 h _{min} [mm]: 115	 Rotary drilling
brick E Mattone LxWxH [mm]: 240x180x100 h _{min} [mm]: 180	 Rotary drilling	brick F Hlz 1,2-2DF LxWxH [mm]: 240x115x113 h _{min} [mm]: 115	 Hammer drilling
brick G Hlz 1,0-2DF LxWxH [mm]: 240x115x113 h _{min} [mm]: 110	 Hammer drilling	brick H VHlz 1,6-2DF LxWxH [mm]: 240x115x113 h _{min} [mm]: 115	 Hammer drilling
brick I Doppio Uni LxWxH [mm]: 250x120x190 h _{min} [mm]: 120	 Rotary drilling	brick J Ladrillo perforado LxWxH [mm]: 240x110x100 h _{min} [mm]: 110	 Rotary drilling
brick K Clinker mediterraneo LxWxH [mm]: 240x113x50 h _{min} [mm]: 113	 Hammer drilling	brick L Hlz 1,0-9DF LxWxH [mm]: 372x175x238 h _{min} [mm]: 175	 Rotary drilling
brick M Poroton T8 LxWxH [mm]: 248x365x249 h _{min} [mm]: 365	 Rotary drilling	brick N Poroton P700 LxWxH [mm]: 225x300x190 h _{min} [mm]: 300	 Rotary drilling
Hollow sand-lime bricks according EN 771-2			
brick O KSL 12/1,4 LxWxH [mm]: 240x248x248 h _{min} [mm]: 240	 Hammer drilling	brick P KS L 1,6-2DF LxWxH [mm]: 240x115x113 h _{min} [mm]: 115	 Hammer drilling
brick Q KS L 1,4-3DF LxWxH [mm]: 240x175x113 h _{min} [mm]: 175	 Hammer drilling	brick R KS L R 1,6-16DF LxWxH [mm]: 480x240x248 h _{min} [mm]: 240	 Rotary drilling
Lightweight concrete hollow block according EN 771-3			
brick S Hbl 2/0,8 LxWxH [mm]: 497x240x248 h _{min} [mm]: 240	 Hammer drilling	brick T Hbl 1,2-12DF LxWxH [mm]: 497x175x238 h _{min} [mm]: 175	 Rotary drilling



Requirements for redundant fastening

The definition of redundant fastening according to Member States is given in the ETAG 020. In Absence of a definition by a Member State the following default values may be taken

Minimum number of fixing points	Minimum number of anchors per fixing point	Maximum design load of action N_{sd} per fixing point ^{a)}
3	1	3 kN
4	1	4,5 kN

a) The value for maximum design load of actions per fastening point N_{sd} is valid in general that means all fastening points are considered in the design of the redundant structural system.

Service temperature range

Hilti HRD frame anchors may be applied in the temperature range given below.

Temperature range	Base material temperature	Maximum long term base material temperature	Maximum short term base material temperature
Temperature range	-40 °C to +80 °C	+50 °C	+80 °C

Max short term base material temperature

Short-term elevated base material temperatures are those that occur over brief intervals, e.g. as a result of diurnal cycling.

Max long term base material temperature

Long-term elevated base material temperatures are roughly constant over significant periods of time.

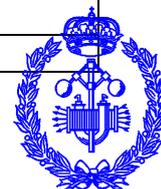
Materials

Mechanical properties

Anchor size		HRD 8	HRD 10
Nominal tensile strength f_{uk}	Carbon steel [N/mm ²]	600	600
	Stainless steel [N/mm ²]	580	600
Yield strength f_{yk}	Carbon steel [N/mm ²]	480	480
	Stainless steel [N/mm ²]	450	480
Stressed cross-section A_s	[mm ²]	22,9	35,3
Moment of resistance W	[mm ³]	15,5	29,5
Char. bending resistance $M_{Rk,s}^0$	Carbon steel [Nm]	11,1	21,3
	Stainless steel [Nm]	10,8	21,3

Material quality

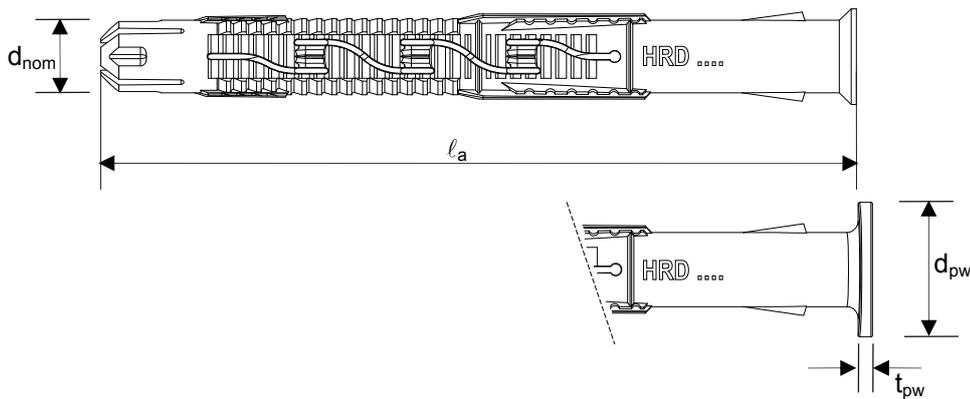
Part	Material
Sleeve	Polyamide, colour red
Screw	Carbon steel, galvanised to min. 5 µm
	Stainless steel, corrosion class II: 1.4301 / 1.4567
	Stainless steel, corrosion class III: 1.4362 / 1.4401 / 1.4404 / 1.4571



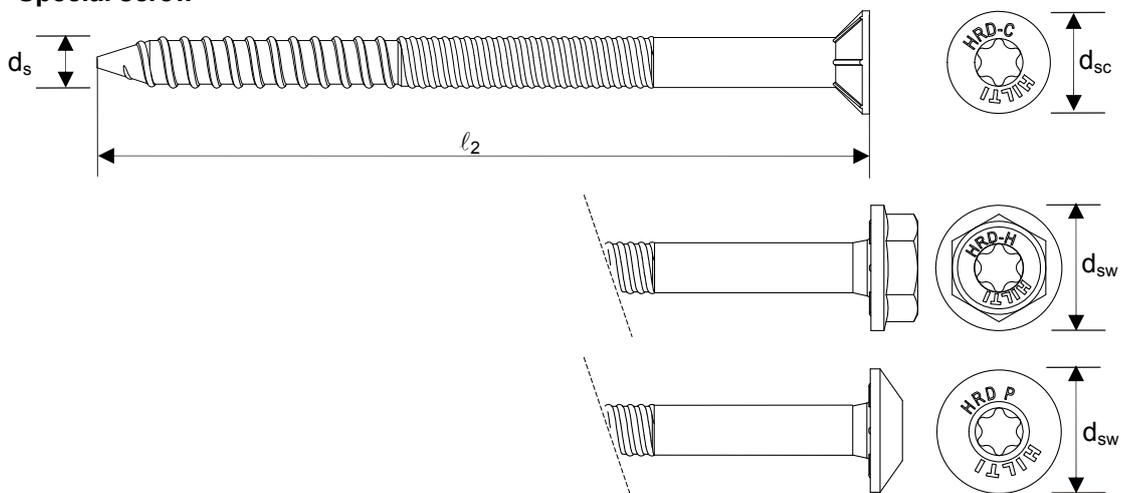
Anchor dimensions

Anchor size			HRD 8	HRD 10
Minimum thickness of fixture	$t_{fix,min}$	[mm]	0	0
Maximum thickness of fixture	$t_{fix,max}$	[mm]	90	260
Diameter of the sleeve	d_{nom}	[mm]	8	10
Minimum length of the sleeve	$l_{1,min}$	[mm]	60	60
Maximum length of the sleeve	$l_{1,max}$	[mm]	140	310
Diameter of plastic washer	d_{pw}	[mm]	-	17,5
Thickness of plastic washer	t_{pw}	[mm]	-	2
Diameter of the screw	d_s	[mm]	6	7
Minimum length of the screw	$l_{2,min}$	[mm]	65	65
Maximum length of the screw	$l_{2,max}$	[mm]	145	315
Head diameter of countersunk screw	d_{sc}	[mm]	11	14
Head diameter of hexhead screw	d_{sw}	[mm]	-	17,5

Anchor sleeve



Special screw

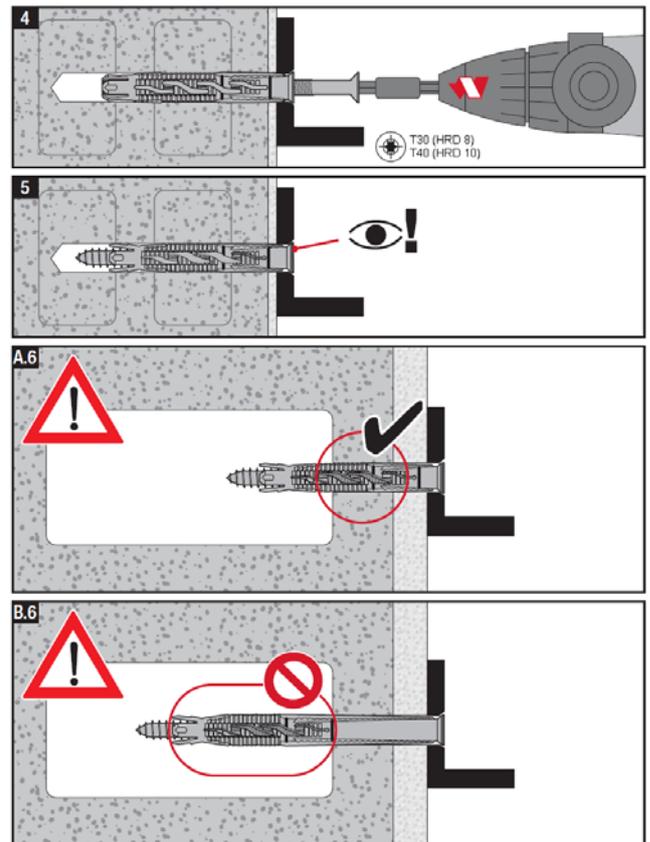
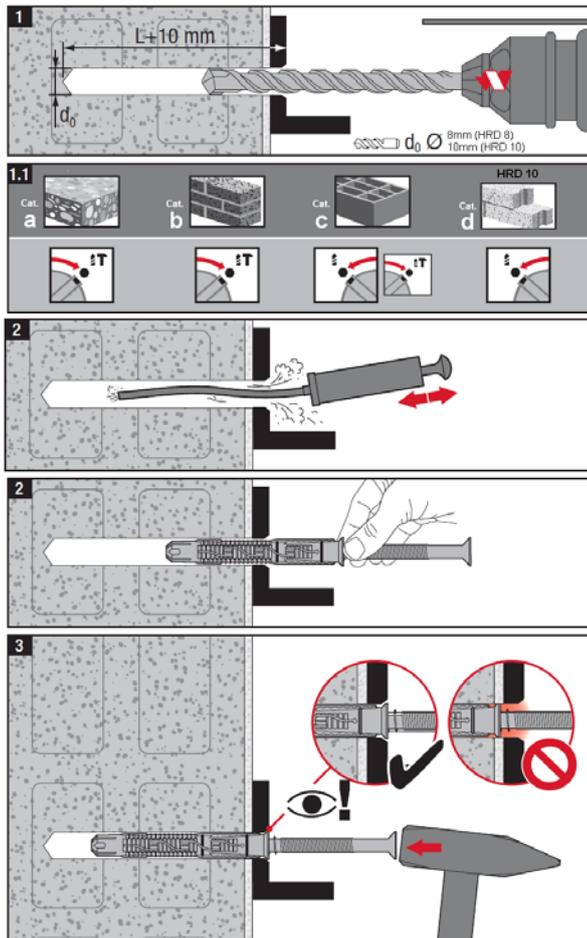


Setting

Installation equipment

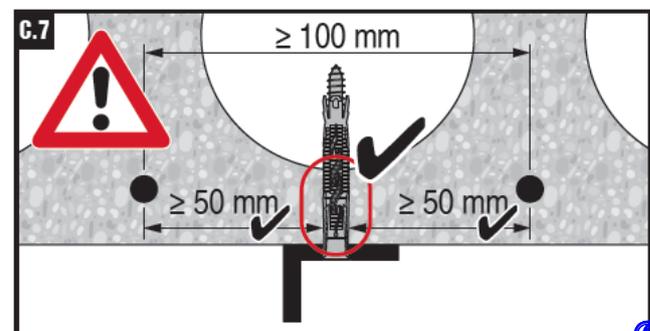
Anchor size	
Rotary hammer	TE2 ... TE16
Other tools	hammer, screw driver

Setting instruction



Additional application for HRD 10:

precast pre-stressed hollow core slabs



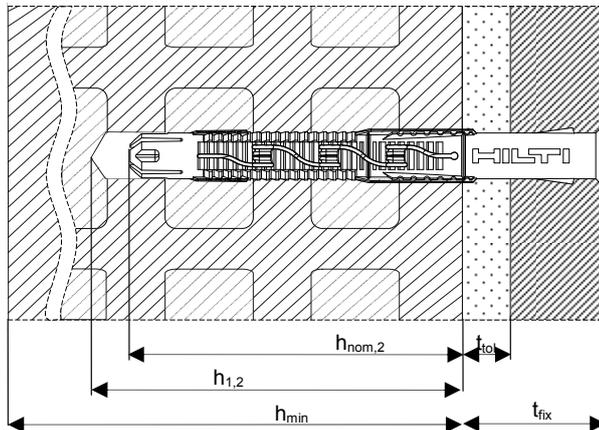
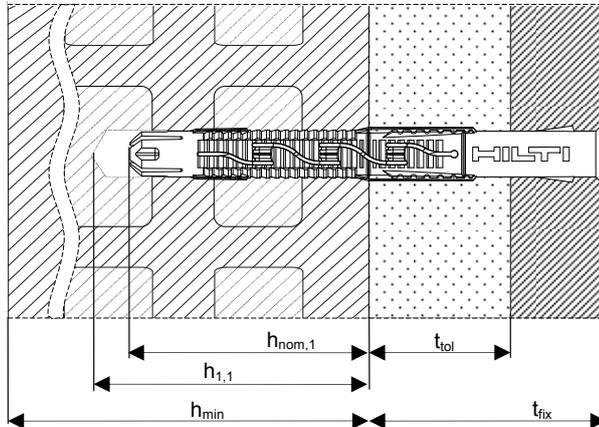
For detailed information on installation see instruction for use given with the package of the product.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Setting details: depth of drill hole h_1 and nominal anchorage depth h_{nom}



Application with $h_{nom,3} = 90\text{mm}$ analogue

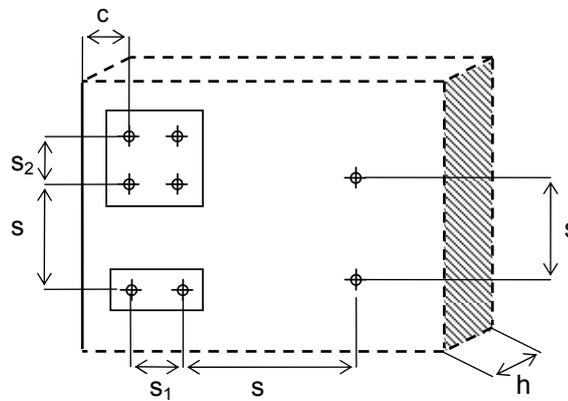
Setting details HRD

			HRD 8	HRD 10
Drill hole diameter	d_o	[mm]	8	10
Cutting diameter of drill bit	$d_{cut} \leq$	[mm]	8,45	10,45
Depth of drilled hole to deepest point	$h_{1,1} \geq$	[mm]	60	60
	$h_{1,2} \geq$	[mm]	-	80
	$h_{1,3} \geq$	[mm]	-	100 ^{a)}
Overall plastic anchor embedment depth in base material	$h_{nom,1} \geq$	[mm]	50	50
	$h_{nom,2} \geq$	[mm]	-	70
	$h_{nom,3} \geq$	[mm]	-	90 ^{a)}
Diameter of clearance hole in the fixture	Countersunk screw	$d_f \leq$	[mm]	8,5
	Hexhead screw	$d_f \leq$	[mm]	-
Installation temperature		[°C]	-10 - +40	

a) for use in AAC

Setting parameters

Anchor size				HRD 8		HRD 10	
				$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} = 70mm$	
Minimum base material thickness	Concrete	h_{min}	[mm]	100	100	120	
	Masonry (depending on brick type)	h_{min}	[mm]	115 - 300			
Minimum spacing	Concrete \geq C16/20	s_{min}	[mm]	100	50		
		for $c \geq$	[mm]	50	100 ^{c)}		
	Concrete C12/15	s_{min}	[mm]	140	70		
		for $c \geq$	[mm]	70	140 ^{c)}		
	Masonry and AAC	s_{min}	[mm]	250	250		
Masonry and AAC	s_{min1}	[mm]	200 (120 ^{d)})	200			
		s_{min2}	[mm]	400 (240 ^{d)})	400		
Minimum edge distance	Concrete \geq C16/20	c_{min}	[mm]	50	50		
		for $s \geq$	[mm]	100	150 ^{c)}		
	Concrete C12/15	c_{min}	[mm]	70	70		
		for $s \geq$	[mm]	140	210 ^{c)}		
Critical spacing in concrete ^{a)}	Concrete \geq C16/20	$s_{cr,N}$	[mm]	62	80	125	
	Concrete C12/15	$s_{cr,N}$	[mm]	68	90	135	
Critical edge distance in concrete ^{b)}	Concrete \geq C16/20	$c_{cr,N}$	[mm]	100	100		
	Concrete C12/15	$c_{cr,N}$	[mm]	140	140		



- a) For spacing larger than the critical spacing each anchor in a group can be considered in design.
- b) For edge distance smaller than critical edge distance the design loads have to be reduced.
- c) Linear interpolation allowed
- d) only for brick "Doppio Uni" and "Mattone"



Design method

Design method according ETAG 020, Annex C. Design resistance according data given in ETA-07/0219, issue 2011-02-01.

- Valid for a group of two anchors
- Influence of edge distance

The design method is based on the following simplifications:

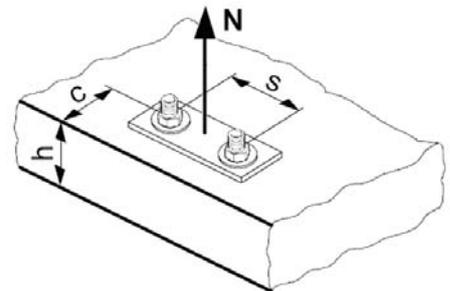
- Minimum base material thickness h_{min}
- All data for concrete C16/20 – C50/60
- No different loads are acting on individual anchors (no eccentricity)
- Shear without lever arm

The values are valid for a single anchor or a anchor group with spacing $< s_{cr,N}$ (for anchor groups with spacing $\geq s_{cr,N}$ each anchor can be considered as acting like a single anchor).

Tension loading in concrete

The design tensile resistance is the lower value of

- Steel resistance: $N_{Rd,s}$
- Concrete pull-out resistance: $N_{Rd,p}$
- Concrete cone resistance: $N_{Rd,c} = N_{Rd,p} \cdot (c/c_{cr,N})$



Basic design tensile resistance

Design steel resistance $N_{Rd,s}$

Anchor size	HRD 8		HRD 10	
	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} \geq 70mm$	$h_{nom} \geq 70mm$
$N_{Rd,s}$	Carbon steel [kN]	7,3	11,7	11,7
	Stainless steel [kN]	6,8	11,7	11,7

Design pull-out resistance $N_{Rd,p}$

Design concrete cone $N_{Rd,c} = N_{Rd,p} \cdot (c/c_{cr,N})$

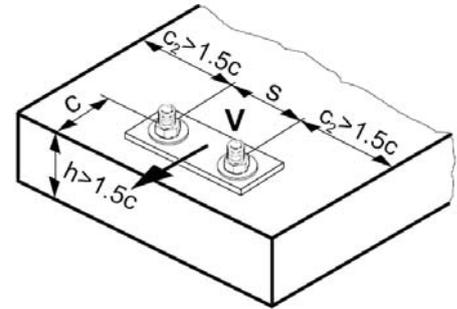
Anchor size	HRD 8		HRD 10	
	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} \geq 70mm$	$h_{nom} \geq 70mm$
$N_{Rd,p}$	Carbon steel [kN]	1,7	2,5	2,5
	Stainless steel [kN]	1,7	2,5	2,5



Shear loading in concrete

The design shear resistance is the lower value of

- Steel resistance: $V_{Rd,s}$
- Concrete edge resistance: $V_{Rd,c} = f_1 \cdot c^{1,5} / 1000$



Basic design shear resistance

Design steel resistance $V_{Rd,s}$

Anchor size	HRD 8		HRD 10	
	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} \geq 70mm$	$h_{nom} \geq 70mm$
$V_{Rd,s}$	Carbon steel [kN]	5,5	8,5	8,5
	Stainless steel [kN]	5,2	8,5	8,5

Design concrete pryout resistance $V_{Rd,c} = f_1 \cdot c^{1,5} / 1000$ (c in [mm], result in [kN])

Influencing factors

Influence of edge distance

Anchor type	HRD 8		HRD 10	
	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} = 50mm$	$h_{nom} \geq 70mm$	$h_{nom} \geq 70mm$
$f_1 = (0,45 \cdot d_{nom}^{0,5} \cdot (h_{nom}/d_{nom})^{0,2} \cdot f_{ck,cube}^{0,5})/1,8$	5,1	5,4	5,8	5,8

Tension, shear and combined tension and shear loading in masonry

The design resistance in masonry and AAC F_{Rd} (see basic loading data) shall be used in each load direction and for single anchors and anchor groups as well.





COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: **277** V/1/17/00092

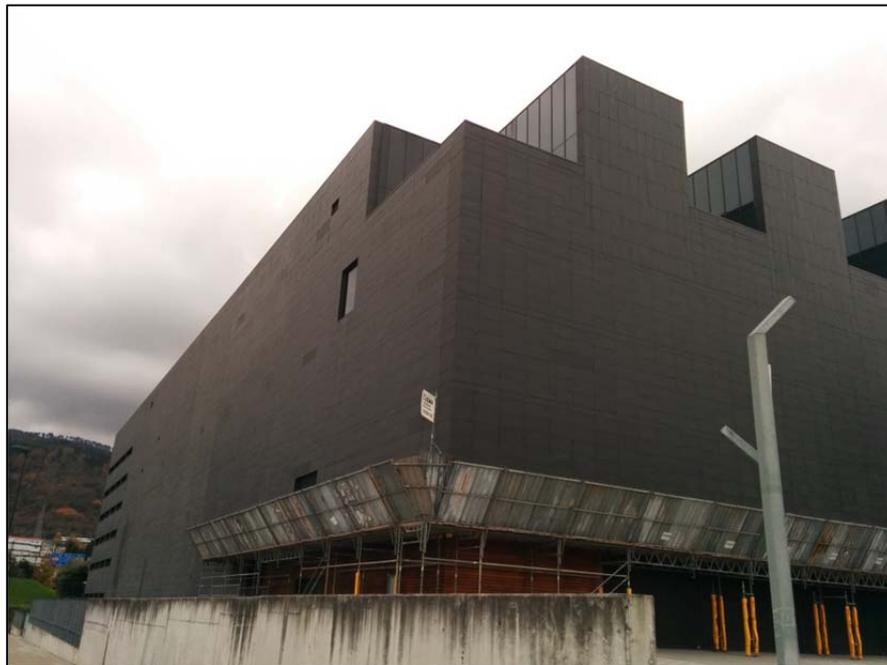
Fecha: 15/03/2017

Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

ENSAYOS PULL OUT



PROJECT: Reforma fachadas Frontón Miribilla, Bizkaia

CODE: FTS_868

CUSTOMER: Construcciones y Excavaciones Aguirrezabal S.L.

DATE: 22/11/2016

Ensayos PULL OUT



COLEGIADO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO
1

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

L <u>U</u> V <u>E</u> L <u>I</u> A engineering	Project: Reforma fachadas Frontón Miribilla, Bizkaia	Code: FTS_920_16	Pol. San Valero Nave 80. 50720 Zaragoza, Spain tel. (+34) 876 28 61 08
--	---	-----------------------------------	---

INDICE:

1. Resultados.
2. Imágenes ensayos.
3. Localización ensayos.
4. Certificado calibración máquina tracción.

LOUVELIA engineering	Project: Reforma fachadas Frontón Miribilla, Bizkaia	Code: FTS_920_16	Pol. San Valero Nave 80. 50720 Zaragoza, Spain tel. (+34) 876 28 61 08
------------------------	---	-----------------------------------	---

1. RESULTADOS.

LOUVELIA | engineering

LOUVELIA
Architectural Facade Solutions

B-99430738
T: +34 976 971 826
info@louvelia.com
www.louvelia.com

INFORME ENSAYO PULL OUT

Proyecto:	FTS_920. REFORMA FACHADAS FRONTON MIRIBILLA	Fecha:	22/11/2016
Taco probado:	EJOT SDF KB 10HX80		
Material Soporte:	MURO EXTERIOR FABRICA - BLOQUE HUECO HORMIGON - RASEADO 10 MM		
Nº Extracciones:	20. Procedimiento según ETAG 020 - Anexo B.		
Máquina de tracción:	HYDROJAWS 2000/C 0965		
Rango de galga:	0-25 kN		
Referencia de galga:	LFS1 E-D		
Resultados:			

Nº Extraccion	Valor (Nw)	
1	6.100	* B.M.
2	6.300	* B.N.
3	6.100	* B.N.
4	3.600	* B.N.
5	8.100	* F.H.
6	6.400	* B.N.
7	8.200	* B.N.
8	5.600	* B.N.
9	6.100	* B.N.
10	7.100	* B.N.
11	6.100	* B.N.
12	7.000	* B.N.
13	3.800	* B.N.
14	5.500	* B.N.
15	7.200	* B.M.
16	7.000	* B.N.
17	8.100	* B.M.
18	6.900	* B.N.
19	7.200	* B.M.
20	6.600	* B.N.

* B.M. =	Bloque macizo
* B.N. =	Bloque normal
* F.H. =	Forjado Hormigón

Valor admisible:
1.640 Nw

	Valor (Nw)	
V.Medio (5 peores resultados)	4.920	* B.N.
Factor seguridad ETA020	2,00	
Factor local mayoración seguridad	1,50	

Ensayo solicitado por: CONSTRUCCIONES Y EXCAVACIONES AGUIRREZABAL S.L.
B-95455881

Ensayo realizado por: Gustavo Sánchez, LOUVELIA S.L.

Revisado por: Gustavo Sánchez, LOUVELIA S.L.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

Ensayos PULL OUT

3
VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

2. IMÁGENES

Ensayo_1:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Ensayo_2:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

Ensayo_3:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Ensayo_4:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

Ensayo_5:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Ensayo_6:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Ensayos PULL OUT

Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

Ensayo_7:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Ensayo_8:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Planta Andamio.

Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

Ensayo_9:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayo_10:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayo_11:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayo_12:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayo_13:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayo_14:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayos PULL OUT

Ensayo_15:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayo_16:



- **Localización: C/. Martín Barúa Picaza.**
Planta Andamio.

Ensayos PULL OUT

	Project: Reforma fachadas Frontón Miribilla, Bizkaia	Code: FTS_920_16	Pol. San Valero Nave 80. 50720 Zaragoza, Spain tel. (+34) 876 28 61 08
--	---	-----------------------------------	---

Ensayo_17:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Plantas Superiores.

Ensayo_18:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Plantas Superiores.

Ensayos PULL OUT



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

12
VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

Ensayo_19:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Plantas Superiores.

Ensayo_20:



- **Localización: C/. Luis de Castresana.**
Plantas Superiores.

Ensayos PULL OUT

3. IMÁGENES LOCALIZACIÓN ENSAYOS.

Luis de Castesana Kalea .
Zona Inferior.



Luis de Castesana Kalea .
Zona Inferior.



Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

Luis de Castresana Kalea
Zona Superior



Luis de Castresana Kalea
Zona Superior

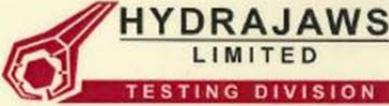


Project:
Reforma fachadas Frontón Miribilla,
Bizkaia

Code:
FTS_920_16

Pol. San Valero
Nave 80.
50720 Zaragoza, Spain
tel. (+34) 876 28 61 08

4. CERTIFICADO CALIBRACIÓN.



1 The Courtyard, Roman Way, Coleshill, Birmingham B46 1HQ
 Tel: +44 (0)1675 430 370 • Fax: +44 (0)1675 465 950
 www.hydrajaws.co.uk • email: tester@hydrajaws.co.uk
 Company registration number 2230733 England.

Certificate of Calibration

GAUGE REF. No. LFS1 E-D

GAUGE RANGE 0 - 25 kN

MODEL No. 2000/C 0965

We certify that this gauge has been inspected and calibrated for accuracy and passed within our limits of plus or minus 2% F.S.D. Calibration undertaken using a master test gauge manufactured to BS EN 837-1.

Results obtained are as follows:-

MASTER	kN	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
ACTUAL	kN	5.0	10.0	15.1	20.0	25.1

TRACEABILITY
 Gauges manufactured to BS EN 837-1

*Calibration undertaken using a Budenberg oil operated dead-weight tester type 280H. Serial number 12127 traceability to UKAS via certificate no.22136. Dated 31.12.15. (valid for 12 months).
 Note: In all accordance with BS EN 837-1 this certificate is valid for a period of 12 months from issue.*

Accuracy of gauges as stated above cannot be guaranteed should the unit be subjected to misuse. Gauge will be permanently damaged should maximum load be exceeded.

THIS CERTIFICATE WILL EXPIRE ON 22/06/2017

Customer LOUVELIA FAÇADE SOLUTIONS S.L.

Order No. Pro-Forma 4848 Date of Calibration 22/06/2016

Approved Signatory 
 Date 22/06/2016





Anchor Fastening Technology Manual

Hilti HIT-HY 170 Injection mortar



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI ENGIENIARIEN ELKARGO ORJIZALA

Version 2015-12

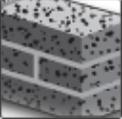
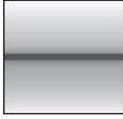
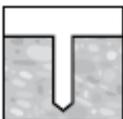
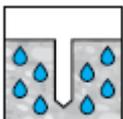
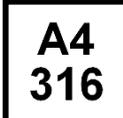
VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Hilti HIT-HY 170 mortar for masonry

Injection mortar system	Benefits
 <p>Hilti HIT-HY 170 500 ml foil pack (also available as 330 ml foil pack)</p>  <p>Mixer HIT-RE-M</p>  <p>HIT-V rod</p>  <p>HIT-IC internally threaded sleeve</p>  <p>HIT-SC composite sleeve</p>	<ul style="list-style-type: none"> - chemical injection fastening for the most common types of base materials - hollow and solid clay and calcium silicate bricks, hollow lightweight and normal weight concrete bricks - two-component hybrid mortar - versatile and convenient handling featuring HDE dispenser - mortar filling control with HIT-SC sleeves - in-service temperatures: short term: max. 80°C long term: max. 50°C

<p>Base material</p>  <p>Solid brick</p>  <p>Hollow brick</p>	<p>Load condition</p>  <p>Static/quasi-static</p>
<p>Installation condition</p>  <p>Hammer drilled holes</p>  <p>Dry base material</p>  <p>Water saturated base material</p>	<p>Other information</p>  <p>European Technical Approval</p>  <p>CE conformity</p>  <p>High corrosion resistance</p>  <p>Corrosion resistance</p>

Approvals / certificates

Description	Authority / Laboratory	No. / date of issue
European Technical Assessment	DIBt, Berlin	ETA-15/0197 / 2015-12-09



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

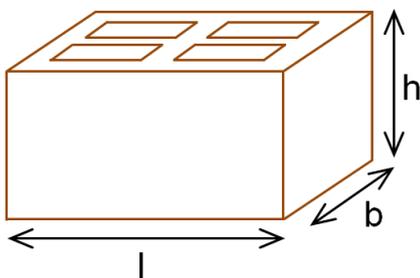
VISADO

Brick types and properties

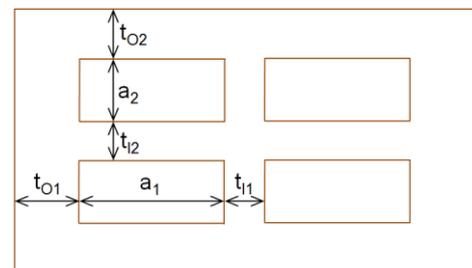
Instruction to this technical data

- Identify/choose your brick (or brick type) and its geometrical/physical properties on the following tables.
- The pages referred on the last column of the table below contain the design resistance loads for pull-out failure of the anchor, brick breakout failure and local brick failure for each respective brick. Notice that the data displayed on these tables is only valid for single anchors with distance to the edge bigger or equal to $c_{cr} = c_{min}$ – for other cases not covered, please contact Hilti Engineering Team.
- The resistance loads provided by this technical data manual are valid only for the exact same masonry unit (hollow bricks) or for units made of the same base material with equal or higher size and compressive strength (solid bricks). For other cases, on-site tests must be performed – please consult page 10.

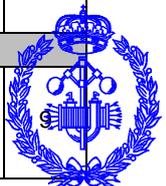
Exterior brick dimensions



Interior dimensions
of the majority of the holes

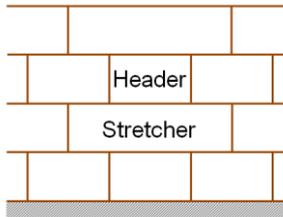


Brick code	Data	Brick name	Image	Size [mm]	t_0 [mm]	t_1 [mm]	a [mm]	f_b [N/mm ²]	ρ [kg/dm ³]	Page
Solid Clay										
SC	ETA	Solid clay brick Mz, 2DF		l: ≥ 240 b: ≥ 115 h: ≥ 113	-	-	-	12	2,0	8
Hollow Clay										
HC	ETA	Hollow clay brick H1z, 10DF		l: 300 b: 240 h: 238	t_{01} : 12 t_{02} : 15	t_{11} : 11 t_{12} : 15	a_1 : 10 a_2 : 25	12/20	1,4	8
Solid Calcium Silicate										
SCS	ETA	Solid silica brick KS, 2DF		l: ≥ 240 b: ≥ 115 h: ≥ 113	-	-	-	12/28	2,0	8
Hollow Calcium Silicate										
HCS	ETA	Hollow silica brick KSL, 8DF		l: 248 b: 240 h: 238	t_{01} : 34 t_{02} : 21	t_{11} : 12 t_{12} : 30	a_1 : 50 a_2 : 50	12/20	1,4	8
Hollow lightweight concrete										
HLWC	ETA	Hollow lightweight concrete brick		l: 495 b: 240 h: 238	t_{01} : 45 t_{02} : 51	t_{11} : 35 t_{12} : 36	a_1 : 196 a_2 : 52	2/6	0,8	9
Hollow normal weight concrete										
HNWC	ETA	Hollow normal weight concrete brick		l: 500 b: 200 h: 200	t_{01} : 30 t_{02} : 15	t_{11} : 15 t_{12} : 15	a_1 : 133 a_2 : 75	4/10	1,0	



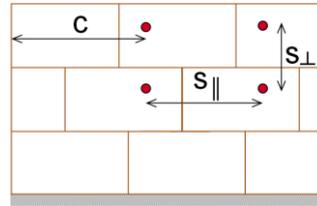
Anchor installation parameters

Brick position:



- **Header (H):** The longest dimension of the brick represents the width of the wall
- **Stretcher (S):** The longest dimension of the brick represents the length of the wall

Spacing and edge distance:



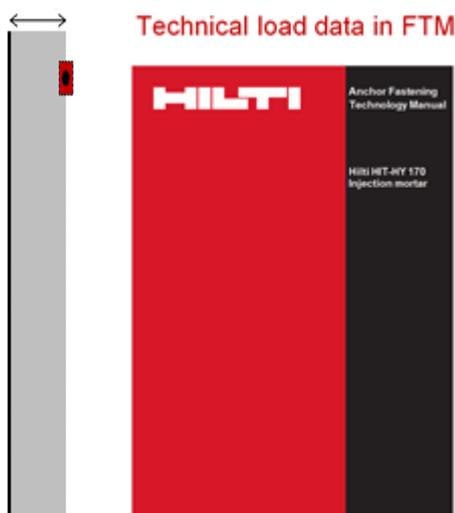
- c - Distance to the edge
- s_{||} - Spacing parallel to the horizontal joint
- s_⊥ - Spacing perpendicular to the horizontal joint

Minimum and characteristic spacing and edge distance parameters

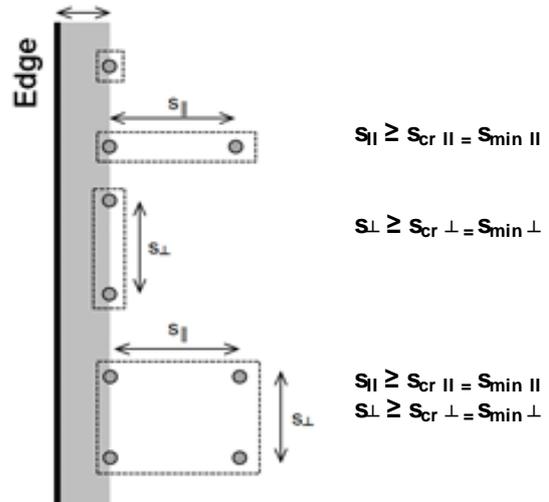
- c_{min} – Minimum edge distance
- c_{cr} – Characteristic edge distance
- s_{min ||} - Min. spacing distance parallel to the bed joint
- s_{cr ||} - Characteristic spacing distance parallel to the bed joint
- s_{min ⊥} - Min. spacing distance perpendicular to the bed joint
- s_{cr ⊥} - Characteristic spacing distance perpendicular to the bed joint

Allowed anchor positions:

$$c \geq c_{cr} = c_{min}$$



$$c \geq c_{cr} = c_{min}$$



- This FTM includes the load data for single anchors in masonry with a distance to edge equal to or greater than the characteristic edge distance.



Edge and spacing distances per brick

Brick code	$C_{min} = C_{cr}$ [mm]	$S_{minII} = S_{crII}$ [mm]	$S_{minI} = S_{crI}$ [mm]
SC	115	240	115
HC	150	300	240
SCS	115	240	115
HCS	125	248	240
HLC	250	240	240
HNC	200	200	200

Anchor dimensions

Anchor size Threaded rod HIT-V, HIT-V-R, HIT-V-HCR	M8	M10	M12
Embedment depth h_{ef} [mm]	80		

Anchor size Internally threaded sleeve HIT-IC	M8x80	M10x80	M12x80
Embedment depth h_{ef} [mm]	80		



Design

- Anchorages are designed under the responsibility of an engineer experienced in anchorages and masonry work.
- Verifiable calculation notes and drawings are prepared taking account of the loads to be anchored. The position of the anchor is indicated on the design drawings (e.g. position of the anchor relative to supports, etc.).
- Anchorages under static or quasi-static loading are designed in accordance with: ETAG 029, Annex C, Design method A.

Basic loading data (for a single anchor)

The load tables provide the design resistance load for a single loaded anchor.

All data in this section applies to:

- Edge distance $c \geq c_{cr} = c_{min}$.
- Correct anchor setting (see instruction for use, setting details)

Anchorages subject to:		Hilti HIT-HY 170 with HIT-V or HIT-IC	
		in solid bricks	in hollow bricks
Hole drilling		hammer mode	rotary mode
Use category: dry or wet structure		Category d/d - Installation and use in structures subject to dry internal conditions. Category w/d - Installation in dry or wet substrate and use in structures subject to dry , internal conditions. Category w/w - Installation and use in structures subject to dry or wet environmental conditions.	
Installation direction		horizontal	
Use category		b (solid masonry)	c (hollow or perforated masonry)
Temperature in the base material at installation		+5° C to +40° C	-5° C to +40° C
In-service temperature	Temperature range Ta:	-40 °C to +40°C	(max. long term temperature +24°C and max. short term temperature +40 °C)
	Temperature range Tb:	-40 °C to +80°C	(max. long term temperature +50°C and max. short term temperature +80 °C)

Tension loading

The design tensile resistance is the lower value of

- Steel resistance: $N_{Rd,s}$
- Pull-out of the anchor: $N_{Rd,p}$
- Brick breakout failure: $N_{Rd,b}$
- Pull out of one brick $N_{Rd,pb}$

Shear loading

The design shear resistance is the lower value of

- Steel resistance: $V_{Rd,s}$
- Local brick failure: $V_{Rd,b}$
- Pushing out of one brick: $V_{Rd,pb}$

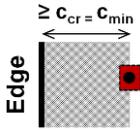
Design tension and shear resistances – Steel failure for threaded rods HIT-V

Anchor size			M8	M10	M12
$N_{Rd,s}$	HIT-V 5.8(F)	[kN]	12,2	19,3	28,1
	HIT-V 8.8(F)	[kN]	19,5	30,9	44,9
	HIT-V-R	[kN]	13,7	21,7	31,6
	HIT-V-HCR	[kN]	19,5	30,9	44,9
$V_{Rd,s}$	HIT-V 5.8(F)	[kN]	7,4	11,6	16,9
	HIT-V 8.8(F)	[kN]	11,7	18,6	27,0
	HIT-V-R	[kN]	8,2	13,0	18,9
	HIT-V-HCR	[kN]	11,7	18,6	27,0
$M^0_{Rd,s}$	HIT-V 5.8(F)	[Nm]	15,0	29,9	52,4
	HIT-V 8.8(F)	[Nm]	24,0	47,8	83,8
	HIT-V-R	[Nm]	16,9	33,6	59,0
	HIT-V-HCR	[Nm]	24,0	47,8	83,8

Design tension and shear resistances – Steel failure for internally threaded rods HIT-IC

Anchor size			M8	M10	M12
$N_{Rd,s}$	HIT-IC	[kN]	3,9	4,8	9,1
$V_{Rd,s}$	HIT-V 5.8	[kN]	7,4	11,6	16,9
	Screw 8.8	[kN]	11,7	18,6	27,0
$M^0_{Rd,s}$	HIT-V 5.8	[Nm]	15,0	29,9	52,4
	Screw 8.8	[Nm]	24,0	47,8	83,8





Design tension and shear resistances – Pull-out failure of the anchor, brick breakout failure and local brick failure at characteristic edge distance ($c \geq c_{cr} = c_{min}$) for single anchor applications

Load type	Anchor size	h_{ef} [mm]	f_b [N/mm ²]	w/w and w/d		d/d		
				Ta	Tb	Ta	Tb	
Loads [kN]								
SC - Solid clay brick Mz, 2DF								
$N_{Rd,p} = N_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 115\text{mm}$)	HIT-V	M8, M10, M12	80	12	1,2	1,0	1,2	1,0
	HIT-IC	M8			1,2	1,0	1,2	1,0
	HIT-IC	M10, M12			1,6	1,4	1,6	1,4
	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12			1,6	1,4	1,6	1,4
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12			1,6	1,4	1,6	1,4
$V_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 115\text{mm}$)	HIT-V HIT-V + HIT-SC HIT-IC HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12 M8, M10, M12 M8, M10, M12 M8, M10, M12	80	12	1,4			
HC - Hollow clay brick Hlz, 10DF								
$N_{Rd,p} = N_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 150\text{mm}$)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	12	1,2	1,0	1,2	1,0
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		20	1,4	1,2	1,4	1,2
$V_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 150\text{mm}$)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	12	0,8			
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		20	1,2			
SCS - Solid silica brick KS, 2DF								
$N_{Rd,p} = N_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 115\text{mm}$)	HIT-V	M8, M10, M12	80	12	2,2	2,0	2,4	2,0
	HIT-IC	M8, M10, M12		28	3,4	3,0	3,4	3,0
	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12		12	1,6	1,4	2,2	2,0
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		28	2,4	2,2	3,2	3,0
$V_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 115\text{mm}$)	HIT-V HIT-V + HIT-SC HIT-IC HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12 M8, M10, M12 M8, M10, M12 M8, M10, M12	80	12	1,6			
				28	2,4			
HCS - Hollow silica brick KSL, 8DF								
$N_{Rd,p} = N_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 125\text{mm}$)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	12	1,2	1,0	1,4	1,2
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		20	1,6	1,4	2,0	1,8
$V_{Rd,b}$ ($c_{cr} = c_{min} = 125\text{mm}$)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	12	3,4			
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		20	4,8			



Load type	Anchor size	h_{ef} [mm]	f_b [N/mm ²]	w/w and w/d		d/d		
				Ta	Tb	Ta	Tb	
Loads [kN]								
	HLWC – Hollow light weight concrete brick HBL, 16DF							
$N_{Rd,p} = N_{Rd,b}$ ($C_{cr} = C_{min} = 250$ mm)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	2	0,5	0,4	0,6	0,5
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		6	0,8	0,6	1,0	0,8
$V_{Rd,b}$ ($C_{cr} = C_{min} = 250$ mm)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	2	1,0			
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		6	1,6			
	HNWC – Hollow normal weight concrete brick Parpaing creux							
$N_{Rd,p} = N_{Rd,b}$ ($C_{cr} = C_{min} = 200$ mm)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	4	0,4			
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		10	0,5	0,6		
$V_{Rd,b}$ ($C_{cr} = C_{min} = 200$ mm)	HIT-V + HIT-SC	M8, M10, M12	80	4	1,0			
	HIT-IC + HIT-SC	M8, M10, M12		10	1,6			

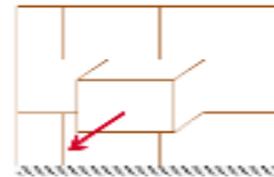
Design tension and shear resistances – Pull out and pushing out of one brick failures

Pull out of one brick (tension):

$$N_{Rd,pb} = 2 \cdot l \cdot b \cdot (0,5 \cdot f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d) / (2,5 \cdot 1000) \quad [\text{kN}]$$

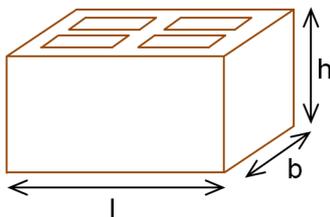
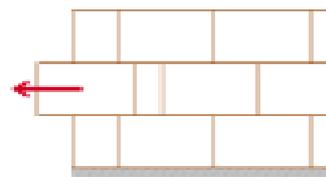
$$N_{Rd,pb}^* = (2 \cdot l \cdot b \cdot (0,5 \cdot f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d) + b \cdot h \cdot f_{vko}) / (2,5 \cdot 1000) \quad [\text{kN}]$$

* this equation is applicable if the vertical joints are filled



Pushing out of one brick (shear):

$$V_{Rd,pb} = 2 \cdot l \cdot b \cdot (0,5 \cdot f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_d) / (2,5 \cdot 1000) \quad [\text{kN}]$$



σ_d = design compressive stress perpendicular to the shear (N/mm²)
 f_{vko} = initial shear strength according to EN 1996-1-1, Table 3.4

Brick type	Mortar strength	f_{vko} [N/mm ²]
Clay brick	M2,5 to M9	0,20
	M10 to M20	0,30
All other types	M2,5 to M9	0,15
	M10 to M20	0,20

On-site test



For other bricks in solid or hollow masonry, not covered by the Hilti HIT-HY 170 ETA or this technical data manual, the characteristic resistance may be determined by on-site tension tests (pull-out tests or proof-load tests), according to ETAG029, Annex B.

For the evaluation of test results, the characteristic resistance shall be obtained taking into account the β factor, which considers the different influences of the product.

The β factor for the brick types covered by the Hilti HIT-HY 170 ETA is provided in the following table:

Use categories		w/w and w/d		d/d	
Temperature range		Ta*	Tb*	Ta*	Tb*
Base material	Elements				
Solid clay brick	HIT-V or HIT-IC	0,97	0,83	0,97	0,83
	HIT-V + HIT-SC				
	HIT-IC + HIT-SC				
Solid calcium silicate brick	HIT-V or HIT-IC	0,96	0,84	0,97	0,84
	HIT-V + HIT-SC				
	HIT-IC + HIT-SC				
Hollow clay brick	HIT-V + HIT-SC	0,97	0,83	0,97	0,83
	HIT-IC + HIT-SC				
Hollow calcium silicate brick	HIT-V + HIT-SC	0,69	0,62	0,91	0,82
	HIT-IC + HIT-SC				
Hollow lightweight concrete brick	HIT-V + HIT-SC	0,89	0,81	0,97	0,86
	HIT-IC + HIT-SC				
Hollow normal weight concrete brick	HIT-V + HIT-SC	0,97	0,80	0,97	0,80
	HIT-IC + HIT-SC				

*Ta / Tb, w/w and d/d anchorage parameters, as defined on Tables pages 8-9

Applying the β factor from the table above, the characteristic tension resistance N_{RK} can be obtained. Characteristic shear resistance V_{RK} can also be directly derived from N_{RK} . For detailed procedure consult ETAG 029, Annex B.



Materials

Material quality HIT-V

Part	Material
Threaded rod HIT-V-5.8(F)	Strength class 5.8, A ₅ > 8% ductile Electroplated zinc coated ≥ 5 μm; (F) Hot dip galvanized ≥ 45 μm
Threaded rod HIT-V-8.8(F)	Strength class 8.8, A ₅ > 8% ductile Electroplated zinc coated ≥ 5 μm; (F) Hot dip galvanized ≥ 45 μm
Threaded rod HIT-V-R	Stainless steel grade A4 A ₅ > 8% ductile strength class 70, 1.4401; 1.4404; 1.4578; 1.4571; 1.4439; 1.4362
Threaded rod HIT-V-HCR	High corrosion resistant steel, A ₅ > 8% ductil 1.4529, 1.4565
Washer	Electroplated zinc coated, hot dip galvanized
	Stainless steel 1.4401; 1.4404; 1.4578; 1.4571; 1.4439; 1.4362
	High corrosion resistant steel 1.4529, 1.4565
Hexagon nut	Strength class 8 Electroplated zinc coated ≥ 5 μm Hot dip galvanized ≥ 45 μm
	Strength class 70 Stainless steel grade A4 1.4401; 1.4404; 1.4578; 1.4571; 1.4439; 1.4362
	Strength class 70 High corrosion resistant steel 1.4529, 1.4565

Material quality HIT-IC

Part	Material
Internally threaded sleeve HIT-IC	A ₅ > 8% ductile Electroplated zinc coated ≥ 5 μm

Material quality HIT-SC

Part	Material
Sieve sleeve HIT-SC	Frame: Polyfort FPP 20T Sieve: PA6.6 N500/200

Base materials:

- Solid brick masonry. The characteristic resistances are also valid for larger brick sizes and larger compressive strengths of the masonry unit.
- Hollow brick masonry
- Mortar strength class of the masonry: M2,5 at minimum according to EN 998-2: 2010.
- For other bricks in solid masonry and in hollow or perforated masonry, the characteristic resistance of the anchor may be determined by on-site tests according to ETAG 029, Annex B under consideration of the β-factor according to Table page 9.



Setting

Installation equipment

Anchor size	M8	M10	M12
Rotary hammer	TE2(A) – TE30(A)		
Other tools	blow out pump, set of cleaning brushes, HDE/HDM dispenser		

Maximum working time and minimum curing time

Temperature in the base material T	Maximum working time t_{work}	Minimum curing time t_{cure}
-5 °C to 0 °C *	10 min	12 h
> 0 °C to 5 °C *	10 min	5 h
> 5 °C to 10 °C	8 min	2,5 h
> 10 °C to 20 °C	5 min	1,5 h
> 20 °C to 30 °C	3 min	45 min
> 30 °C to 40 °C	2 min	30 min

The curing time data are valid for dry base material only. In wet base material the curing times must be doubled.

* For hollow bricks only.

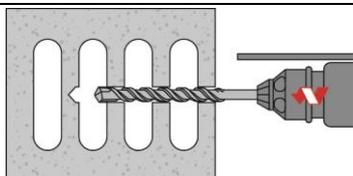
Installation instructions

Anchor installation should be carried out by appropriately qualified personnel and under the supervision of the person responsible for technical matters of the site.

Hole drilling

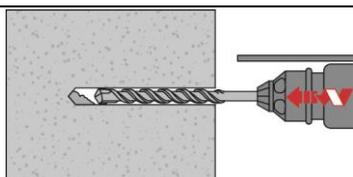
If no significant resistance is felt over the entire depth of the hole when drilling (e.g. in unfilled butt joints), the anchor should not be set at this position.

Drilling mode



In hollow bricks: rotary mode

Drill hole to the required embedment depth with a hammer drill set in rotary mode using an appropriately sized carbide drill bit.



In solid bricks: hammer mode

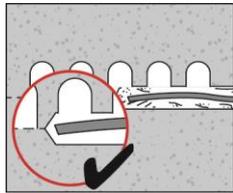
Drill hole to the required embedment depth with a hammer drill set in hammer mode using an appropriately sized carbide drill bit.



Drill hole cleaning

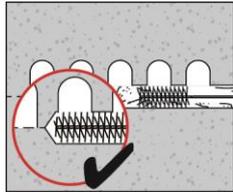
Just before setting the anchor, the drill hole must be free of dust and debris. Inadequate hole cleaning = poor load values.

Manual Cleaning (MC) or Compressed Air Cleaning (CAC) for hollow and solid bricks



← 2x →

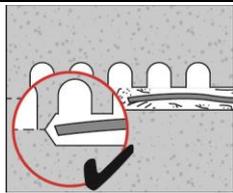
Blow out at least 2 times from the back of the drill hole with the Hilti hand pump until return air stream is free of noticeable dust.



← 2x →

Brush 2 times with the specified steel brush by inserting the steel brush Hilti HIT-RB to the back of the hole in a twisting motion and removing it.

The brush must produce natural resistance as it enters the drill hole (brush $\varnothing \geq$ drill hole \varnothing) - if not the brush is too small and must be replaced with the proper brush diameter.



← 2x →

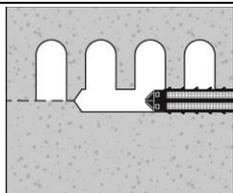
Blow out again with the Hilti hand pump at least 2 times until return air stream is free of noticeable dust.

Injection preparation in masonry with holes or voids: installation with sieve sleeve HIT-SC



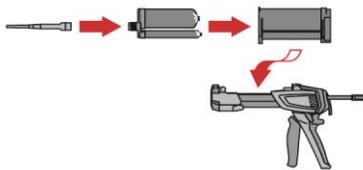
Sieve sleeve HIT-SC

Close lid



Insert sieve sleeve manual.

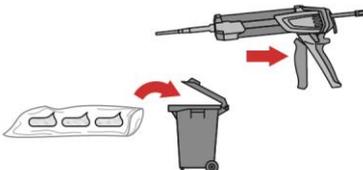
For all applications



Tightly attach new Hilti mixing nozzle HIT-RE-M to foil pack manifold (snug fit). Do not modify the mixing nozzle.

Observe the instruction for use of the dispenser and foil pack.

Check foil pack holder for proper function. Do not use damaged foil packs / holders. Insert foil pack into foil pack holder and put holder into HIT-dispenser.



Discard initial adhesive. The foil pack opens automatically as dispensing is initiated. Depending on the size of the foil pack an initial amount of adhesive has to be discarded. Discarded quantities are:

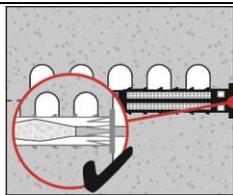
2 strokes for 330 ml foil pack,

3 strokes for 500 ml foil pack.



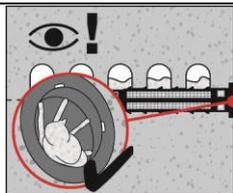
Inject adhesive without forming air voids

Installation with sieve sleeve HIT-SC



Sieve sleeve HIT-SC

Insert mixer approximately 1 cm through the lid. Adhesive must emerge through the lid.

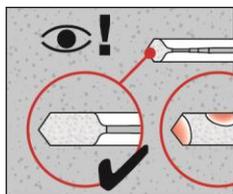


Control amount of injected mortar. Adhesive has to protrude into the lid.

After injection is completed, depressurize the dispenser by pressing the release trigger. This will prevent further adhesive discharge from the mixer.



Solid bricks: installation without sieve sleeve



Inject the adhesive starting at the back of the hole, slowly withdrawing the mixer with each trigger pull.

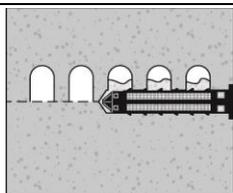
Fill holes approximately 2/3 full, or as required to ensure that the annular gap between the anchor and the base material is completely filled with adhesive along the embedment length.

After injection is completed, depressurize the dispenser by pressing the release trigger. This will prevent further adhesive discharge from the mixer.



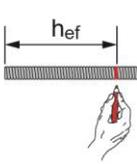
Setting the element:

Before use, verify that the element is dry and free of oil and other

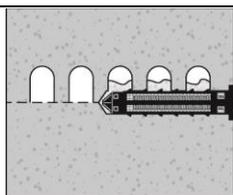


**HIT-V-... or HIT-IC in hollow and solid bricks:
Pre-setting:**

Mark and set element to the required embedment depth until working time t_{work} has elapsed.

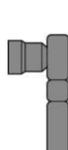


Loading the anchor

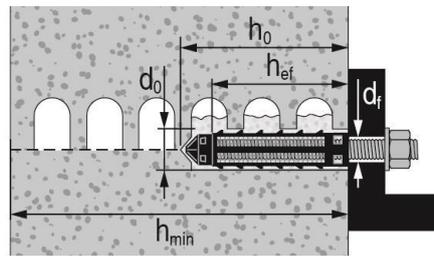


After required curing time t_{cure} , the anchor can be loaded.

The applied installation torque shall not exceed the values T_{max} .



Applications for hollow and solid bricks with sieve sleeves



Hollow brick with threaded rod HIT-V or internally threaded sleeve HIT-IC and sieve sleeve HIT-SC

Installation parameters of HIT-V-... with sieve sleeve HIT-SC in hollow brick or solid brick

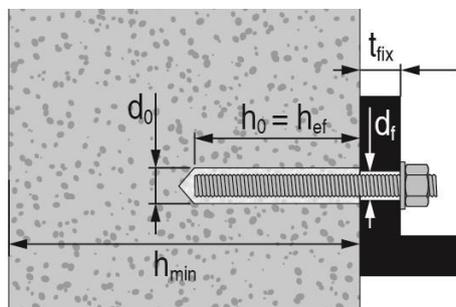
Threaded rods and HIT-V		M8	M10	M12
with HIT-SC		16x85		18x85
Nominal diameter of drill bit	d_0 [mm]	16	16	18
Drill hole depth	h_0 [mm]	95	95	95
Effective embedment depth	h_{ef} [mm]	80	80	80
Maximum diameter of clearance hole in the fixture	d_f [mm]	9	12	14
Minimum wall thickness	h_{min} [mm]	115	115	115
Brush HIT-RB	- [-]	16	16	18
Number of strokes HDM	- [-]	6	6	8
Number of strokes HDE 500-A	- [-]	5	5	6
Maximum torque moment for all brick types except "parpaing creux"	T_{max} [Nm]	3	4	6
Maximum torque moment for "parpaing creux"	T_{max} [Nm]	2	2	3

Installation parameters of HIT-IC with sieve sleeve HIT-SC in hollow brick or solid brick

Internally threaded sleeve HIT-IC		M8x80	M10x80	M12x80
with HIT-SC		16x85	18x85	22x85
Nominal diameter of drill bit	d_0 [mm]	16	18	22
Drill hole depth	h_0 [mm]	95	95	95
Effective embedment depth	h_{ef} [mm]	80	80	80
Thread engagement length	h_s [mm]	8...75	10...75	12...75
Maximum diameter of clearance hole in the fixture	d_f [mm]	9	12	14
Minimum wall thickness	h_{min} [mm]	115	115	115
Brush HIT-RB	- [-]	16	18	22
Number of strokes HDM	- [-]	6	8	10
Number of strokes HDE-500	- [-]	5	6	8
Maximum torque moment	T_{max} [Nm]	3	4	6

Applications for solid bricks without sieve sleeves

Hilti recommends the anchoring in masonry always with sieve sleeve. Anchors can only be installed without sieve sleeves in solid bricks when it is guaranteed that it has not any hole or void.

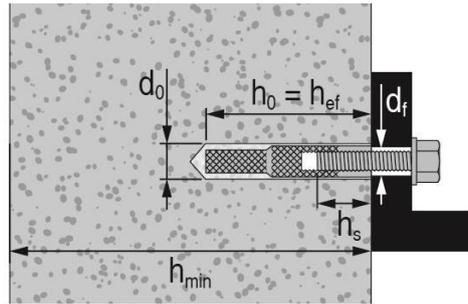


Solid brick with threaded rod HIT-V

Installation parameters of threaded rods and HIT-V in solid brick

Threaded rods and HIT-V		M8	M10	M12
Nominal diameter of drill bit	d_0 [mm]	10	12	14
Drill hole depth = Effective embedment depth	$h_0 = h_{ef}$ [mm]	80	80	80
Maximum diameter of clearance hole in the fixture	d_f [mm]	9	12	14
Minimum wall thickness	h_{min} [mm]	115	115	115
Brush HIT-RB	- [-]	10	12	14
Maximum torque moment	T_{max} [Nm]	5	8	10





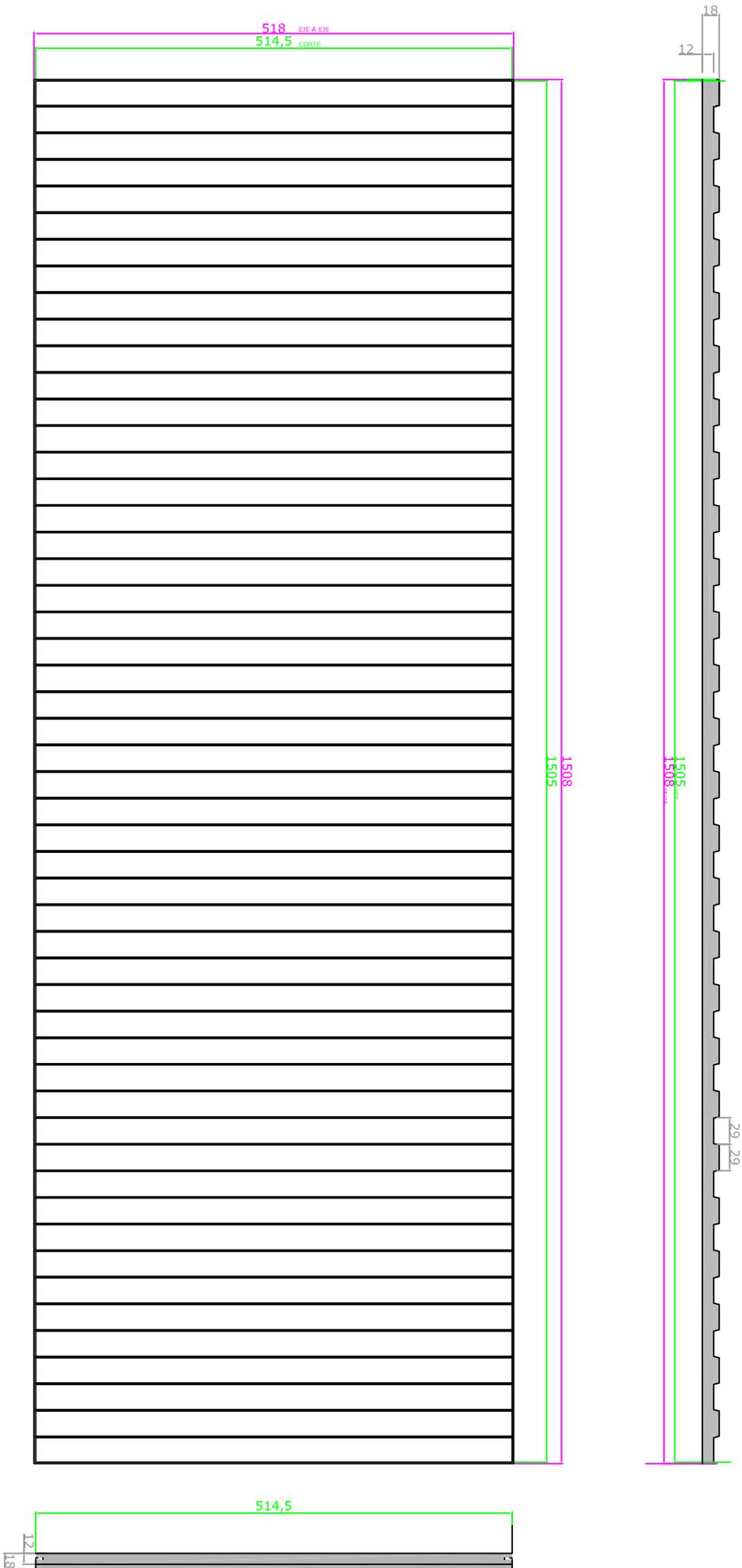
Solid brick with internally threaded sleeve HIT-IC

Installation parameters of internally threaded sleeve HIT-IC in solid brick

Internally threaded sleeve HIT-IC		M8x80	M10x80	M12x80
Nominal diameter of drill bit	d_0 [mm]	14	16	18
Drill hole depth = Effective embedment depth	$h_0 = h_{ef}$ [mm]	80	80	80
Thread engagement length	h_s [mm]	8...75	10...75	12...75
Maximum diameter of clearance hole in the fixture	d_f [mm]	9	12	14
Minimum wall thickness	h_{min} [mm]	115	115	115
Brush HIT-RB	- [-]	14	16	18
Maximum torque moment	T_{max} [Nm]	5	8	10



20170118 PLACA GRECADA



COLEGIU OFICIAL DE INJENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INJENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017



Caso 1: presión

Perfil: T-100.60.2,5 Material: Aluminio (EN AW-6063)												
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
	N2	N1	0.600	3.97	12.21	20.83	0.00	0.08	0.00	17.88	90.0	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
	Pandeo				Pandeo lateral							
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.					
β		1.00	1.00	0.00		0.00						
L _k		0.600	0.600	0.000		0.000						
C ₁		-				1.000						
Notación: s: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico												

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 9 EN 1999-1-1: 2007)														Estado
	N _t	N _c	M _u	M _v	V _u	V _v	T	M _u V _v	M _v V _u	TV _u	TV _v	NM _u M _v	NM _u M _v V _u V _v T		
N2/N1	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η < 0.1	N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 37.6	x: 0 m η = 5.3	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m η = 37.6	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m η = 41.8	x: 0 m η = 37.7	CUMPLE y = 41.8	
Notación: N: Resistencia a tracción Nc: Resistencia a compresión Mu: Resistencia a flexión en el eje U Mv: Resistencia a flexión en el eje V Vu: Resistencia a cortante en el eje U Vv: Resistencia a cortante en el eje V T: Resistencia a torsión MuVv: Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados MvVu: Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados TVu: Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados TVv: Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados NMuMv: Resistencia a axil y flexión biaxial combinados NMuMvVuVvT: Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados x: Distancia al origen de la barra y: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Resistencia a tracción (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.4 - 6.3.1)

Se debe satisfacer:

$\eta = N_{Ld} / N_{c,Kr} \leq 1$	y ₁ < 0.001
$\eta = N_{Ld} / N_{s,cc} \leq 1$	y ₂ < 0.001

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G.

Donde:



N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el esfuerzo axil, para la combinación de acciones considerada.

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

La resistencia de cálculo a pandeo a considerar será la menor de las siguientes:

$N_{b,Rd,v}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$N_{b,Rd,TF}$: es la menor de las dos cargas críticas de pandeo por torsión-flexión.

$$N_{b,Rd} = \kappa \cdot \chi \cdot A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

t: es el coeficiente de reducción por pandeo.

|: es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura.

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

t: es el coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Donde:

W: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

q}: es la esbeltez relativa.

W: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Donde:

r: es un coeficiente de imperfección.

q}_o: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo correspondiente.

q}: es la esbeltez relativa.

q}: es la esbeltez relativa.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr}}}$$

$$N_{Ed} : \underline{\underline{-0.001}} \quad t$$

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{2.406}} \quad t$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{2.152}} \quad t$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{4}}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{2.406}} \quad t$$

$$A_{eff} : \underline{\underline{2.00}} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \underline{\underline{1325.18}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{2.152}} \quad t$$

$$N_{b,Rd,v} : \underline{\underline{2.152}} \quad t$$

$$N_{b,Rd,TF} : \underline{\underline{4.781}} \quad t$$

$$t_v : \underline{\underline{0.89}}$$

$$t_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$|_v : \underline{\underline{1.00}}$$

$$|_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$A_{eff,v} : \underline{\underline{2.00}} \quad \text{cm}^2$$

$$A_{eff,TF} : \underline{\underline{3.97}} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \underline{\underline{1325.18}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$t_v : \underline{\underline{0.89}}$$

$$t_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$W_v : \underline{\underline{0.61}}$$

$$W_{TF} : \underline{\underline{0.54}}$$

$$q}_v : \underline{\underline{0.33}}$$

$$q}_TF : \underline{\underline{0.36}}$$

$$W_v : \underline{\underline{0.61}}$$

$$W_{TF} : \underline{\underline{0.54}}$$

$$r_v : \underline{\underline{0.32}}$$

$$r_{TF} : \underline{\underline{0.20}}$$

$$q}_o,v : \underline{\underline{0.00}}$$

$$q}_o,TF : \underline{\underline{0.60}}$$

$$q}_v : \underline{\underline{0.33}}$$

$$q}_TF : \underline{\underline{0.36}}$$

$$q}_v : \underline{\underline{0.33}}$$

$$q}_TF : \underline{\underline{0.36}}$$



COLEGIU OFICIAL DE INJENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INJENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

N_{cr} : es la carga crítica elástica de pandeo determinada a partir de las características mecánicas de la sección transversal bruta.

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

$A_{eff,v}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por flexión. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$A_{eff,TF}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por torsión-flexión y secciones transversales formadas completamente por radios salientes. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por reblandecimiento HAZ, pero sin reducción por pandeo local.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$N_{cr,v} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_v}{k_v^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_v : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'v'.

k_v : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

L: es la longitud del elemento.

$N_{cr,TF}$: es la menor de las dos cargas críticas de pandeo por torsión-flexión.

$$N_{cr,TF} = \frac{1}{2(1 - \alpha_{uw} u_s^2 / i_s^2)} \left[(N_{cr,u} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,u} + N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,u}N_{cr,T}(1 - \alpha_{uw} u_s^2 / i_s^2)} \right]$$

Donde:

r_{uw} : es un factor que depende de las condiciones de contorno para flexión en el plano 'xv' y las condiciones de contorno para torsión. Del lado de la seguridad $\alpha_{uw} = 1$.

u_s : es la coordenada en la dirección del eje principal de inercia 'u' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$N_{cr,u}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

$N_{cr,T}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s = \sqrt{i_u^2 + i_v^2 + u_s^2}$$

Donde:

i_v : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'v'.

i_u : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'u'.

u_s : es la coordenada en la dirección del eje principal de inercia 'u' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

$N_{cr,u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$N_{cr,u} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_u}{k_u^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

$A_{eff,v}$:	<u>2.00</u>	cm ²
$A_{eff,TF}$:	<u>3.97</u>	cm ²
f_o :	<u>1325.18</u>	kp/cm ²
$N_{cr,v}$:	<u>23.882</u>	t
$N_{cr,TF}$:	<u>40.755</u>	t

$$A_{eff,v} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,TF} : \underline{3.97} \text{ cm}^2$$

$$N_{cr,v} : \underline{23.882} \text{ t}$$

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_v : \underline{12.21} \text{ cm}^4$$

$$k_v : \underline{1.00}$$

$$L : \underline{0.600} \text{ m}$$

$$N_{cr,TF} : \underline{40.755} \text{ t}$$

$$r_{uw} : \underline{1.00}$$

$$u_s : \underline{10.87} \text{ mm}$$

$$i_s : \underline{3.08} \text{ cm}$$

$$N_{cr,u} : \underline{40.755} \text{ t}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$i_s : \underline{3.08} \text{ cm}$$

$$i_v : \underline{2.29} \text{ cm}$$

$$i_u : \underline{1.75} \text{ cm}$$

$$u_s : \underline{10.87} \text{ mm}$$

$$N_{cr,u} : \underline{40.755} \text{ t}$$

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$



VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

I_u : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'u'.

k_u : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

L: es la longitud del elemento.

$$I_u : \underline{20.83} \text{ cm}^4$$

$$k_u : \underline{1.00}$$

$$L : \underline{0.600} \text{ m}$$

$N_{cr,T}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{k_w^2 \cdot L^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

G: es el módulo de elasticidad transversal.

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

k_w : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión.

Se estima como el mayor de los coeficientes que definen las longitudes de pandeo lateral con torsión.

L: es la longitud del elemento.

$$i_s : \underline{3.08} \text{ cm}$$

$$G : \underline{275229.36} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_t : \underline{0.08} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

$$k_w : \underline{0.00}$$

$$L : \underline{0.600} \text{ m}$$

χ : es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura. $\chi = 1$ para elementos sin soldaduras.

$$\chi_v : \underline{1.00}$$

$$\chi_{TF} : \underline{1.00}$$

Resistencia a flexión en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

Se debe satisfacer:

Flexión negativa:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

$$y : \underline{0.376}$$



Flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{Ed} : \underline{-0.006} \text{ t·m}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.015} \text{ t·m}$$

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{Ed} : \underline{-0.006} \text{ t·m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t·m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

r : es el factor de forma.

$$r : \underline{0.490}$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

α : es el factor de forma.

$$\alpha = W_{eff} / W_{el}$$

$$r : \underline{0.490}$$

Donde:

W_{eff} : es el módulo elástico eficaz de la sección, obtenido usando un espesor reducido t_{eff} para los elementos de clase 4.

$$W_{eff} : \underline{1.25} \text{ cm}^3$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

Resistencia a cortante en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Lr} / V_{Rd} \leq 1$$

$$y : \underline{0.053}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{-0.055} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{1.044} \text{ t}$$

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$V_{Ed} : \underline{-0.055} \text{ t}$$

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{-0.055} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

γ_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$\gamma_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1.044} \text{ t}$$

Donde:

A_v : es el área plástica de cortante.

$$A_v : \underline{1.50} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a cortante en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Resistencia a torsión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.7.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|M_{Ed}|}{M_{V,Rd}} < 1$$

y : 0.376 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

M_{Ed} : -0.006 t·m

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$M_{V,Rd}$: 0.015 t·m

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

M_{Ed} : -0.006 t·m

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$M_{y,Ed}$: -0.006 t·m

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$M_{z,Ed}$: 0.000 t·m

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

r_{yu} : 90.0 grados

Clase (pandeo local por compresión): es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

Clase : 4

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$$M_{V,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_{o,v} / \gamma_{M1}$$

$M_{V,Rd}$: 0.015 t·m

Donde:

r_v : es el factor de forma de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo.

r_v : 0.490

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³

$f_{o,v}$: es el límite elástico reducido por el esfuerzo cortante.

$f_{o,v}$: 1325.18 kp/cm²

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

χ_{M1} : 1.10

r_v : es el factor de forma.

$$\alpha_v = W_{v,eff} / W_{el}$$

r_v : 0.490

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo; obtenido usando un espesor reducido para los elementos de clase 4.

$W_{v,eff}$: 1.25 cm³

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

V_{Ed} : -0.055 t



Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{-0.055} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.1 - 6.2.9 (Criterio de CYPE Ingenieros) / 6.3.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} - \frac{|M_{Ld}|}{M_{L,Rd}} < 1$$

$$y < \underline{0.001}$$



$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} + \left(\frac{|M_{u,Ld}|}{M_{u,Rd}} \right)^{\eta_2} - \left(\frac{|M_{v,Ld}|}{M_{v,Rd}} \right)^{\eta_3} < 1$$

$$y : \underline{0.377}$$



$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{\chi_L \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_1} - \frac{|M_{u,Ld}|}{M_{u,Rd}} < 1$$

$$y : \underline{0.001}$$



$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{\chi_x \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_1} + \left(\frac{|M_{v,Ld}|}{M_{v,Rd}} \right)^{\eta_2} < 1$$

$$y : \underline{0.418}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión de la sección bruta.

$$N_{Rd} : \underline{2.406} \text{ t}$$

$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$M_{u,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$M_{v,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$t_u : \underline{0.92}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.89}$$

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$y_0 : \underline{1.00}$$

\tilde{S}_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

$$\tilde{S}_0 : \underline{1.00}$$

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

y_c : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v', y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$y_c : \underline{0.89}$$

ϵ_{uc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\epsilon_{uc} : \underline{0.92}$$

ϵ_{vc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\epsilon_{vc} : \underline{0.89}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \operatorname{sen} \alpha_{yu}$$

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos, al encontrarse toda la sección comprimida bajo la acción exclusiva del esfuerzo axial.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

Clase_u: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'u' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_u : \underline{4}$$

Clase_v: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'v' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_v : \underline{4}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} = A_{\text{eff}} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$N_{Rd} : \underline{2.406} \text{ t}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

$$A_{\text{eff}} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$M_{u,Rd} = \alpha_u \cdot W_{u,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{u,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

α_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$W_{u,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'. Puesto que no hay momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u', se toma el valor del factor de forma igual a la unidad.

$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$M_{v,Rd} = \alpha_v \cdot W_{v,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$\alpha_v = W_{v,eff} / W_{v,el}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\chi_v = \frac{1}{\phi_v + \sqrt{\phi_v^2 - \bar{\lambda}_v^2}} \leq 1$$

Donde:

W_v : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

W_v : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\phi_v = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_v - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_v^2 \right]$$

Donde:

r : es el coeficiente de imperfección considerando pandeo por flexión.

$q\}_0$: es el límite de la meseta horizontal considerando pandeo por flexión.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\bar{\lambda}_v = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr,v}}}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'; su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{cr,v}$.

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\chi_u = \frac{1}{\phi_u + \sqrt{\phi_u^2 - \bar{\lambda}_u^2}} \leq 1$$

$$W_{u,el} : \quad \underline{4.17} \quad \text{cm}^3$$

$$f_o : \quad \underline{1325.18} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \quad \underline{1.10}$$

$$r_u : \quad \underline{1.000}$$

$$M_{v,Rd} : \quad \underline{0.015} \quad \text{t} \cdot \text{m}$$

$$r_v : \quad \underline{0.490}$$

$$W_{v,el} : \quad \underline{2.55} \quad \text{cm}^3$$

$$f_o : \quad \underline{1325.18} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \quad \underline{1.10}$$

$$r_v : \quad \underline{0.490}$$

$$W_{v,eff} : \quad \underline{1.25} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{v,el} : \quad \underline{2.55} \quad \text{cm}^3$$

$$t_v : \quad \underline{0.89}$$

$$W_v : \quad \underline{0.61}$$

$$q\}_v : \quad \underline{0.33}$$

$$W_v : \quad \underline{0.61}$$

$$r : \quad \underline{0.32}$$

$$q\}_0 : \quad \underline{0.00}$$

$$q\}_v : \quad \underline{0.33}$$

$$q\}_v : \quad \underline{0.33}$$

$$A_{eff} : \quad \underline{2.00} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \quad \underline{1325.18} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$N_{cr,v} : \quad \underline{23.882} \quad \text{t}$$

$$N_{cr,v} : \quad \underline{23.882} \quad \text{t}$$



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$$t_u : \underline{0.92}$$

Donde:

W_u : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$W_u : \underline{0.57}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$q\}_u : \underline{0.25}$$

W_u : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\phi_u = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_u - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_u^2 \right]$$

$$W_u : \underline{0.57}$$

Donde:

r: es el coeficiente de imperfección considerando pandeo por flexión.

$$r : \underline{0.32}$$

$q\}_0$: es el límite de la meseta horizontal considerando pandeo por flexión.

$$q\}_0 : \underline{0.00}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$q\}_u : \underline{0.25}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\bar{\lambda}_u = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_0}{N_{\text{cr},u}}}$$

$$q\}_u : \underline{0.25}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{\text{eff}} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_0 : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{\text{cr},u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$N_{\text{cr},u} : \underline{40.755} \text{ t}$$

$N_{\text{cr},u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'; su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{\text{cr},u}$.

$$N_{\text{cr},u} : \underline{40.755} \text{ t}$$

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$1 \leq \eta_0 = \alpha_u^2 \cdot \alpha_v^2 \leq 2$$

$$y_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \underline{0.490}$$

\check{S}_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

$$1 \leq \omega_0 = \alpha_v^2 \leq 1.56$$

$$\check{S}_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \underline{0.490}$$

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$1 \leq \nu_0 = \alpha_u^2 \leq 1.56$$

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$

y_c : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v', y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\eta_c = \eta_0 \cdot \chi_v \geq 0.8$$

$$y_c : \underline{0.89}$$

Donde:

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$y_0 : \underline{1.00}$$



t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.89}$$

ϵ_{uc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\nu_{uc} = \nu_0 \cdot \chi_u \geq 0.8$$

$$\epsilon_{uc} : \underline{0.92}$$

Donde:

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$t_u : \underline{0.92}$$

ϵ_{vc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\nu_{vc} = \nu_0 \cdot \chi_v \geq 0.8$$

$$\epsilon_{vc} : \underline{0.89}$$

Donde:

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.89}$$

No es necesaria la comprobación a pandeo lateral con torsión por flexión alrededor del eje principal de inercia 'u', ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|N_{Ed}|}{N_{uT,Rd}} + \frac{|\eta_u \cdot M_{L,Ed} + \Delta M_{L,eff,Ed}|}{M_{u,T,Rd}} + \frac{|\eta_v \cdot M_{v,Ed} + \Delta M_{v,eff,Ed}|}{M_{v,eff,Rd}} \leq 1$$

$$y : \underline{0.377}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t·m}$$

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$UM_{u,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$UM_{v,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$N_{eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión de la sección eficaz.

$$N_{eff,Rd} : \underline{3.929} \text{ t}$$

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$$M_{u,eff,Rd} : \underline{0.050} \text{ t·m}$$

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$$M_{v,eff,Rd} : \underline{0.015} \text{ t·m}$$

y_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axil de compresión solicitante de cálculo.

$$y_u : \underline{1.00}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

y_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$y_v : \underline{1.00}$$

Clase: es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

La sección eficaz incluye la reducción debida al esfuerzo cortante y al momento torsor de cálculo, además del descuento debido al reblandecimiento HAZ y el debido al pandeo local por compresión.

Se denominan $u_{,eff}$ y $v_{,eff}$ al par de ejes que pasan por el centro de gravedad de la sección eficaz y son paralelos a los ejes principales de inercia u y v , respectivamente, de la sección bruta.

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{u,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot v_{gc,eff}$$

$$UM_{u,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$v_{gc,eff}$: es la coordenada 'v' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$v_{gc,eff} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yv} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yv}$$

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yv} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'v' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yv} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{v,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot u_{gc,eff}$$

$$UM_{v,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$u_{gc,eff}$: es la coordenada 'u' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$u_{gc,eff} : \underline{4.69} \text{ mm}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión de la sección bruta.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$N_{Rd} : \underline{3.929} \text{ t}$$

Donde:



A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$A_{eff} : \frac{3.26}{\quad} \text{ cm}^2$$

$$f_o : \frac{1325.18}{\quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{\quad}$$

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$$M_{u,eff,Rd} = W_{u,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{u,eff,Rd} : \frac{0.050}{\quad} \text{ t} \cdot \text{m}$$

Donde:

$W_{u,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'u,eff'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$W_{u,eff} : \frac{4.17}{\quad} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \frac{1325.18}{\quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{\quad}$$

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$$M_{v,eff,Rd} = W_{v,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{v,eff,Rd} : \frac{0.015}{\quad} \text{ t} \cdot \text{m}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$W_{v,eff} : \frac{1.25}{\quad} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \frac{1325.18}{\quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{\quad}$$

η_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axil de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_u = \frac{C_{Mu}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,u}}}$$

$$\eta_u : \frac{1.00}{\quad}$$

Donde:

C_{Mu} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{cr,u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$C_{Mu} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$N_{Ed} : \frac{-0.001}{\quad} \text{ t}$$

$$N_{cr,u} : \frac{40.755}{\quad} \text{ t}$$

η_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axil de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_v = \frac{C_{Mv}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,v}}}$$

$$\eta_v : \frac{1.00}{\quad}$$

Donde:

C_{Mv} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$C_{Mv} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$N_{Ed} : \frac{-0.001}{\quad} \text{ t}$$

$$N_{cr,v} : \frac{23.882}{\quad} \text{ t}$$

$V_{u,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de mayor inercia 'u' de la sección bruta.

$$V_{u,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$V_{u,Ed} : \frac{-0.055}{\quad} \text{ t}$$

Donde:

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

α_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$V_{y,Ed} : \frac{0.000}{\quad} \text{ t}$$

$$V_{z,Ed} : \frac{-0.055}{\quad} \text{ t}$$

$$\alpha_{yu} : \frac{90.0}{\quad} \text{ grados}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
AMARRO INDUSTRIAL EN EL CARGO OFICIAL

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$V_{v,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de menor inercia 'v' de la sección bruta.

$$V_{v,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - V_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

Donde:

$V_{v,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

α_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$V_{v,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$$V_{z,Ed} : \underline{-0.055} \text{ t}$$

$$\alpha_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Caso 2: succión

Perfil: T-100.60.2,5 Material: Aluminio (EN AW-6063)											
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
	N2	N1	0.600	3.97	12.21	20.83	0.00	0.08	0.00	17.88	90.0
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
	Pandeo				Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.					
β		1.00	1.00	0.00		0.00					
L _k		0.600	0.600	0.000		0.000					
C ₁		-				1.000					
Notación: s: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico											

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 9 EN 1999-1-1: 2007)													Estado
	N _t	N _c	M _u	M _v	V _u	V _v	T	M _u V _v	M _v V _u	TV _u	TV _v	NM _u M _v	NM _u M _v V _u V _v T	
N2/N1	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η < 0.1	N.P. ⁽²⁾	x: 0.3 m η = 29.4	x: 0 m η = 5.8	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.3 m η = 29.4	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0.3 m η = 33.5	x: 0.3 m η = 29.4	CUMPLE y = 33.5
Notación: N: Resistencia a tracción Nc: Resistencia a compresión Mu: Resistencia a flexión en el eje U Mv: Resistencia a flexión en el eje V Vu: Resistencia a cortante en el eje U Vv: Resistencia a cortante en el eje V T: Resistencia a torsión MuVv: Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados MvVu: Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados TVu: Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados TVv: Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados NMuMv: Resistencia a axil y flexión biaxial combinados NMuMvVuVvT: Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados x: Distancia al origen de la barra y: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.														

Resistencia a tracción (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.4 - 6.3.1)

Se debe satisfacer:

$\eta = N_{Ld} / N_{c,Kr} \leq 1$	y ₁ < 0.001
$\eta = N_{Ld} / N_{c,ec} \leq 1$	y ₂ < 0.001

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G.

Donde:



N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el esfuerzo axil, para la combinación de acciones considerada.

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

La resistencia de cálculo a pandeo a considerar será la menor de las siguientes:

$N_{b,Rd,v}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$N_{b,Rd,TF}$: es la menor de las dos cargas críticas de pandeo por torsión-flexión.

$$N_{b,Rd} = \kappa \cdot \chi \cdot A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

t: es el coeficiente de reducción por pandeo.

|: es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura.

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

t: es el coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Donde:

W: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

q}: es la esbeltez relativa.

W: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Donde:

r: es un coeficiente de imperfección.

q}_o: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo correspondiente.

q}: es la esbeltez relativa.

q}: es la esbeltez relativa.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr}}}$$

$$N_{Ed} : \underline{\underline{-0.001}} \quad t$$

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{2.406}} \quad t$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{2.152}} \quad t$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{4}}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{2.406}} \quad t$$

$$A_{eff} : \underline{\underline{2.00}} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \underline{\underline{1325.18}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{2.152}} \quad t$$

$$N_{b,Rd,v} : \underline{\underline{2.152}} \quad t$$

$$N_{b,Rd,TF} : \underline{\underline{4.781}} \quad t$$

$$t_v : \underline{\underline{0.89}}$$

$$t_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$|_v : \underline{\underline{1.00}}$$

$$|_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$A_{eff,v} : \underline{\underline{2.00}} \quad \text{cm}^2$$

$$A_{eff,TF} : \underline{\underline{3.97}} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \underline{\underline{1325.18}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$t_v : \underline{\underline{0.89}}$$

$$t_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$W_v : \underline{\underline{0.61}}$$

$$W_{TF} : \underline{\underline{0.54}}$$

$$q}_v : \underline{\underline{0.33}}$$

$$q}_TF : \underline{\underline{0.36}}$$

$$W_v : \underline{\underline{0.61}}$$

$$W_{TF} : \underline{\underline{0.54}}$$

$$r_v : \underline{\underline{0.32}}$$

$$r_{TF} : \underline{\underline{0.20}}$$

$$q}_o,v : \underline{\underline{0.00}}$$

$$q}_o,TF : \underline{\underline{0.60}}$$

$$q}_v : \underline{\underline{0.33}}$$

$$q}_TF : \underline{\underline{0.36}}$$

$$q}_v : \underline{\underline{0.33}}$$

$$q}_TF : \underline{\underline{0.36}}$$



COLEGIU OFICIAL DE INJENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INJENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

N_{cr} : es la carga crítica elástica de pandeo determinada a partir de las características mecánicas de la sección transversal bruta.

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

$A_{eff,v}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por flexión. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$A_{eff,TF}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por torsión-flexión y secciones transversales formadas completamente por radios salientes. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por reblandecimiento HAZ, pero sin reducción por pandeo local.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$N_{cr,v} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_v}{k_v^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_v : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'v'.

k_v : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

L: es la longitud del elemento.

$N_{cr,TF}$: es la menor de las dos cargas críticas de pandeo por torsión-flexión.

$$N_{cr,TF} = \frac{1}{2(1 - \alpha_{uw} u_s^2 / i_s^2)} \left[(N_{cr,u} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,u} + N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,u}N_{cr,T}(1 - \alpha_{uw} u_s^2 / i_s^2)} \right]$$

Donde:

r_{uw} : es un factor que depende de las condiciones de contorno para flexión en el plano 'xv' y las condiciones de contorno para torsión. Del lado de la seguridad $\alpha_{uw} = 1$.

u_s : es la coordenada en la dirección del eje principal de inercia 'u' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$N_{cr,u}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

$N_{cr,T}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s = \sqrt{i_u^2 + i_v^2 + u_s^2}$$

Donde:

i_v : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'v'.

i_u : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'u'.

u_s : es la coordenada en la dirección del eje principal de inercia 'u' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

$N_{cr,u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$N_{cr,u} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_u}{k_u^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

$A_{eff,v}$:	<u>2.00</u>	cm ²
$A_{eff,TF}$:	<u>3.97</u>	cm ²
f_o :	<u>1325.18</u>	kp/cm ²
$N_{cr,v}$:	<u>23.882</u>	t
$N_{cr,TF}$:	<u>40.755</u>	t

$A_{eff,v}$: 2.00 cm²

$A_{eff,TF}$: 3.97 cm²

$N_{cr,v}$: 23.882 t

E : 713557.59 kp/cm²

I_v : 12.21 cm⁴

k_v : 1.00

L : 0.600 m

$N_{cr,TF}$: 40.755 t

r_{uw} : 1.00

u_s : 10.87 mm

i_s : 3.08 cm

$N_{cr,u}$: 40.755 t

$N_{cr,T}$: ∞

i_s : 3.08 cm

i_v : 2.29 cm

i_u : 1.75 cm

u_s : 10.87 mm

$N_{cr,u}$: 40.755 t

E : 713557.59 kp/cm²



I_u : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'u'.

k_u : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

L: es la longitud del elemento.

$$I_u : \underline{20.83} \text{ cm}^4$$

$$k_u : \underline{1.00}$$

$$L : \underline{0.600} \text{ m}$$

$N_{cr,T}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{k_w^2 \cdot L^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

G: es el módulo de elasticidad transversal.

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

k_w : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión.

Se estima como el mayor de los coeficientes que definen las longitudes de pandeo lateral con torsión.

L: es la longitud del elemento.

$$i_s : \underline{3.08} \text{ cm}$$

$$G : \underline{275229.36} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_t : \underline{0.08} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

$$k_w : \underline{0.00}$$

$$L : \underline{0.600} \text{ m}$$

χ : es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura. $\chi = 1$ para elementos sin soldaduras.

$$\chi_v : \underline{1.00}$$

$$\chi_{TF} : \underline{1.00}$$

Resistencia a flexión en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

Se debe satisfacer:

Flexión negativa:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

$$y : \underline{0.294}$$



Flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.300 m del nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{Ed} : \underline{-0.004} \text{ t·m}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.015} \text{ t·m}$$

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{Ed} : \underline{-0.004} \text{ t·m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

α_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t·m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$$\alpha_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

r : es el factor de forma.

$$r : \underline{0.490}$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

α : es el factor de forma.

$$\alpha = W_{eff} / W_{el}$$

$$r : \underline{0.490}$$

Donde:

W_{eff} : es el módulo elástico eficaz de la sección, obtenido usando un espesor reducido t_{eff} para los elementos de clase 4.

$$W_{eff} : \underline{1.25} \text{ cm}^3$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

Resistencia a cortante en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Lr} / V_{Rd} \leq 1$$

$$y : \underline{0.058}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.061} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{1.044} \text{ t}$$

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$V_{Ed} : \underline{0.061} \text{ t}$$

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.061} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

γ_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$\gamma_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1.044} \text{ t}$$

Donde:

A_v : es el área plástica de cortante.

$$A_v : \underline{1.50} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a cortante en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Resistencia a torsión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.7.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|M_{Ed}|}{M_{V,Rd}} < 1$$

y : 0.294 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.300 m del nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

M_{Ed} : -0.004 t·m

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$M_{V,Rd}$: 0.015 t·m

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

M_{Ed} : -0.004 t·m

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$M_{y,Ed}$: -0.004 t·m

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$M_{z,Ed}$: 0.000 t·m

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

r_{yu} : 90.0 grados

Clase (pandeo local por compresión): es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

Clase : 4

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$$M_{V,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_{o,v} / \gamma_{M1}$$

$M_{V,Rd}$: 0.015 t·m

Donde:

r_v : es el factor de forma de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo.

r_v : 0.490

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³

$f_{o,v}$: es el límite elástico reducido por el esfuerzo cortante.

$f_{o,v}$: 1325.18 kp/cm²

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

χ_{M1} : 1.10

r_v : es el factor de forma.

$$\alpha_v = W_{V,eff} / W_{el}$$

r_v : 0.490

Donde:

$W_{V,eff}$: es el módulo elástico de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo; obtenido usando un espesor reducido para los elementos de clase 4.

$W_{V,eff}$: 1.25 cm³

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

V_{Ed} : 0.010 t



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.010} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.1 - 6.2.9 (Criterio de CYPE Ingenieros) / 6.3.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} - \frac{|M_{Ld}|}{M_{L,Rd}} < 1$$

$$y < \underline{0.001}$$



$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} + \left(\frac{|M_{U,Ld}|}{M_{U,Rd}} \right)^{\eta_2} - \left(\frac{|M_{V,Ld}|}{M_{V,Rd}} \right)^{\eta_3} < 1$$

$$y : \underline{0.294}$$



$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{\chi_L \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_1} - \frac{|M_{U,Ld}|}{M_{U,Rd}} < 1$$

$$y < \underline{0.001}$$



$$\eta = \left(\frac{|N_{Ld}|}{\chi_x \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_1} + \left(\frac{|M_{V,Ld}|}{M_{V,Rd}} \right)^{\eta_2} < 1$$

$$y : \underline{0.335}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.300 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión de la sección bruta.

$$N_{Rd} : \underline{2.406} \text{ t}$$

$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$M_{u,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$M_{v,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$t_u : \underline{0.92}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.89}$$

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$y_0 : \underline{1.00}$$

\tilde{S}_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

$$\tilde{S}_0 : \underline{1.00}$$

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

y_c : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v', y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$y_c : \underline{0.89}$$

ϵ_{uc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\epsilon_{uc} : \underline{0.92}$$

ϵ_{vc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\epsilon_{vc} : \underline{0.89}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos, al encontrarse toda la sección comprimida bajo la acción exclusiva del esfuerzo axial.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

Clase_u: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'u' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_u : \underline{4}$$

Clase_v: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'v' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_v : \underline{4}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

$$N_{Rd} : \underline{2.406} \text{ t}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

$$A_{eff} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$M_{u,Rd} = \alpha_u \cdot W_{u,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{u,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

α_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$



COLEGIU OFICIAL DE INXENIEROS INDUSTRIALES DE ALABA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$W_{u,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'. Puesto que no hay momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u', se toma el valor del factor de forma igual a la unidad.

$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$M_{v,Rd} = \alpha_v \cdot W_{v,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$\alpha_v = W_{v,eff} / W_{v,el}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\chi_v = \frac{1}{\phi_v + \sqrt{\phi_v^2 - \bar{\lambda}_v^2}} \leq 1$$

Donde:

W_v : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

W_v : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\phi_v = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_v - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_v^2 \right]$$

Donde:

r : es el coeficiente de imperfección considerando pandeo por flexión.

$q\}_0$: es el límite de la meseta horizontal considerando pandeo por flexión.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\bar{\lambda}_v = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr,v}}}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'; su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{cr,v}$.

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\chi_u = \frac{1}{\phi_u + \sqrt{\phi_u^2 - \bar{\lambda}_u^2}} \leq 1$$

$$W_{u,el} : \quad \underline{4.17} \quad \text{cm}^3$$

$$f_o : \quad \underline{1325.18} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \quad \underline{1.10}$$

$$r_u : \quad \underline{1.000}$$

$$M_{v,Rd} : \quad \underline{0.015} \quad \text{t} \cdot \text{m}$$

$$r_v : \quad \underline{0.490}$$

$$W_{v,el} : \quad \underline{2.55} \quad \text{cm}^3$$

$$f_o : \quad \underline{1325.18} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \quad \underline{1.10}$$

$$r_v : \quad \underline{0.490}$$

$$W_{v,eff} : \quad \underline{1.25} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{v,el} : \quad \underline{2.55} \quad \text{cm}^3$$

$$t_v : \quad \underline{0.89}$$

$$W_v : \quad \underline{0.61}$$

$$q\}_v : \quad \underline{0.33}$$

$$W_v : \quad \underline{0.61}$$

$$r : \quad \underline{0.32}$$

$$q\}_0 : \quad \underline{0.00}$$

$$q\}_v : \quad \underline{0.33}$$

$$q\}_v : \quad \underline{0.33}$$

$$A_{eff} : \quad \underline{2.00} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \quad \underline{1325.18} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$N_{cr,v} : \quad \underline{23.882} \quad \text{t}$$

$$N_{cr,v} : \quad \underline{23.882} \quad \text{t}$$



COLEGIU OFICIAL DE INJENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INJENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$$t_u : \underline{0.92}$$

Donde:

W_u : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$W_u : \underline{0.57}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$q\}_u : \underline{0.25}$$

W_u : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\phi_u = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_u - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_u^2 \right]$$

$$W_u : \underline{0.57}$$

Donde:

r: es el coeficiente de imperfección considerando pandeo por flexión.

$$r : \underline{0.32}$$

$q\}_0$: es el límite de la meseta horizontal considerando pandeo por flexión.

$$q\}_0 : \underline{0.00}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$q\}_u : \underline{0.25}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\bar{\lambda}_u = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_0}{N_{\text{cr},u}}}$$

$$q\}_u : \underline{0.25}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{\text{eff}} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_0 : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{\text{cr},u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$N_{\text{cr},u} : \underline{40.755} \text{ t}$$

$N_{\text{cr},u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'; su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{\text{cr},u}$.

$$N_{\text{cr},u} : \underline{40.755} \text{ t}$$

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$1 \leq \eta_0 = \alpha_u^2 \cdot \alpha_v^2 \leq 2$$

$$y_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \underline{0.490}$$

\check{S}_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

$$1 \leq \omega_0 = \alpha_v^2 \leq 1.56$$

$$\check{S}_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \underline{0.490}$$

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$1 \leq \nu_0 = \alpha_u^2 \leq 1.56$$

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$

y_c : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v', y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\eta_c = \eta_0 \cdot \chi_v \geq 0.8$$

$$y_c : \underline{0.89}$$

Donde:

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$y_0 : \underline{1.00}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.89}$$

ϵ_{uc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$v_{uc} = v_0 \cdot \chi_u \geq 0.8$$

$$\epsilon_{uc} : \underline{0.92}$$

Donde:

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$t_u : \underline{0.92}$$

ϵ_{vc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$v_{vc} = v_0 \cdot \chi_v \geq 0.8$$

$$\epsilon_{vc} : \underline{0.89}$$

Donde:

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.89}$$

No es necesaria la comprobación a pandeo lateral con torsión por flexión alrededor del eje principal de inercia 'u', ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|N_{Ed}|}{N_{k,Rd}} + \frac{|\eta_u \cdot M_{u,Ed} + \Delta M_{u,eff,Ed}|}{M_{k,u,Rd}} + \frac{|\eta_v \cdot M_{v,Ed} + \Delta M_{v,eff,Ed}|}{M_{k,v,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.294}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.300 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t·m}$$

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$UM_{u,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$UM_{v,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$N_{eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión de la sección eficaz.

$$N_{eff,Rd} : \underline{3.929} \text{ t}$$

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$$M_{u,eff,Rd} : \underline{0.050} \text{ t·m}$$

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$$M_{v,eff,Rd} : \underline{0.015} \text{ t·m}$$



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

y_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$y_u : \underline{1.00}$$

y_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$y_v : \underline{1.00}$$

Clase: es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

La sección eficaz incluye la reducción debida al esfuerzo cortante y al momento torsor de cálculo, además del descuento debido al reblandecimiento HAZ y el debido al pandeo local por compresión.

Se denominan $u_{,eff}$ y $v_{,eff}$ al par de ejes que pasan por el centro de gravedad de la sección eficaz y son paralelos a los ejes principales de inercia u y v , respectivamente, de la sección bruta.

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \text{sen} \alpha_{yu}$$

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{u,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot v_{gc,eff}$$

$$UM_{u,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$v_{gc,eff}$: es la coordenada 'v' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$v_{gc,eff} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{v,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot u_{gc,eff}$$

$$UM_{v,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$u_{gc,eff}$: es la coordenada 'u' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$u_{gc,eff} : \underline{4.69} \text{ mm}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión de la sección bruta.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$



$$N_{Rd} : \underline{3.929} \text{ t}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$A_{eff} : \underline{3.26} \text{ cm}^2$$

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$$M_{u,eff,Rd} = W_{u,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{u,eff,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{u,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'u,eff'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$W_{u,eff} : \underline{4.17} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$$M_{v,eff,Rd} = W_{v,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{v,eff,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$W_{v,eff} : \underline{1.25} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

η_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axil de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_u = \frac{C_{Mu}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,u}}}$$

$$\eta_u : \underline{1.00}$$

Donde:

C_{Mu} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{cr,u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$C_{Mu} : \underline{1.00}$$

$$N_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$$N_{cr,u} : \underline{40.755} \text{ t}$$

η_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axil de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_v = \frac{C_{Mv}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,v}}}$$

$$\eta_v : \underline{1.00}$$

Donde:

C_{Mv} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$C_{Mv} : \underline{1.00}$$

$$N_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$$N_{cr,v} : \underline{23.882} \text{ t}$$

$V_{u,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de mayor inercia 'u' de la sección bruta.

$$V_{u,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$V_{u,Ed} : \underline{0.010} \text{ t}$$

Donde:

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.
 r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.010} \text{ t}$$

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$V_{v,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de menor inercia 'v' de la sección bruta.

$$V_{v,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - V_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$V_{v,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

Donde:

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.010} \text{ t}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Caso 3: succión esquina h<20 m

Perfil: T-100.60.2,5 Material: Aluminio (EN AW-6063)												
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
	N2	N1	0.550	3.97	12.21	20.83	0.00	0.08	0.00	17.88	90.0	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
	Pandeo				Pandeo lateral							
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.					
	β		1.00	1.00	0.00		0.00					
	L _k		0.550	0.550	0.000		0.000					
	C ₁		-		1.000							
	Notación: s: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico											

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 9 EN 1999-1-1: 2007)													Estado
	N _t	N _c	M _u	M _v	V _u	V _v	T	M _u V _v	M _v V _u	TV _u	TV _v	NM _u M _v	NM _u M _v V _u V _v T	
N2/N1	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η < 0.1	N.P. ⁽²⁾	x: 0.275 m η = 22.1	x: 0 m η = 5.5	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.275 m η = 22.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0.275 m η = 25.7	x: 0.275 m η = 22.2	CUMPLE y = 25.7
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _u : Resistencia a flexión en el eje U M _v : Resistencia a flexión en el eje V V _u : Resistencia a cortante en el eje U V _v : Resistencia a cortante en el eje V T: Resistencia a torsión M _u V _v : Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados M _v V _u : Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados TV _u : Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados TV _v : Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados NM _u M _v : Resistencia a axil y flexión biaxial combinados NM _u M _v V _u V _v T: Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados x: Distancia al origen de la barra y: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.														

Resistencia a tracción (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.4 - 6.3.1)

Se debe satisfacer:

$\eta = N_{Ed} / N_{t,Rk} \leq 1$	y ₁ < 0.001
$\eta = N_{Ed} / N_{c,Rk} \leq 1$	y ₂ < 0.001

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G.

Donde:

N_{Ed}: es el axil de compresión solicitante de cálculo.

N_{Ed}: -0.001



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
 ALABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el esfuerzo axial, para la combinación de acciones considerada.

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

La resistencia de cálculo a pandeo a considerar será la menor de las siguientes:

$N_{b,Rd,v}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$N_{b,Rd,TF}$: es la menor de las dos cargas críticas de pandeo por torsión-flexión.

$$N_{b,Rd} = \kappa \cdot \chi \cdot A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

t: es el coeficiente de reducción por pandeo.

|: es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura.

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

t: es el coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Donde:

W: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

q}: es la esbeltez relativa.

W: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Donde:

r: es un coeficiente de imperfección.

q}₀: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo correspondiente.

q}: es la esbeltez relativa.

q}: es la esbeltez relativa.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr}}}$$

Donde:

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{2.406}} \quad t$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{2.174}} \quad t$$

$$\text{Clase} : \underline{\underline{4}}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{2.406}} \quad t$$

$$A_{eff} : \underline{\underline{2.00}} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \underline{\underline{1325.18}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{2.174}} \quad t$$

$$N_{b,Rd,v} : \underline{\underline{2.174}} \quad t$$

$$N_{b,Rd,TF} : \underline{\underline{4.781}} \quad t$$

$$t_v : \underline{\underline{0.90}}$$

$$t_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$|_v : \underline{\underline{1.00}}$$

$$|_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$A_{eff,v} : \underline{\underline{2.00}} \quad \text{cm}^2$$

$$A_{eff,TF} : \underline{\underline{3.97}} \quad \text{cm}^2$$

$$f_o : \underline{\underline{1325.18}} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{\underline{1.10}}$$

$$t_v : \underline{\underline{0.90}}$$

$$t_{TF} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$W_v : \underline{\underline{0.60}}$$

$$W_{TF} : \underline{\underline{0.53}}$$

$$q\}_v : \underline{\underline{0.31}}$$

$$q\}_{TF} : \underline{\underline{0.33}}$$

$$W_v : \underline{\underline{0.60}}$$

$$W_{TF} : \underline{\underline{0.53}}$$

$$r_v : \underline{\underline{0.32}}$$

$$r_{TF} : \underline{\underline{0.20}}$$

$$q\}_{0,v} : \underline{\underline{0.00}}$$

$$q\}_{0,TF} : \underline{\underline{0.60}}$$

$$q\}_v : \underline{\underline{0.31}}$$

$$q\}_{TF} : \underline{\underline{0.33}}$$

$$q\}_v : \underline{\underline{0.31}}$$

$$q\}_{TF} : \underline{\underline{0.33}}$$



COLEGIU OFICIAL DE INJENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INJENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

N_{cr} : es la carga crítica elástica de pandeo determinada a partir de las características mecánicas de la sección transversal bruta.

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

$A_{eff,v}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por flexión. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$A_{eff,TF}$: es el valor de A_{eff} para pandeo por torsión-flexión y secciones transversales formadas completamente por radios salientes. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por reblandecimiento HAZ, pero sin reducción por pandeo local.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$N_{cr,v} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_v}{k_v^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_v : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'v'.

k_v : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

L: es la longitud del elemento.

$N_{cr,TF}$: es la menor de las dos cargas críticas de pandeo por torsión-flexión.

$$N_{cr,TF} = \frac{1}{2(1 - \alpha_{uw} u_s^2 / i_s^2)} \left[(N_{cr,u} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,u} + N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,u}N_{cr,T}(1 - \alpha_{uw} u_s^2 / i_s^2)} \right]$$

Donde:

r_{uw} : es un factor que depende de las condiciones de contorno para flexión en el plano 'xv' y las condiciones de contorno para torsión. Del lado de la seguridad $\alpha_{uw} = 1$.

u_s : es la coordenada en la dirección del eje principal de inercia 'u' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$N_{cr,u}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

$N_{cr,T}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s = \sqrt{i_u^2 + i_v^2 + u_s^2}$$

Donde:

i_v : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'v'.

i_u : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'u'.

u_s : es la coordenada en la dirección del eje principal de inercia 'u' del centro de esfuerzos cortantes respecto del centro de gravedad de la sección.

$N_{cr,u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$N_{cr,u} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_u}{k_u^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$\begin{aligned} A_{eff,v} &: \underline{2.00} \text{ cm}^2 \\ A_{eff,TF} &: \underline{3.97} \text{ cm}^2 \\ f_o &: \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2 \\ N_{cr,v} &: \underline{28.422} \text{ t} \\ N_{cr,TF} &: \underline{48.502} \text{ t} \end{aligned}$$

$$A_{eff,v} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,TF} : \underline{3.97} \text{ cm}^2$$

$$N_{cr,v} : \underline{28.422} \text{ t}$$

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_v : \underline{12.21} \text{ cm}^4$$

$$k_v : \underline{1.00}$$

$$L : \underline{0.550} \text{ m}$$

$$N_{cr,TF} : \underline{48.502} \text{ t}$$

$$r_{uw} : \underline{1.00}$$

$$u_s : \underline{10.87} \text{ mm}$$

$$i_s : \underline{3.08} \text{ cm}$$

$$N_{cr,u} : \underline{48.502} \text{ t}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$i_s : \underline{3.08} \text{ cm}$$

$$i_v : \underline{2.29} \text{ cm}$$

$$i_u : \underline{1.75} \text{ cm}$$

$$u_s : \underline{10.87} \text{ mm}$$

$$N_{cr,u} : \underline{48.502} \text{ t}$$

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$



COLEGIU OFICIAL DE INXENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

I_u : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'u'.

k_u : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

L: es la longitud del elemento.

$$I_u : \underline{20.83} \text{ cm}^4$$

$$k_u : \underline{1.00}$$

$$L : \underline{0.550} \text{ m}$$

$N_{cr,T}$: es un factor relativo al cálculo de la carga crítica de pandeo por flexión-torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{k_w^2 \cdot L^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

G: es el módulo de elasticidad transversal.

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

k_w : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión.

Se estima como el mayor de los coeficientes que definen las longitudes de pandeo lateral con torsión.

L: es la longitud del elemento.

$$i_s : \underline{3.08} \text{ cm}$$

$$G : \underline{275229.36} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_t : \underline{0.08} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

$$k_w : \underline{0.00}$$

$$L : \underline{0.550} \text{ m}$$

χ : es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura. $\chi = 1$ para elementos sin soldaduras.

$$\chi_v : \underline{1.00}$$

$$\chi_{TF} : \underline{1.00}$$

Resistencia a flexión en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

Se debe satisfacer:

Flexión negativa:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

$$y : \underline{0.221}$$



Flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} : \underline{-0.003} \text{ t·m}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} : \underline{0.015} \text{ t·m}$$

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{Ed} : \underline{-0.003} \text{ t·m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t·m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$



VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

r: es el factor de forma.

$$r : \underline{0.490}$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

r: es el factor de forma.

$$\alpha = W_{eff} / W_{el}$$

$$r : \underline{0.490}$$

Donde:

W_{eff} : es el módulo elástico eficaz de la sección, obtenido usando un espesor reducido t_{eff} para los elementos de clase 4.

$$W_{eff} : \underline{1.25} \text{ cm}^3$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

Resistencia a cortante en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Lr} / V_{Rd} \leq 1$$

$$y : \underline{0.055}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.057} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{1.044} \text{ t}$$

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$V_{Ed} : \underline{0.057} \text{ t}$$

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.057} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

γ_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$\gamma_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{1.044} \text{ t}$$

Donde:

A_v : es el área plástica de cortante.

$$A_v : \underline{1.50} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a cortante en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Resistencia a torsión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.7.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|M_{Ed}|}{M_{V,Rd}} < 1$$

y : 0.221 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N2, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

M_{Ed} : -0.003 t·m

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$M_{V,Rd}$: 0.015 t·m

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

M_{Ed} : -0.003 t·m

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$M_{y,Ed}$: -0.003 t·m

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$M_{z,Ed}$: 0.000 t·m

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

r_{yu} : 90.0 grados

Clase (pandeo local por compresión): es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

Clase : 4

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$$M_{V,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_{o,v} / \gamma_{M1}$$

$M_{V,Rd}$: 0.015 t·m

Donde:

r_v : es el factor de forma de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo.

r_v : 0.490

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³

$f_{o,v}$: es el límite elástico reducido por el esfuerzo cortante.

$f_{o,v}$: 1325.18 kp/cm²

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

χ_{M1} : 1.10

r_v : es el factor de forma.

$$\alpha_v = W_{V,eff} / W_{el}$$

r_v : 0.490

Donde:

$W_{V,eff}$: es el módulo elástico de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo; obtenido usando un espesor reducido para los elementos de clase 4.

$W_{V,eff}$: 1.25 cm³

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

V_{Ed} : 0.006 t



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.	$V_{z,Ed} : \underline{0.006} \text{ t}$
$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.	$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$
r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.	$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$
T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.	$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$

Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.1 - 6.2.9 (Criterio de CYPE Ingenieros) / 6.3.3)

Se debe satisfacer:

$\eta = \left(\frac{ N_{Ld} }{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} - \frac{ M_{Ld} }{M_{L,Rd}} < 1$	y < <u>0.001</u> ✓
$\eta = \left(\frac{ N_{Ld} }{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} + \left(\frac{ M_{U,Ld} }{M_{U,Rd}} \right)^{\eta_2} - \left(\frac{ M_{V,Ld} }{M_{V,Rd}} \right)^{\eta_3} < 1$	y : <u>0.222</u> ✓
$\eta = \left(\frac{ N_{Ld} }{\chi_L \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_1} - \frac{ M_{U,Ld} }{M_{U,Rd}} < 1$	y : <u>0.001</u> ✓
$\eta = \left(\frac{ N_{Ld} }{\chi_x \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_1} + \left(\frac{ M_{V,Ld} }{M_{V,Rd}} \right)^{\eta_2} < 1$	y : <u>0.257</u> ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.	$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$
$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.	$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$
$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.	$M_{v,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$
N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión de la sección bruta.	$N_{Rd} : \underline{2.406} \text{ t}$
$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.	$M_{u,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$
$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.	$M_{v,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$
t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.	$t_u : \underline{0.93}$



t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.90}$$

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$y_0 : \underline{1.00}$$

\tilde{S}_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

$$\tilde{S}_0 : \underline{1.00}$$

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

y_c : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v', y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$y_c : \underline{0.90}$$

ϵ_{uc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\epsilon_{uc} : \underline{0.93}$$

ϵ_{vc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\epsilon_{vc} : \underline{0.90}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos, al encontrarse toda la sección comprimida bajo la acción exclusiva del esfuerzo axial.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

Clase_u: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'u' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_u : \underline{4}$$

Clase_v: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'v' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_v : \underline{4}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

$$N_{Rd} : \underline{2.406} \text{ t}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

$$A_{eff} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$M_{u,Rd} = \alpha_u \cdot W_{u,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{u,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

α_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$W_{u,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'. Puesto que no hay momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u', se toma el valor del factor de forma igual a la unidad.

$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$M_{v,Rd} = \alpha_v \cdot W_{v,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$\alpha_v = W_{v,eff} / W_{v,el}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\chi_v = \frac{1}{\phi_v + \sqrt{\phi_v^2 - \bar{\lambda}_v^2}} \leq 1$$

Donde:

W_v : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

W_v : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\phi_v = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_v - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_v^2 \right]$$

Donde:

r : es el coeficiente de imperfección considerando pandeo por flexión.

$q\}_0$: es el límite de la meseta horizontal considerando pandeo por flexión.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$q\}_v$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\bar{\lambda}_v = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr,v}}}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'; su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{cr,v}$.

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\chi_u = \frac{1}{\phi_u + \sqrt{\phi_u^2 - \bar{\lambda}_u^2}} \leq 1$$

$$W_{u,el} : \frac{4.17}{1325.18} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \frac{1325.18}{1.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{1.10}$$

$$r_u : \frac{1.000}{1.000}$$

$$M_{v,Rd} : \frac{0.015}{1.10} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$r_v : \frac{0.490}{0.490}$$

$$W_{v,el} : \frac{2.55}{1325.18} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \frac{1325.18}{1.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{1.10}$$

$$r_v : \frac{0.490}{0.490}$$

$$W_{v,eff} : \frac{1.25}{2.55} \text{ cm}^3$$

$$W_{v,el} : \frac{2.55}{2.55} \text{ cm}^3$$

$$t_v : \frac{0.90}{0.90}$$

$$W_v : \frac{0.60}{0.60}$$

$$q\}_v : \frac{0.31}{0.31}$$

$$W_v : \frac{0.60}{0.60}$$

$$r : \frac{0.32}{0.32}$$

$$q\}_0 : \frac{0.00}{0.00}$$

$$q\}_v : \frac{0.31}{0.31}$$

$$q\}_v : \frac{0.31}{0.31}$$

$$A_{eff} : \frac{2.00}{1325.18} \text{ cm}^2$$

$$f_o : \frac{1325.18}{1.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{cr,v} : \frac{28.422}{1.10} \text{ t}$$

$$N_{cr,v} : \frac{28.422}{1.10} \text{ t}$$



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$$t_u : \underline{0.93}$$

Donde:

W_u : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$W_u : \underline{0.56}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$q\}_u : \underline{0.23}$$

W_u : es un parámetro relativo al cálculo del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\phi_u = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_u - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_u^2 \right]$$

$$W_u : \underline{0.56}$$

Donde:

r: es el coeficiente de imperfección considerando pandeo por flexión.

$$r : \underline{0.32}$$

$q\}_0$: es el límite de la meseta horizontal considerando pandeo por flexión.

$$q\}_0 : \underline{0.00}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$q\}_u : \underline{0.23}$$

$q\}_u$: es la esbeltez relativa considerando pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\bar{\lambda}_u = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_0}{N_{\text{cr},u}}}$$

$$q\}_u : \underline{0.23}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{\text{eff}} : \underline{2.00} \text{ cm}^2$$

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_0 : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{\text{cr},u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$N_{\text{cr},u} : \underline{48.502} \text{ t}$$

$N_{\text{cr},u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'; su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{\text{cr},u}$.

$$N_{\text{cr},u} : \underline{48.502} \text{ t}$$

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$1 \leq \eta_0 = \alpha_u^2 \cdot \alpha_v^2 \leq 2$$

$$y_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \underline{0.490}$$

\check{S}_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

$$1 \leq \omega_0 = \alpha_v^2 \leq 1.56$$

$$\check{S}_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \underline{0.490}$$

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$1 \leq \nu_0 = \alpha_u^2 \leq 1.56$$

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \underline{1.000}$$

y_c : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v', y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\eta_c = \eta_0 \cdot \chi_v \geq 0.8$$

$$y_c : \underline{0.90}$$

Donde:

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$y_0 : \underline{1.00}$$



t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.90}$$

ϵ_{uc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$v_{uc} = v_0 \cdot \chi_u \geq 0.8$$

$$\epsilon_{uc} : \underline{0.93}$$

Donde:

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

t_u : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$t_u : \underline{0.93}$$

ϵ_{vc} : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u' y del coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$v_{vc} = v_0 \cdot \chi_v \geq 0.8$$

$$\epsilon_{vc} : \underline{0.90}$$

Donde:

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$\epsilon_0 : \underline{1.00}$$

t_v : es el coeficiente de reducción debido a pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$t_v : \underline{0.90}$$

No es necesaria la comprobación a pandeo lateral con torsión por flexión alrededor del eje principal de inercia 'u', ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|N_{Ed}|}{N_{Rd}} + \frac{|M_{u,Ed} + \Delta M_{u,eff,Ed}|}{M_{u,Rd}} + \frac{|M_{v,Ed} + \Delta M_{v,eff,Ed}|}{M_{v,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.222}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.275 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t·m}$$

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$UM_{u,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$UM_{v,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

$N_{eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión de la sección eficaz.

$$N_{eff,Rd} : \underline{3.929} \text{ t}$$

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$$M_{u,eff,Rd} : \underline{0.050} \text{ t·m}$$

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$$M_{v,eff,Rd} : \underline{0.015} \text{ t·m}$$



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

y_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$y_u : \underline{1.00}$$

y_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$y_v : \underline{1.00}$$

Clase: es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

La sección eficaz incluye la reducción debida al esfuerzo cortante y al momento torsor de cálculo, además del descuento debido al reblandecimiento HAZ y el debido al pandeo local por compresión.

Se denominan $u_{,eff}$ y $v_{,eff}$ al par de ejes que pasan por el centro de gravedad de la sección eficaz y son paralelos a los ejes principales de inercia u y v , respectivamente, de la sección bruta.

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{u,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot v_{gc,eff}$$

$$UM_{u,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$v_{gc,eff}$: es la coordenada 'v' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$v_{gc,eff} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{v,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{v,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot u_{gc,eff}$$

$$UM_{v,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$u_{gc,eff}$: es la coordenada 'u' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$u_{gc,eff} : \underline{4.69} \text{ mm}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión de la sección bruta.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$



$$N_{Rd} : \underline{3.929} \text{ t}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$A_{eff} : \underline{3.26} \text{ cm}^2$$

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$$M_{u,eff,Rd} = W_{u,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

$W_{u,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'u,eff'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$M_{u,eff,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{u,eff} : \underline{4.17} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$$M_{v,eff,Rd} = W_{v,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$M_{v,eff,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$W_{v,eff} : \underline{1.25} \text{ cm}^3$$

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

η_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_u = \frac{C_{Mu}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,u}}}$$

Donde:

C_{Mu} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{cr,u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$\eta_u : \underline{1.00}$$

$$C_{Mu} : \underline{1.00}$$

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$$N_{cr,u} : \underline{48.502} \text{ t}$$

η_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_v = \frac{C_{Mv}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,v}}}$$

Donde:

C_{Mv} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$\eta_v : \underline{1.00}$$

$$C_{Mv} : \underline{1.00}$$

$$N_{Ed} : \underline{-0.001} \text{ t}$$

$$N_{cr,v} : \underline{28.422} \text{ t}$$

$V_{u,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de mayor inercia 'u' de la sección bruta.

$$V_{u,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

Donde:

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{u,Ed} : \underline{0.006} \text{ t}$$

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.
 r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.006} \text{ t}$$

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$V_{v,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de menor inercia 'v' de la sección bruta.

$$V_{v,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - V_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$V_{v,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

Donde:

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.006} \text{ t}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Caso 4: succión esquina h>20 m

Perfil: T-100.60.2,5 Material: Aluminio (EN AW-6063)												
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
	N11	N10	0.450	3.97	12.21	20.83	0.00	0.08	0.00	17.88	90.0	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
	Pandeo				Pandeo lateral							
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.					
	β		1.00	1.00	0.00		0.00					
	L _k		0.450	0.450	0.000		0.000					
	C ₁		-		1.000							
	Notación: s: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico											

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 9 EN 1999-1-1: 2007)														Estado
	N _t	N _c	M _u	M _v	V _u	V _v	T	M _u V _v	M _v V _u	TV _u	TV _v	NM _u M _v	NM _u M _v V _u V _v T		
N11/N10	x: 0.45 m η = 3.3	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	x: 0.225 m η = 15.0	x: 0.45 m η = 4.9	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.225 m η = 15.0	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0.225 m η = 18.3	x: 0.45 m η = 15.0	CUMPLE y = 18.3	
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _u : Resistencia a flexión en el eje U M _v : Resistencia a flexión en el eje V V _u : Resistencia a cortante en el eje U V _v : Resistencia a cortante en el eje V T: Resistencia a torsión M _u V _v : Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados M _v V _u : Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados TV _u : Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados TV _v : Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados NM _u M _v : Resistencia a axil y flexión biaxial combinados NM _u M _v V _u V _v T: Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados x: Distancia al origen de la barra y: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Resistencia a tracción (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

y : 0.033 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·G.

Donde:

N_{Ed}: es el axil de tracción solicitante de cálculo.

N_{Ed} : 0.156 t

N_{t,Rd}: es la resistencia a tracción de cálculo de la sección transversal. Tomando el valor correspondiente a la fluencia general a lo largo del elemento N_{o,Rd}, ignorando las conexiones de extremo, los agujeros localizados y las zonas HAZ localizadas.

N_{t,Rd} : 4.781 t

$$N_{o,Rd} = A_g \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

N_{o,Rd} : 4.781 t

Donde:

A_g: es el área de la sección bruta, al no existir reblandecimiento HAZ debido a soldaduras longitudinales.

f_o: es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

A_g : 3.97 cm²

f_o : 1325.18 kp/cm²



VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

χ_{M1} : 1.10

Resistencia a compresión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.4 - 6.3.1)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2 (Criterio de CYPE Ingenieros))

Se debe satisfacer:

Flexión negativa:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

η : 0.150 ✓

Flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N11, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

M_{Ed} : -0.002 t·m

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$M_{c,Rd}$: 0.015 t·m

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

M_{Ed} : -0.002 t·m

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$M_{y,Ed}$: -0.002 t·m

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$M_{z,Ed}$: 0.000 t·m

α_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

α_{yu} : 90.0 grados

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

Clase : 4

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$M_{c,Rd}$: 0.015 t·m

Donde:

α : es el factor de forma.

α : 0.490

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

f_o : 1325.18 kp/cm²

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

χ_{M1} : 1.10

α : es el factor de forma.

$$\alpha = W_{eff} / W_{el}$$

α : 0.490

Donde:

W_{eff} : es el módulo elástico eficaz de la sección, obtenido usando un espesor reducido t_{eff} para los elementos de clase 4.

W_{eff} : 1.25 cm³

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

W_{el} : 2.55 cm³



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Resistencia a cortante en el eje U (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$$

y : 0.049 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N10, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

V_{Ed} : -0.051 t

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

V_{Rd} : 1.044 t

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

V_{Ed} : -0.051 t

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$V_{z,Ed}$: -0.051 t

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$V_{y,Ed}$: 0.000 t

α_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

α_{yu} : 90.0 grados

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

V_{Rd} : 1.044 t

Donde:

A_v : es el área plástica de cortante.

A_v : 1.50 cm²

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

f_o : 1325.18 kp/cm²

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.10

Resistencia a cortante en el eje V (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a torsión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.7.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión en el eje U y a cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión en el eje V y a cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|M_{Ed}|}{M_{V,Rd}} < 1$$

y : 0.150 ✓



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALCALA DE HENARES

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N11, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} : \underline{-0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$$M_{V,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{Ed} : \underline{-0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{-0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

Clase (pandeo local por compresión): es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

$M_{V,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión reducida por el efecto del esfuerzo cortante.

$$M_{V,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_{o,v} / \gamma_{M1}$$

$$M_{V,Rd} : \underline{0.015} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo.

$$r_v : \underline{0.490}$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

$f_{o,v}$: es el límite elástico reducido por el esfuerzo cortante.

$$f_{o,v} : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

r_v : es el factor de forma.

$$\alpha_v = W_{v,eff} / W_{el}$$

$$r_v : \underline{0.490}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección reducida por efecto del esfuerzo cortante y del momento torsor de cálculo; obtenido usando un espesor reducido para los elementos de clase 4.

$$W_{v,eff} : \underline{1.25} \text{ cm}^3$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$V_{Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}$$

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{-0.003} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a torsión y cortante en el eje U combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Resistencia a torsión y cortante en el eje V combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

No hay interacción entre torsión y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.1 - 6.2.9 (Criterio de CYPE Ingenieros) / 6.3.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \left(\frac{|N_{Ld}|}{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} - \frac{|M_{L,Rd}|}{M_{L,Rd}} < 1$$

y : 0.033 ✓

$$\eta_1 = \left(\frac{|N_{Ld}|}{N_{Rd}} \right)^{\eta_1} + \left(\frac{|M_{u,Ld}|}{M_{u,Rd}} \right)^{\eta_2} + \left(\frac{|M_{v,Ld}|}{M_{v,Rd}} \right)^{\eta_3} < 1$$

y : 0.183 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.225 m del nudo N11, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de tracción solicitante de cálculo.

N_{Ed} : 0.156 t

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$M_{u,Ed}$: 0.000 t·m

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$M_{v,Ed}$: -0.002 t·m

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a tracción.

N_{Rd} : 4.781 t

$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$M_{u,Rd}$: 0.050 t·m

$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$M_{v,Rd}$: 0.015 t·m

y_0 : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

y_0 : 1.00

\check{S}_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

\check{S}_0 : 1.00

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

ϵ_0 : 1.00

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$M_{u,Ed}$: 0.000 t·m

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$M_{y,Ed}$: -0.002 t·m

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$M_{z,Ed}$: 0.000 t·m

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

r_{yu} : 90.0 grados

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$M_{v,Ed}$: -0.002 t·m

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$M_{y,Ed}$: -0.002 t·m

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$M_{z,Ed}$: 0.000 t·m

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

r_{yu} : 90.0 grados

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a tracción.

$$N_{Rd} = A_g \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

N_{Rd} : 4.781



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

Donde:

A_g : es el área de la sección bruta, al no existir reblandecimiento HAZ debido a soldaduras longitudinales.

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$A_g : \frac{3.97}{\text{cm}^2}$$

$$f_o : \frac{1325.18}{\text{kp/cm}^2}$$

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{\text{---}}$$

Clase_u: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'u' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_u : \frac{4}{\text{---}}$$

Clase_v: la clasificación de la sección transversal es función de las dimensiones de sus elementos comprimidos, bajo la actuación del momento flector alrededor del eje 'v' correspondiente a la combinación de cargas considerada.

$$\text{Clase}_v : \frac{4}{\text{---}}$$

$M_{u,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$M_{u,Rd} = \alpha_u \cdot W_{u,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{u,Rd} : \frac{0.050}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \frac{1.000}{\text{---}}$$

$W_{u,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$W_{u,el} : \frac{4.17}{\text{cm}^3}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \frac{1325.18}{\text{kp/cm}^2}$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{\text{---}}$$

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$\alpha_u = W_{u,eff} / W_{u,el}$$

$$r_u : \frac{1.000}{\text{---}}$$

Donde:

$W_{u,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'u,eff'.

$$W_{u,eff} : \frac{2.62}{\text{cm}^3}$$

$W_{u,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$W_{u,el} : \frac{4.17}{\text{cm}^3}$$

$M_{v,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$M_{v,Rd} = \alpha_v \cdot W_{v,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{v,Rd} : \frac{0.015}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \frac{0.490}{\text{---}}$$

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$W_{v,el} : \frac{2.55}{\text{cm}^3}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \frac{1325.18}{\text{kp/cm}^2}$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \frac{1.10}{\text{---}}$$

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$\alpha_v = W_{v,eff} / W_{v,el}$$

$$r_v : \frac{0.490}{\text{---}}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

$$W_{v,eff} : \frac{1.25}{\text{cm}^3}$$

$W_{v,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$W_{v,el} : \frac{2.55}{\text{cm}^3}$$

y_o : es un exponente obtenido a partir de los factores de forma para flexión alrededor de los ejes 'u' y 'v'.

$$1 \leq \eta_o = \alpha_u^2 \cdot \alpha_v^2 \leq 2$$

$$y_o : \frac{1.00}{\text{---}}$$

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

$$r_u : \frac{1.000}{\text{---}}$$

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

$$r_v : \frac{0.490}{\text{---}}$$

ξ_o : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'v'.

$$1 \leq \omega_o = \alpha_v^2 \leq 1.56$$

$$\xi_o : \frac{1.00}{\text{---}}$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Donde:

r_v : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'v'.

r_v : 0.490

ϵ_0 : es un exponente obtenido a partir del factor de forma para flexión alrededor del eje 'u'.

$$1 \leq v_0 = \alpha_u^2 \leq 1.56$$

ϵ_0 : 1.00

Donde:

r_u : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'u'.

r_u : 1.000

No es necesaria la comprobación a pandeo lateral con torsión por flexión alrededor del eje principal de inercia 'u', ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{|N_{L,E}|}{N_{u,T,Rd}} + \frac{|\eta_u \cdot M_{L,Ed} + \Delta M_{L,Ed}|}{M_{u,wT,Rd}} + \frac{|\eta_v \cdot M_{v,Ed} + \Delta M_{v,Ed}|}{M_{v,wT,Rd}} \leq 1$$

y : 0.150



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N10, para la combinación de acciones G+1.5·Q.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de tracción solicitante de cálculo.

N_{Ed} : 0.116 t

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$M_{u,Ed}$: 0.000 t·m

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$M_{v,Ed}$: 0.004 t·m

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$UM_{u,eff,Ed}$: 0.000 t·m

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$UM_{v,eff,Ed}$: 0.000 t·m

$N_{eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión de la sección eficaz.

$N_{eff,Rd}$: 4.781 t

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$M_{u,eff,Rd}$: 0.050 t·m

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$M_{v,eff,Rd}$: 0.031 t·m

y_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axil de compresión solicitante de cálculo.

y_u : 1.00

y_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axil de compresión solicitante de cálculo.

y_v : 1.00

Clase: es la clasificación de la sección transversal en función de las dimensiones de los elementos que la componen y que se encuentren total o parcialmente comprimidos para la combinación de acciones considerada.

Clase : 4

La sección eficaz incluye la reducción debida al esfuerzo cortante y al momento torsor de cálculo, además del descuento debido al reblandecimiento HAZ y el debido al pandeo local por compresión.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

Se denominan $u_{,eff}$ y $v_{,eff}$ al par de ejes que pasan por el centro de gravedad de la sección eficaz y son paralelos a los ejes principales de inercia u y v , respectivamente, de la sección bruta.

$M_{u,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$M_{u,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - M_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$M_{u,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{u,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'u,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{u,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot v_{gc,eff}$$

$$UM_{u,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de tracción solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.116} \text{ t}$$

$v_{gc,eff}$: es la coordenada 'v' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$v_{gc,eff} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$M_{v,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$M_{v,Ed} = M_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + M_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$M_{v,Ed} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'y'

$$M_{y,Ed} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje 'z'

$$M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

r_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$r_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$UM_{v,eff,Ed}$: es el incremento de momento flector alrededor del eje 'v,eff' debido a la excentricidad del axil generada al variar la posición del centro de gravedad de la sección eficaz respecto de la del centro de gravedad de la sección bruta.

$$\Delta M_{v,eff,Ed} = N_{Ed} \cdot u_{gc,eff}$$

$$UM_{v,eff,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

N_{Ed} : es el axil de tracción solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.116} \text{ t}$$

$u_{gc,eff}$: es la coordenada 'u' del centro de gravedad de la sección eficaz.

$$u_{gc,eff} : \underline{0.00} \text{ mm}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a tracción.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$N_{Rd} : \underline{4.781} \text{ t}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

$$A_{eff} : \underline{3.97} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{u,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'u,eff' de la sección eficaz.

$$M_{u,eff,Rd} = W_{u,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{u,eff,Rd} : \underline{0.050} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{u,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'u,eff'.

$$W_{u,eff} : \underline{4.17} \text{ cm}^3$$



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
BASAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{v,eff,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje 'v,eff' de la sección eficaz.

$$M_{v,eff,Rd} = W_{v,eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{v,eff,Rd} : \underline{0.031} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{v,eff}$: es el módulo elástico de la sección eficaz respecto al eje 'v,eff'.

$$W_{v,eff} : \underline{2.55} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1325.18} \text{ kp/cm}^2$$

χ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\chi_{M1} : \underline{1.10}$$

η_u : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_u = \frac{C_{Mu}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,u}}}$$

$$\eta_u : \underline{1.00}$$

Donde:

C_{Mu} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'u' de la sección bruta.

$$C_{Mu} : \underline{1.00}$$

N_{Ed} : es el axial de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.116} \text{ t}$$

$N_{cr,u}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xv'.

$$N_{cr,u} : \underline{72.454} \text{ t}$$

η_v : es el factor de amplificación del valor máximo de la distribución de momentos flectores solicitantes de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta, debido al efecto del esfuerzo axial de compresión solicitante de cálculo.

$$\eta_v = \frac{C_{Mv}}{1 - \frac{|N_{Ed}|}{N_{cr,v}}}$$

$$\eta_v : \underline{1.00}$$

Donde:

C_{Mv} : es el coeficiente de momento equivalente uniforme, referido a la flexión alrededor del eje principal de inercia 'v' de la sección bruta.

$$C_{Mv} : \underline{1.00}$$

N_{Ed} : es el axial de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{0.116} \text{ t}$$

$N_{cr,v}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xu'.

$$N_{cr,v} : \underline{42.457} \text{ t}$$

$V_{u,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de mayor inercia 'u' de la sección bruta.

$$V_{u,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu} + V_{y,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu}$$

$$V_{u,Ed} : \underline{-0.051} \text{ t}$$

Donde:

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{-0.051} \text{ t}$$

α_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$\alpha_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$V_{v,Ed}$: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje principal de menor inercia 'v' de la sección bruta.

$$V_{v,Ed} = V_{z,Ed} \cdot \cos \alpha_{yu} - V_{y,Ed} \cdot \sin \alpha_{yu}$$

$$V_{v,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

Donde:

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}$$

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en la dirección del eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{-0.051} \text{ t}$$

α_{yu} : es el ángulo que forma el eje principal de inercia 'u' respecto al eje 'y', positivo en sentido antihorario.

$$\alpha_{yu} : \underline{90.0} \text{ grados}$$

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017





MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
C/. Serrano Galvache, n.º 4. 28033 Madrid
Tel. (+34) 91 302 04 40 · Fax (+34) 91 302 07 00
<http://www.ietcc.csic.es>



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 476R/10

Área genérica / Uso previsto:

**SISTEMA DE REVESTIMIENTO
DE FACHADAS VENTILADAS CON
PLACAS DE HORMIGÓN POLÍMERO**

Nombre comercial:

ULMA

Beneficiario:

ULMA Hormigón Polímero S. Coop.

Sede Social /
Lugar de fabricación:

B. Zubillaga, 89.
20560 Oñate (Guipúzcoa). España
Tel. (+34) 943 780 600 · Fax (+34) 943 717 020
E-mail: hormigon@ulmapolimero.com
<http://www.ulmapolimero.com>

Validez. Desde:
Hasta:

11 de noviembre de 2010
11 de noviembre de 2015
(Condicionado a seguimiento anual)

Este Documento consta de 36 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÉMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGRÉMENT
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREMENT IN BAUWESEN



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017

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. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía.

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. 476R/10

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto n.º 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 n.º 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 la Sociedad ULMA Hormigón Polímero S. Coop., para la renovación del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA n.º 476/A del **Sistema de revestimiento de fachadas ventiladas ULMA con placas de hormigón polímero**,
- 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,
- 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 realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesión celebrada el 28 de septiembre de 2010.

DECIDE:

Renovar el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 476/A, del **Sistema de revestimiento de fachadas ventiladas ULMA con placas de hormigón polímero**, considerando que,

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



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA evalúa exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el peticionario 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.

En cada caso, ULMA, 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.

Será el proyecto de edificación el que contemple en cada caso, las acciones que el Sistema transmite a la estructura general y cerramiento del edificio, asegurando que éstas son admisibles.

En general, se tendrán en cuenta, tanto en el proyecto como en la ejecución de la obra, todas las prescripciones contenidas en las normativas vigentes. Como recordatorio se cita el CTE.

CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL

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

CONDICIONES DE UTILIZACIÓN Y PUESTA EN OBRA

El Sistema de revestimiento de fachadas ventiladas ULMA con placas de hormigón polímero está previsto para el revestimiento exterior de fachadas mediante fijación oculta a una subestructura metálica por medio de anclajes. El Sistema no contribuye a la estabilidad de la construcción.

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada por ULMA Hormigón Polímero S. Coop., o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta, bajo su control técnico. ULMA Hormigón Polímero S. Coop., asegurará 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 ULMA Hormigón Polímero S. Coop., estará disponible en el IETcc. De acuerdo con lo anterior, el presente documento ampara exclusivamente aquellas obras que hayan sido realizadas por ULMA Hormigón Polímero S. Coop., o por empresas cualificadas y 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 número 476R/10, 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.

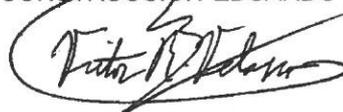
Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 11 de noviembre de 2015.

Queda anulado el Documento n.º 476/A.

Madrid, 11 de noviembre de 2010

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA



Víctor R. Velasco Rodríguez



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

3

VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017

INFORME TÉCNICO

1. OBJETO

Revestimiento de fachadas ventiladas ULMA ejecutado con placas de hormigón polímero, de la empresa ULMA Hormigón Polímero S. Coop., fijadas a una subestructura vertical de aluminio, solidaria con el muro soporte.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La composición típica de la fachada ventilada con placas de ULMA Hormigón Polímero S. Coop., consta de las siguientes hojas:

1. Placa de hormigón polímero ULMA.
2. Cámara de aire ventilada.
3. Subestructura portante de fijación anclada al muro soporte.

El Sistema puede incorporar aislamiento que será definido por el Proyecto de Ejecución en cumplimiento del CTE en lo relativo a Salubridad (CTE-DB-HS), Protección frente al ruido (CTE-DB-HR) y Ahorro energético (CTE-DB-HE).

Las placas se pueden colocar en horizontal o en vertical.

Las placas que se colocan en horizontal se fijan insertando las ranuras presentes en los cantos horizontales de las mismas, en los perfiles de aluminio horizontales. Los perfiles horizontales están anclados sobre montantes verticales que a su vez están fijados al muro soporte mediante escuadras regulables (ver Figura 1).

Las placas que se colocan en vertical se apoyan sobre el perfil soporte horizontal y se fijan insertando las ranuras en este caso presentes en los cantos verticales de las placas, en los perfiles de aluminio verticales. Los perfiles verticales están anclados sobre montantes verticales que a su vez están fijados al muro soporte mediante escuadras regulables (ver Figura 2).

El Sistema se articula mediante las oportunas fijaciones, separando las placas entre sí mediante juntas verticales y horizontales, permitiendo la libre dilatación de las placas en el sistema.

3. MATERIALES Y COMPONENTES DEL SISTEMA

3.1 Placas de hormigón polímero

Las placas de hormigón polímero son placas formadas por la mezcla homogénea de resinas termoestables como agente aglomerante, cargas de origen mineral y aditivos ignífugantes y resto de materias reactivas. Se fabrican mediante moldeado tras un proceso de colada. La capa superficial, que confiere el acabado al material, está formada por la mezcla homogénea de resinas termoestables, aditivos estabilizantes contra la radiación ultravioleta, pastas colorantes a base de pigmentos estables y el resto de materias reactivas.

Las placas son impermeables, ligeras y con una clasificación B-s2, d0 en cuanto a su reacción al fuego.

3.1.1 Características dimensionales

Las placas se pueden suministrar con espesores de 11 y 14 mm, distintas texturas y una amplia gama de colores. Las placas de espesor 14 mm pueden suministrarse con dos aspectos, brillante y satinado. Las dimensiones estándar vienen definidas en las siguientes tablas y en la Figura 3.1 para las placas que se colocan en horizontal y Figura 3.2 para las placas que se colocan en vertical.

Placas colocadas horizontalmente

Distancia máxima entre montantes 610 mm.

DIMENSIONES DE PLACAS DE ESPESOR 11 mm		
Longitud ⁽¹⁾ (mm)	Altura ⁽²⁾ (mm)	Peso nominal aproximado (kg)
900	900	21,0
900	600	14,0
900	500	11,7
900	450	10,5
900	300	7,0
450	450	5,3

(1) Se entiende por longitud la medida en horizontal.

(2) Se entiende por altura la medida en vertical.



Distancia máxima entre montantes 904 mm.

DIMENSIONES DE PLACAS DE ESPESOR 14 mm		
Longitud (mm)	Altura (mm)	Peso nominal aproximado (kg)
1.800	900	53,5
1.800	450	26,8
1.800	300	17,8
900	900	26,8
900	600	17,8
900	450	13,4
900	300	8,9
600	900	17,8
600	450	8,9
600	300	5,9
450	450	6,7

Placas colocadas verticalmente

La distancia entre montantes coincidirá con la longitud de la placa siendo la distancia máxima 904 mm.

DIMENSIONES DE PLACAS DE ESPESOR 14 mm		
Longitud (mm)	Altura (mm)	Peso nominal aproximado (kg)
900	1.800	53,5
900	1.500	44,6
900	1.200	35,7
600	1.800	35,7
600	1.500	29,7
600	1.200	23,8
400	1.800	23,8
400	1.500	19,8
400	1.200	15,9

Otras dimensiones de placas para diseños específicos se pueden obtener mediante mecanizado siempre y cuando los esfuerzos a los que vayan a estar sometidas sean inferiores a los definidos en este documento.

Tolerancias:

- Longitudes y alturas nominales:
 - Sobre la longitud (L): $\pm 2,0$ mm.
 - Sobre la altura (H): $\pm 2,0$ mm.
- Espesor:
 - Placas de 14 mm (+ 3,5 mm / - 1,0 mm).
 - Placas de 11 mm (+ 2,5 mm / - 1,0 mm).
- Escuadría de placas:

La diferencia entre las dos diagonales debe ser inferior a 1 mm, para las placas ≤ 900 mm, e inferior a 2 mm para las placas > 900 mm.

- Planeidad de placas: 0,2%.
- Los cantos horizontales, o verticales, de las placas están mecanizados con una ranura a lo largo de toda la placa de 1,75 mm de anchura y 8,0 mm de profundidad.

La ranura está situada en la placa de forma que el espesor entre ranura y plano tangente a la cara exterior es de 5 mm para las placas de 11 mm y de 6 mm para las placas de 14 mm (ver Figuras 3.1 y 3.2).

3.1.2 Características físicas y mecánicas

- Densidad aparente: 2,2-2,4 g/cm³.
- Módulo de rotura a flexión: 16 MPa en placas de 600 x 400 x 11 y 900 x 600 x 14 mm según UNE-EN ISO 10545-4:1997.
- Medida de resistencia al impacto según norma UNE-EN ISO 179-2:2000 $\geq 1,3$ kJ/m² en probeta de 150 x 10 x 10 mm.

3.1.3 Identificación

Sobre la etiqueta identificativa en el palé se indica:

- La marca comercial.
- Fecha de fabricación.
- Color y textura.
- Dimensiones nominales.
- Cantidad de placas de las dimensiones nominales correspondientes.
- Etiqueta identificativa con logotipo y número de DIT.

3.2 Subestructura para fijación de placas

3.2.1 Anclajes de unión al muro soporte

La definición del tipo, posición y número de anclajes para la fijación de las ménsulas al muro soporte se realizará en función del material base de apoyo y de los esfuerzos transmitidos al mismo, debiendo quedar reflejado en el proyecto técnico de la fachada ventilada.

Estos datos serán facilitados por el responsable del Sistema, en función de las recomendaciones del fabricante del anclaje para cada material base de apoyo.

Con carácter general, y para los casos más habituales, se emplearán anclajes del tipo Mungo MB o similar con taco de poliamida Ultramid® y tornillo de acero galvanizado.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

diámetro 7 mm con cabeza hexagonal de clase mínima 5.8 según UNE-EN 20898 en la versión zincado Zn 5 según UNE-EN ISO 4042, complementada por la Norma UNE-EN ISO 4042:2001 ERRATUM.

3.2.2 Escuadras

Las escuadras, elementos de fijación de los montantes verticales a los muros soporte, son de aluminio extrusionado de aleación 6063 con tratamiento T5 cuyas características deben estar conformes con las especificaciones técnicas detalladas a continuación. Las características dimensionales de una selección de escuadras están definidas en las Figuras 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6 a título orientativo.

Propiedades físicas

- Módulo elástico: 69.500 N/mm²
- Peso específico: 2,7 g/cm³
- Coeficiente de dilatación térmica lineal: $23,6 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

Propiedades mecánicas

Estado	Carga de rotura R_m (N/mm ²)	Límite elástico $R_{p\ 0,2}$ (N/mm ²)	Alargamiento $A_{5,65}$ (%)
T5	175	130	8

Norma UNE-EN 755-2: 2009.

3.2.3 Montantes verticales

Los montantes verticales son de aluminio extrusionado de aleación 6063 con tratamiento T5 cuyas características deben estar conformes con las especificaciones técnicas detalladas en el punto 3.2.2. Las características dimensionales vienen definidas en las Figuras 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4.

Los montantes verticales son utilizados tanto para la colocación de placas en sentido vertical como en horizontal.

La colocación en horizontal viene definida por la Figura 1.

La colocación en vertical viene definida por la Figura 2.

La separación máxima de los montantes verticales para las placas de 11 mm de espesor será de 610 mm, mientras que para las placas de 14 mm será de 904 mm.

3.2.4 Perfiles guía

Perfiles de aluminio extrusionado de aleación 6063 con tratamiento T5 cuyas características deben estar conformes con las especificaciones técnicas detalladas en el punto 3.2.2. Las características dimensionales de los perfiles vienen definidas en las Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

Los perfiles guía son utilizados tanto para la colocación de placas en sentido vertical como en horizontal.

3.2.5 Perfil soporte

Perfil de aluminio extrusionado de aleación 6063 con tratamiento T5 cuyas características debe estar conformes con las especificaciones técnicas detalladas en el punto 3.2.2. El perfil tiene una longitud hasta de 3.600 mm y sus características dimensionales vienen definidas en las Figura 4.5.

El perfil soporte es utilizado para la colocación de placas en sentido vertical.

3.2.6 Espaciadores

Con objeto de absorber los movimientos horizontales de las placas, se coloca en la junta vertical dentro del perfil guía horizontal unos espaciadores de polipropileno.

3.2.7 Tornillería

Para la fijación de los montantes verticales a las escuadras de regulación se utilizan tornillos autotaladrantes de cabeza hexagonal con arandela estampada y zincado del tipo DIN-7504-K. Se definirán en función de los esfuerzos a soportar y de forma general se utilizarán autotaladrantes de diámetro 6,3 mm y 25 mm de longitud.

El par de apriete, teórico, es de 8 N·m.

Para la fijación de la perfilería horizontal a los montantes verticales se utilizará el mismo tipo de tornillería.

3.2.8 Masillas

En los extremos de hileras horizontales de placas, se utilizará masilla adhesiva elástica monocomponente de tipo Sika Tack Panel o similar, para la adecuada planeidad y estabilidad de las placas y evitar el movimiento de las mismas.



4. FABRICACIÓN DE PLACAS

El proceso de fabricación de las placas de hormigón polímero tiene lugar en la factoría de ULMA Hormigón Polímero S. Coop. (Grupo ULMA) en Oñate (Guipúzcoa), e incluye las siguientes etapas:

1. Preparación de la mezcla de materias primas con la dosificación adecuada para la fabricación del acabado superficial de la placa.
2. Fabricación de la capa superficial de la placa.
3. Mezcla en la dosificación adecuada de las distintas materias primas conformantes el hormigón polímero y moldeo.
4. Proceso de vibración y compactado de la masa de hormigón polímero.
5. Proceso de fraguado de hormigón polímero.
6. Segundo proceso de post fraguado en horno para conseguir las características físico químicas del material.
7. Corte, mecanizado y ranurado de las placas.
8. Embalaje y almacenamiento para su expedición.

5. CONTROL CALIDAD

5.1 Control de fabricación

En la fábrica se tiene implantado un Plan de Calidad en cumplimiento de lo establecido en el Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa.

La frecuencia de los controles internos sobre la materia prima, procedimientos de fabricación y producto acabado, están establecidos en los procedimientos internos de autocontrol con el conocimiento del IETcc.

5.1.1 Materias Primas

Se realizan los siguientes controles:

- Control de recepción de resina.
- Control de recepción de materias primas para la capa superficial.
- Control de recepción de áridos.
- Control de recepción de pastas colorantes.
- Control de recepción de aditivos.

Se les exige un certificado donde aporten características mecánicas y químicas que definan su producto acorde con las especificaciones y la ficha técnica, con posterior verificación por controles realizados en la fábrica.

5.1.2 Proceso de fabricación

Proceso	Control
Elaboración de la capa superficial. Preparación de la mezcla de materias primas con la dosificación adecuada.	Ticket de pesada de cada componente con trazabilidad de lote.
Fabricación de la capa superficial de la placa.	Control de parámetros del proceso.
Moldeado de hormigón. Elaboración de las placas por moldeo de hormigón polímero formado por el mezclado homogéneo de las materias primas en la dosificación correcta. Distribución, vibración, compactación y control del espesor final de la placa de hormigón polímero.	Comprobación de la correcta dosificación de las materias primas.
Proceso de curado del hormigón polímero Proceso de curado gradual y progresivo para conseguir las propiedades fisicoquímicas del material.	Control de reactividad y grado de curado.
Desmoldeo de hormigón polímero y proceso de aseguramiento de planeidad de placas.	Se realiza un control del espesor y colorimetría de placas, así como la comprobación visual del acabado general.
Proceso de postcurado de hormigón polímero. Proceso de post curado final en horno a temperatura controlada para conseguir las características físico-químicas finales y óptimas del material.	Control de la curva de temperatura del proceso de post curado.
Proceso de mecanizado Tren de acabado para el correcto corte de las placas a las dimensiones requeridas y mecanizado de la ranura de anclaje.	Control de mecanizado.

5.1.3 Hormigón polímero

Se realiza un control de las características mecánicas del material. A tal efecto se preparan probetas de placas de las dimensiones 150 x 10 x 10 mm y 600 x 400 x 14 mm para realizar las mediciones de resistencia a impacto (UNE-EN ISO 179-2:2000) y resistencia a rotura por flexión EN ISO 10545-4:1997 respectivamente. Se establecen unos límites de rotura de $\geq 1,3 \text{ kJ/m}^2$ para la resistencia a impacto y $\geq 16 \text{ MPa}$ para la resistencia a flexión.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

5.1.4 *Producto acabado*

Siguiendo las pautas de autocontrol se realiza un control de:

- Aspecto superficial y color.
- Posicionamiento de la ranura.
- Dimensiones.
- Espesor de las placas.
- Tolerancias sobre las dimensiones de placas (longitud, altura, ortogonalidad) y de las dimensiones del ranurado y su posicionamiento.
- Planeidad de las placas.
- Espectrocolorimetría de las placas.

5.2 **Sobre elementos auxiliares de fijación a fachadas**

Estos elementos no son fabricados por ULMA Hormigón Polímero S. Coop., 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 se realizan a escuadras, montantes verticales y perfiles horizontales a la recepción de estos artículos son:

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

5.2.1 *Anclajes*

El suministrador 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. Así mismo 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.

6. EMBALAJE, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN

Las placas se distribuyen en palés de madera enfrentando la cara superficial vista con la cara superficial vista de la siguiente placa para evitar el contacto entre sí de materiales de distinta dureza, a su vez se emplearán láminas de

material de embalaje protector, tipo espuma de polietileno, intercaladas entre placas para evitar el deterioro por rozamiento. Las placas se suministran flejadas para su estabilidad en palés de madera. Los palés irán retractilados con etiquetas identificativas del producto y la empresa fabricante.

Las placas se suministran en palés que garantizarán la integridad, tanto en el traslado en vehículos como en las operaciones de carga y descarga.

Los palés se dispondrán en el camión de forma que no sufran desplazamiento que puedan dañar las placas durante el transporte.

La descarga del material debe hacerse lo más cerca posible del lugar de empleo, para evitar acarreos innecesarios. Para evitar que se deteriore la superficie por rozamiento con partículas punzantes debe procurarse no deslizar las placas una sobre otra, levantándolas una a una.

Se evitará que los materiales sean golpeados tanto durante la descarga como la manipulación, evitando dejarlos caer.

7. PUESTA EN OBRA

7.1 **Especificaciones Generales**

El montaje de placas sobre subestructura de aluminio lo ha de realizar personal especializado mediante elementos de fijación anticorrosibles.

La placa ya colocada no debe estar coaccionada en su plano.

7.1.1 *Sistema de fijación*

El sistema de fijación debe prever la dilatación de las placas y debe definirse de acuerdo a:

- Cargas de viento.
- Formato de las placas.

Las fijaciones de la subestructura al muro soporte deberán calcularse para resistir las tensiones transmitidas, para lo cual habrá que estudiar el estado y tipo de soporte, que permitirá la elección del anclaje adecuado.

7.1.2 *Ventilación*

Deberá tenerse en cuenta la existencia de una cámara continua de aire, de entre 3 y 10 cm de espesor, ventilada por convección natural.



ascendente detrás de las placas de 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 podrán contabilizarse las juntas entre paneles.

7.2 Montaje

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

- Replanteo.
- Colocación de escuadras.
- Colocación de montantes verticales.
- Colocación del aislante si procede.
- Colocación sucesiva de perfiles horizontales y placas (de abajo-arriba) y establecimiento de juntas.

7.2.1 Replanteo

Se replanteará la fachada comprobando la planimetría del soporte a revestir, verificando el plano para una buena elección del anclaje. Los ejes de los montantes verticales se colocarán a una distancia igual o menor de 904 mm.

Para las placas colocadas verticalmente los montantes verticales se colocarán en el eje vertical coincidiendo con los extremos de placa.

Las características del muro soporte, tanto en desplome como en planeidad, deberán cumplir las condiciones propuestas en las NTE, así como en las correspondientes normas y disposiciones vigentes.

7.2.2 Colocación de escuadras

En primer lugar se fijarán sobre el muro soporte correspondiente las escuadras separadoras mediante tacos mecánicos de fijación. La distancia en vertical dependerá del tipo, estado del soporte y de las cargas que tenga que transmitir al mismo, siendo siempre inferior a 150 cm.

7.2.3 Colocación de montantes verticales

Para placas de espesor 14 mm los montantes verticales se colocarán con una distancia entre ellos igual o menor de 904 mm.

Para placas de espesor 11 mm los montantes verticales se colocarán con una distancia entre ellos igual o menor de 610 mm.

La planeidad de los entramados de montantes de aluminio extruido debe quedar garantizada a través del adecuado sistema de anclaje, con objeto de asegurar que el sistema de revestimiento tenga buena planimetría.

Los montantes perfectamente alineados y aplomados quedarán fijados con agujeros fijos y colisos a las escuadras, de forma que garanticen el adecuado movimiento de la subestructura y buena planeidad.

La junta horizontal mínima entre montantes verticales será de 2 cm.

7.2.4 Colocación de 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 de perfiles y placas de hormigón polímero. Formación de juntas

7.2.5.1 Colocación de placas en horizontal (ver Figura 1)

Los perfiles guía horizontales se fijarán mediante tornillos autorroscantes a los montantes verticales asegurando planeidad y horizontalidad. La separación en vertical entre perfiles será acorde con la dimensión en altura de la placa, hasta 900 mm.

Para la instalación se procederá inicialmente a la colocación del primer perfil (perfil de arranque). La colocación de perfiles y placas se efectuará de abajo a arriba por filas horizontales sucesivas.

Las placas se colocarán por inserción de sus cantos horizontales inferiores ranurados en las alas de los perfiles guía, formando un anclaje continuo. El perfil nuevo que se deba fijar, se colocará sobre la hilera de placas anteriormente apoyadas sobre el perfil horizontal. La instalación debe realizarse insertando el nuevo perfil en la ranura horizontal superior de las placas. La inserción se realizará sin sobreesfuerzo, para no comprimir la pestaña del perfil, permitiendo y verificando el aseguramiento y buen posicionamiento de las placas.

Las placas de una misma fila por tanto se mantendrán entre dos perfiles horizontales, que se habrán insertado por sus alas alta y baja en las ranuras previstas en los cantos horizontales de las placas.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

A cada junta horizontal entre las filas de placas le corresponderá un perfil oculto o perfil guía definido por las Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4. La abertura de la junta horizontal será la que corresponda al perfil utilizado. Las placas de una misma fila se espaciarán entre sí para establecer la junta vertical, mediante el posicionamiento de los espaciadores definidos en el punto 3.2.6.

Los perfiles guía se fijarán a los montantes verticales en cada una de las intersecciones con los montantes mismos. La fijación se efectuará por medio de tornillos autorroscantes definidos en el punto 3.2.7. El empalme de los perfiles guía, a lo largo de la fachada, se realizará por alineación horizontal uno frente a otro. El empalme se realizará fijando cada perfil sobre el montante vertical y dejando una junta abierta de 8-11 mm.

Excepto justificación especial, el voladizo al final del perfil estará limitado a 15 cm.

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

7.2.5.2 Colocación de placas en vertical (ver Figura 2)

Los perfiles guía verticales se fijarán mediante tornillos autorroscantes a los montantes verticales asegurando planeidad y verticalidad, la distancia máxima entre ellos será 904 mm mientras que la separación en vertical entre perfiles soporte sistema vertical, será acorde con la dimensión en altura de la placa, hasta 1.800 mm.

La colocación de perfiles y placas se efectuará de abajo a arriba por filas horizontales sucesivas.

Para la instalación se procederá inicialmente a la colocación del primer perfil o perfil soporte sistema vertical (Figura 4.5).

Las placas, una vez apoyadas sobre el perfil soporte, se colocarán por inserción de sus cantos verticales ranurados en las alas de los perfiles guía verticales, formando un anclaje continuo. La inserción se realizará sin sobreesfuerzo, para no comprimir la pestaña del perfil, permitiendo y verificando el aseguramiento y buen posicionamiento de las placas.

Las placas por tanto se mantendrán entre dos perfiles-guía verticales, que se habrán insertado en las ranuras previstas en los cantos verticales

ranurados de las placas. Este proceso de inserción de los perfiles en las ranuras verticales de las placas se realizará hasta completar la fila entera.

El perfil de apoyo nuevo que se deba fijar, se colocará sobre la hilera de placas anteriormente colocadas, dejando una junta entre placas de 3-6 mm.

A cada junta vertical entre las filas de placas le corresponderá un perfil oculto o perfil guía definido por las Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4.

La fijación de todos los perfiles al montante se efectuará por medio de tornillos autorroscantes definidos en el punto 3.2.7.

Excepto justificación especial, el voladizo al final del perfil soporte sistema vertical, estará limitado a 15 cm.

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

8. MEMORIA DE CÁLCULO

El proyecto técnico de la fachada ventilada deberá incluir una memoria de cálculo que justifique el adecuado comportamiento del sistema frente a las acciones previstas.

8.1 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.

Para el cálculo del Sistema se considera que las placas de hormigón polímero deben soportar la carga del viento (presión/succión) y transmitirla, junto con su peso propio, a través de la subestructura y los anclajes al soporte. Las placas, fijaciones, subestructura y anclajes deben resistir los esfuerzos producidos por el viento, junto con su propio peso.

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 de Seguridad Estructural, debiendo emplearse los coeficientes eólicos de presión/succión recogidos en el Anejo D



dicho Documento Básico (tabla D.1), en función de la esbeltez del edificio y la posición de la placa, considerando como área de influencia la de la propia placa.

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

8.2 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 10.4.5, afectados de 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 2,5.

8.3 Hipótesis de cálculo

8.3.1 Sistema horizontal

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.

8.3.1.1 Configuración A (ver Esquema 1a)

Los cantos verticales de las placas coinciden con los perfiles verticales.

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 los puntos de fijación del perfil guía horizontal 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 en comparación con la de las placas, actúan principalmente como elementos de sustentación y retención en los puntos de fijación.
- Los puntos de fijación entre el perfil guía horizontal 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 la Figura 1a.

8.3.1.2 Configuración B (ver Esquema 1b)

Uno de los cantos verticales de la placa no coincide con el perfil vertical.

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 el perfil guía horizontal 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 la Figura 1b.

8.3.1.3 Configuración C (ver Esquema 1c)

Existe una placa central cuyos cantos verticales no coinciden con los perfiles verticales.

Se pueden considerar las siguientes hipótesis de cálculo:

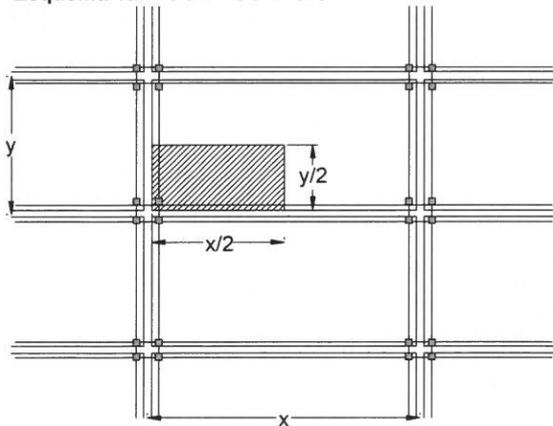
- El peso propio de la placa central se transmite a los perfiles verticales a través de los perfiles horizontales.



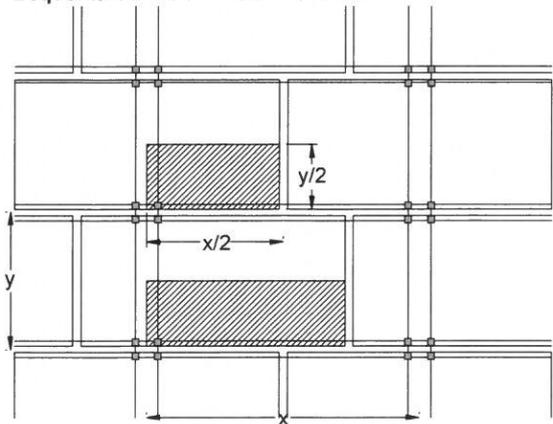
COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

- La acción de viento sobre la placa central se transmite por cortante a las placas adyacentes a través de los perfiles horizontales.
- Las placas cuyos cantos verticales coinciden directamente con 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 el perfil guía horizontal 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 la Figura 1c.

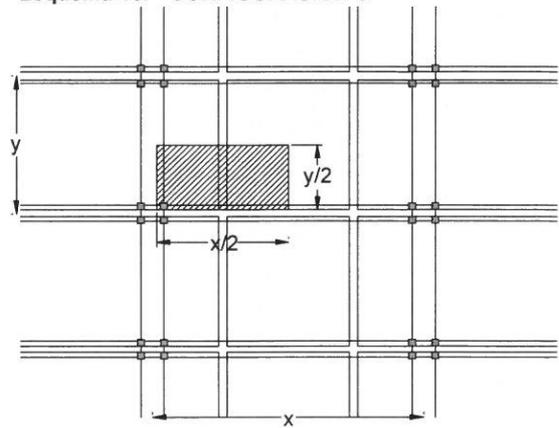
Esquema 1a. CONFIGURACIÓN A



Esquema 1b. CONFIGURACIÓN B



Esquema 1c. CONFIGURACIÓN C



8.3.2 Sistema vertical

Los cantos verticales de las placas, los perfiles guía verticales y los montantes verticales coinciden en la misma alineación vertical. La separación máxima entre ejes verticales será 904 mm.

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 los puntos de fijación del perfil guía vertical 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 de apoyo-sistema vertical, por su menor rigidez en comparación con la de las placas, actúan principalmente como elementos de sustentación y retención en los puntos de fijación.
- Los puntos de fijación entre el perfil guía vertical, el perfil soporte sistema vertical 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.

8.4 Perfiles verticales y sistemas de fijación entre perfiles

Los perfiles verticales trabajan a flexión, transmitiendo las cargas puntuales que reciben, a las escuadras.

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 deberá verificar 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.

9. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

La fabricación de placas en ULMA HORMIGÓN POLÍMERO e instalación se viene realizando desde el año 2003.

El fabricante suministra las siguientes referencias de obras:

- Edificio de viviendas Residencial La Cava, Logroño, 3.500 m² (2004).
- Clínica San Rafael, Benalmádena (Málaga), 6.255 m² (2005).
- Hospital General de Mahón, Menorca, 9.220 m² (2005).
- Edificio Ingeteam, Pamplona (Navarra), 1.136 m² (2006).
- Hotel Catalonia Pelayo, Barcelona, 1.687 m² (2006).
- Centro Tecnológico UPTC, Oñati, Gipuzkoa, 1.700 m² (2007).
- Edificio Torre Lúgano, Benidorm (Alicante), 4.590 m² (2007).
- Centro de Salud de La Mejostilla, Cáceres, 750 m² (2008).
- Hacienda Sabadell, Barcelona, 900 m² (2008).
- Rehabilitación Ronda de los Tejares, Córdoba, 1.390 m² (2008).
- Residencia Tercera Edad Hermanos Maristas, Cartagena, 5.500 m² (2008).
- Centro Salud en La Laguna, Canarias, 1.475 m² (2009).
- Centro Cívico Lakuabizkarra, Vitoria, 1.800 m² (2009).
- Viviendas Les Escolles en Terrassa, Barcelona, 5.570 m² (2009).

El IETcc ha realizado diversas visitas a algunas de las obras, así como una encuesta a los usuarios, todo ello con resultado satisfactorio.

10. ENSAYOS

Los siguientes ensayos se han realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) (Informes n.ºs 18.586-1, 18.586-4 y 18.841-1), de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 10545 y otras procedentes de la UEAtc.

10.1 Ensayos de identificación de las placas

10.1.1 Geométricos

A. Placas Serie 11

Se indican los valores máximos, mínimos y medios en las distintas mediciones realizadas a 5 placas de 600 × 400 × 11 mm de dimensiones nominales.

– Longitud:	Valor máximo	L = 600,0 mm
	Valor mínimo	L = 600,0 mm
	Valor medio	L = 600,0 mm
– Anchura:	Valor máximo	a = 400,0 mm
	Valor mínimo	a = 400,0 mm
	Valor medio	a = 400,0 mm
– Espesor:	Valor máximo	e = 13,20 mm
	Valor mínimo	e = 11,00 mm
	Valor medio	e = 12,34 mm
– Rectitud de bordes:	Valor máximo	R = 0,10%
	Valor mínimo	R = 0,00%
	Valor medio	R = 0,01%
– Descuadre:	Valor máximo anchura:	d = 400,0 mm
	Valor mínimo longitud	d = 600,0 mm

Todos los resultados obtenidos entran dentro de las tolerancias definidas por el fabricante.

B. Placas Serie 14

Se indican los valores máximos, mínimos y medios en las distintas mediciones realizadas a 5 placas de 600 × 400 × 14 mm de dimensiones nominales.

– Longitud:	Valor máximo	L = 600,0 mm
	Valor mínimo	L = 600,0 mm
	Valor medio	L = 600,0 mm
– Anchura:	Valor máximo	a = 400,0 mm
	Valor mínimo	a = 400,0 mm
	Valor medio	a = 400,0 mm



VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

– Espesor:	Valor máximo	$e = 15,70 \text{ mm}$
	Valor mínimo	$e = 14,20 \text{ mm}$
	Valor medio	$e = 15,22 \text{ mm}$
– Rectitud de bordes:	Valor máximo	$R = 0,10\%$
	Valor mínimo	$R = 0,00\%$
	Valor medio	$R = 0,02\%$
– Descuadre:	Valor máximo anchura	$d = 400,0 \text{ mm}$
	Valor mínimo longitud	$d = 600,0 \text{ mm}$

Todos los resultados obtenidos entran dentro de las tolerancias definidas por el fabricante.

10.1.2 Densidad aparente

Según la Norma UNE-EN ISO 10545-3:1997 se ha obtenido, para las placas Serie 11:

$$D_{ap} = 2,319 \text{ kg/dm}^3.$$

10.1.3 Absorción de agua

Según la Norma UNE-EN ISO 10545-3:1997 el valor medio de absorción de agua para las placas Serie 11 es:

$$W = 0,0905\%$$

10.2 Características mecánicas

10.2.1 Ensayo a flexión del hormigón polímero

Ensayos realizados de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 178:2003/A1:2005.

Se han ensayado 3 probetas prismáticas de sección cuadrada de $15 \times 15 \times 200 \text{ mm}$ de hormigón polímero, a las que se ha aplicado una carga a velocidad de deformación constante en el centro de la placa. La luz entre apoyos ha sido de 160 mm .

Los valores de tensiones de rotura obtenidos han sido:

$$\text{Tensión de rotura máxima: } \sigma_{m\acute{a}x} = 36,22 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura mínima: } \sigma_{m\acute{i}n} = 28,20 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura media: } \sigma_{m\acute{e}d\acute{o}} = 32,34 \text{ MPa}$$

10.2.2 Ensayo a flexión de las placas

Ensayos realizados de acuerdo a la norma UNE-EN-ISO 10545-4:1997.

El ensayo se ha realizado sobre 6 placas de cada serie, aplicando una carga en el centro de la placa a una velocidad de deformación constante de $6,00 \text{ mm/min}$.

A. Por una luz entre apoyos de 560 mm , los valores de tensiones de rotura obtenidos han sido:

A.1) *Placa Serie 11 de $600 \times 400 \times 11 \text{ mm}$ de dimensiones nominales:*

$$\text{Tensión de rotura máxima: } \sigma_{m\acute{a}x} = 20,25 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura mínima: } \sigma_{m\acute{i}n} = 16,00 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura media: } \sigma_{m\acute{e}d\acute{o}} = 18,41 \text{ MPa}$$

$$\text{Presión uniforme de viento}^{(3)}: P_v = 1.017 \text{ kp/m}^2 \text{ (0,0099 MPa)}$$

A.2) *Placa Serie 14 de $600 \times 400 \times 14 \text{ mm}$ de dimensiones nominales:*

$$\text{Tensión de rotura máxima: } \sigma_{m\acute{a}x} = 22,77 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura mínima: } \sigma_{m\acute{i}n} = 17,37 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura media: } \sigma_{m\acute{e}d\acute{o}} = 20,19 \text{ MPa}$$

$$\text{Presión uniforme de viento}^{(3)}: P_v = 1.615 \text{ kp/m}^2 \text{ (0,0158 MPa)}$$

B. Por una luz entre apoyos de 880 mm , los valores de tensiones de rotura obtenidos han sido:

Placa Serie 14 de $900 \times 500 \times 14 \text{ mm}$ de dimensiones nominales:

$$\text{Tensión de rotura máxima: } \sigma_{m\acute{a}x} = 23,49 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura mínima: } \sigma_{m\acute{i}n} = 17,68 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura media: } \sigma_{m\acute{e}d\acute{o}} = 21,28 \text{ MPa}$$

$$\text{Presión uniforme de viento}^{(3)}: P_v = 607,29 \text{ kp/m}^2 \text{ (0,0059 MPa)}$$

10.3 Durabilidad

Se determina para cada ensayo de durabilidad, la carga de rotura y la tensión de rotura para 6 placas, de acuerdo a lo definido en el apartado 10.2, una vez se haya realizado el ensayo de envejecimiento acelerado.

10.3.1 Estufa a $80 \text{ }^\circ\text{C}$

A. *Placa Serie 11 a 28 días:*

$$\text{Tensión de rotura máxima: } \sigma_{m\acute{a}x} = 26,71 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura mínima: } \sigma_{m\acute{i}n} = 19,21 \text{ MPa}$$

$$\text{Tensión de rotura media: } \sigma_{m\acute{e}d\acute{o}} = 22,96 \text{ MPa}$$

$$\text{Presión uniforme de viento}^{(3)}: P_v = 1.207 \text{ kp/m}^2 \text{ (0,0118 MPa)}$$

⁽³⁾ Presión uniforme de viento correspondiente a la tensión de rotura mínima.



B. *Placa Serie 11 a 56 días:*

Tensión de rotura máxima: $\sigma_{\text{máx}} = 28,22 \text{ MPa}$
 Tensión de rotura mínima: $\sigma_{\text{mín}} = 20,31 \text{ MPa}$
 Tensión de rotura media: $\sigma_{\text{medio}} = 24,14 \text{ MPa}$
 Presión uniforme de viento⁽³⁾: $P_v = 1.261 \text{ kp/m}^2$
 (0,0123 MPa)

10.3.2 *Saturación y secado*

Se someten las placas de la serie 11 a inmersión y secado. Los resultados de tensión de rotura y carga de rotura son:

Tensión de rotura máxima: $\sigma_{\text{máx}} = 17,65 \text{ MPa}$
 Tensión de rotura mínima: $\sigma_{\text{mín}} = 13,45 \text{ MPa}$
 Tensión de rotura media: $\sigma_{\text{medio}} = 14,91 \text{ MPa}$
 Presión uniforme de viento⁽³⁾: $P_v = 830 \text{ kp/m}^2$
 (0,0081 MPa)

10.3.3 *Hielo-Deshielo*

Después del envejecimiento no se produjeron roturas en ninguna de las ranuras o hendiduras de las placas ensayadas.

Las tensiones de rotura y carga de rotura obtenidas después de 50 ciclos para las placas de la serie 11 son:

Tensión de rotura máxima: $\sigma_{\text{máx}} = 19,26 \text{ MPa}$
 Tensión de rotura mínima: $\sigma_{\text{mín}} = 14,22 \text{ MPa}$
 Tensión de rotura media: $\sigma_{\text{medio}} = 16,61 \text{ MPa}$
 Presión uniforme de viento⁽³⁾: $P_v = 901 \text{ kp/m}^2$
 (0,0088 MPa)

10.4 **Ensayo de aptitud de empleo del Sistema**

10.4.1 *Ensayo de choque de cuerpo duro*

Se obtuvieron los siguientes resultados:

A. Separación entre montantes 610 mm

A.1) *Placa Serie 11. Separación entre perfiles horizontales de 900 mm:*

Energía de impacto	Resultado
1 Julios	Sin daño
3 Julios	Sin daño
10 Julios	Sin daño

⁽³⁾ Presión uniforme de viento correspondiente a la tensión de rotura mínima.

A.2) *Placa Serie 14:*

A.2-1) *Separación entre perfiles horizontales de 600 mm:*

Energía de impacto	Resultado
1 Julios	Sin daño
3 Julios	Sin daño
10 Julios	Sin daño

A.2-2) *Separación entre perfiles horizontales de 900 mm:*

Energía de impacto	Resultado
1 Julios	Sin daño
3 Julios	Sin daño
10 Julios	Sin daño

B. Separación entre montantes 904 mm

B.1) *Separación entre perfiles horizontales de 900 mm:*

Energía de impacto	Resultado
1 Julios	Sin daño
3 Julios	Sin daño
10 Julios	Sin daño

10.4.2 *Ensayo de choque de cuerpo blando*

A. Separación entre montantes 610 mm

A.1) *Placa Serie 11:*

A.1-1) *Separación entre perfiles horizontales de 600 mm:*

Energía de impacto	Resultado
10 Julios	Sin daño
60 Julios	Sin daño
300 Julios	Sin daño
400 Julios	Rotura sin desprendimiento

A.1-2) *Separación entre perfiles horizontales de 900 mm:*

Energía de impacto	Resultado
10 Julios	Sin daño
60 Julios	Sin daño
200 Julios	Fisura sin caída ni daño aparente sobre la subestructura de aluminio
300 Julios	Rotura sin desprendimiento



A.1-3) Separación entre perfiles horizontales de 900 mm con un refuerzo a media altura:

Energía de impacto	Resultado
10 julios	Sin daño
60 julios	Sin daño
300 julios	Sin daño
400 julios	Rotura sin desprendimiento

A.2) Placa Serie 14:

A.2-1) Separación entre perfiles horizontales de 600 mm:

Energía de impacto	Resultado
10 julios	Sin daño
60 julios	Sin daño
300 julios	Sin daño
400 julios	Rotura sin desprendimiento

A.2-2) Separación entre perfiles horizontales de 900 mm:

Energía de impacto	Resultado
10 julios	Sin daño
60 julios	Sin daño
300 julios	Sin daño
400 julios	Rotura sin desprendimiento

B. Separación entre montantes 904 mm

B.1) Separación entre perfiles horizontales de 900 mm:

Energía de impacto	Resultado
10 julios	Sin daño
60 julios	Sin daño
300 julios	Sin daño
400 julios	Rotura sin desprendimiento

10.4.3 Ensayo de choque térmico calor-lluvia

Se verifica después de los 50 ciclos de choque térmico, no se aprecia ningún defecto aparente en las placas ni deformaciones permanentes en los anclajes o perfiles de la subestructura.

10.4.4 Ensayos a la subestructura. Perfil vertical

A. Montante vertical TUBO

Al ser el perfil totalmente simétrico el resultado es válido tanto para presión como para succión de viento.

Para realizar el ensayo se toma un perfil de aluminio de una longitud de 2,0 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 2,95 kN; equivalente, para una separación entre montantes de 0,9 m y una separación entre apoyos de 1,5 m, a 593 kp/m² (0,0058 MPa).

B. Montante vertical T 40 × 60 mm

Para realizar el ensayo se toma un perfil de aluminio biapoyado con una longitud de cálculo de 1,4 m, aplicando una carga en su sección central.

B.1) Resistencia a la presión de viento

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; equivalente, para una separación entre montantes de 0,9 m y una separación entre apoyos de 1 m, a 633 kp/m² (0,0062 MPa).

B.2) Resistencia a la succión de viento

Actuando según la succión del viento, y obtenida su curva carga-deformación, se verifica que el perfil, trabajando elásticamente, soporta una carga de 0,85 kN; equivalente, para una separación entre montantes de 0,9 m y una separación entre apoyos de 1 m, a 269 kp/m² (0,0026 MPa).

C. Montante vertical T 100 × 60 mm

Para realizar el ensayo se toma un perfil de aluminio biapoyado con una longitud de cálculo de 1,5 m, aplicando una carga en su sección central.

C.1) Resistencia a la presión de viento

Actuando según el empuje del viento, y obtenida su curva carga-deformación, se verifica que el perfil, trabajando elásticamente, soporta una



carga de 2,10 kN; equivalente, para una separación entre montantes de 0,9 m y una separación entre apoyos de 1 m, a 700 kp/m² (0,0070 MPa).

C.2) Resistencia a la succión de viento

Actuando según la succión del viento, y obtenida su curva carga-deformación, se verifica que el perfil, trabajando elásticamente, soporta una carga de 1,00 kN; equivalente, para una separación entre montantes de 0,9 m y una separación entre apoyos de 1 m, a 340 kp/m² (0,0034 MPa).

10.4.5 Ensayos a presión-succión de los puntos de fijación. Perfiles guía

A. Placas Serie 11

La finalización del ensayo se produce por rotura de las placas, obteniéndose una carga de rotura de 2,9 kN (0,725 kN por apoyo), equivalente a una presión-succión uniforme de viento de 1.225 kp/m² (0,0122 MPa).

B. Placas Serie 14

La finalización del ensayo se produce por rotura de las placas, obteniéndose una carga de rotura de 3,56 kN (0,89 kN por apoyo), equivalente a una presión-succión uniforme de viento de 791 kp/m² (0,0008 MPa).

10.4.6 Ensayo de resistencia a la carga vertical

Transcurridas 24 horas se observa que el sistema no adquiere deformaciones apreciables.

10.4.7 Ensayo de reacción al fuego

Ensayo realizado en el CIDEMCO, Centro de Investigación Tecnológica, con número de informe 15964-2, con fecha 24 de abril de 2007.

El ensayo ha sido realizado conforme a las normas UNE-EN 13823: 2002 y UNE-EN ISO 11925-2:2002. La clasificación de reacción al fuego obtenida según UNE-EN 13501-1:2000:

B-S2,d0.

10.5 Ensayos de durabilidad del sistema

10.5.1 Ensayo de fatiga a succión

Completado el ensayo de fatiga se realiza el ensayo estático tipo inicial a succión de viento.

Realizando el ensayo sobre tres muestras de la Serie de 11 mm se obtuvo un valor medio de carga de rotura de 4,09 kN, equivalente a una presión uniforme de viento de 1.705 kp/m² (0,017 MPa).

Al igual que en el ensayo 10.4.5, la rotura se produjo en el ranurado de la placa.

10.5.2 Ensayos de durabilidad del color

A título informativo se ha realizado este estudio, en el que se ha utilizado un espectrofotómetro Minolta portátil CM-2500d, con procesador de datos que permite obtener medidas con distintos iluminantes y ángulos de observación.

Para evaluación de la durabilidad del color se tomaron dos series de muestras de los colores más representativos del sistema objeto de estudio. Una serie de muestras se tomó como referencia de medida y a la segunda se le sometió a ciclos de envejecimiento por rayos Ultravioleta con ciclos de 6 horas de duración en los cuales se produce pulverización de agua durante 1 hora y secado durante las otras 5, con radiación ultravioleta constante durante todo el ciclo, por un período de 2.000 horas, conforme al Technical Report n.º 10 Exposure procedure for artificial weathering de la EOTA y a la norma ISO 4892 / 1 / 3.

Al finalizar el período de exposición se realizaron las siguientes mediciones:

Muestra	L*		
	Inicial	2000 h UV	Dif. (%)
GRIS ARGENT	57,4	58,3	-0,9
GREGE	75,2	75,6	-0,5
OCRE ROJO	52,4	54,4	-2,0
IVOIRE	85,8	85,7	0,1
NEGRO	32,1	32,9	-0,8

L* representa la medida de la luminosidad de un color.

No se han observado diferencias o cualquier otro defecto por apreciación visual.

11. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

11.1 Cumplimiento de la reglamentación nacional

11.1.1 SE - Seguridad estructural

El Sistema ULMA de revestimiento de fachadas ventiladas no contribuye a la estabilidad de la edificación.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

El cerramiento posterior, soporte del revestimiento de placas, debe cumplir con la normativa correspondiente a los requisitos esenciales de seguridad estructural que le sean propios, debiendo considerarse las acciones y solicitaciones que correspondan a la incorporación de la fachada ventilada.

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

11.1.2 SI - Seguridad en caso de incendio

La solución completa de cerramiento debe ser conforme con el CTE-DB-SI, relativo a Seguridad frente a Incendios, 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 con los ensayos de reacción al fuego presentados, según normas UNE-EN 13823:2002 y UNE-EN ISO 11925-2:2002, el material cumple el requisito exigido en CTE-DB-SI relativo a propagación exterior (SI 2, punto 1.4), para los materiales de revestimiento exterior de fachada y de las superficies interiores de las cámaras ventiladas de fachada. El material de revestimiento tiene una clasificación de reacción al fuego B-s2 d0, conforme con lo exigido por el CTE.

11.1.3 SU - Seguridad de utilización

De los resultados de los ensayos resistencia al choque de cuerpo duro y resistencia al choque de cuerpo blando, se deduce el correcto funcionamiento del sistema en lo relativo a seguridad de utilización.

En las zonas próximas al nivel del suelo, fácilmente accesibles y sujetas a uso normal, para las placas de 11 mm de espesor y con una separación entre perfiles horizontales de 900 mm, es necesario reforzar la placa con un apoyo intermedio según se describe en el ensayo 10.4.2, apartado A 3-3.

11.1.4 HS - Salubridad

El muro soporte, del sistema de fachada ventilada, así como los puntos singulares deben garantizar el grado de impermeabilidad mínimo exigido para el edificio al que se incorpore, según se describe en el CTE-DB-HS, relativo a

Salubridad con objeto de satisfacer el requisito básico de protección frente a la humedad (HS-1).

A partir de la definición del Sistema que figura en el Informe Técnico, en función del grado de impermeabilidad exigido, se podrá incrementar la ventilación de la cámara de aire según se describe en el CTE-DB-HS (HS-1, punto 2.3).

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 la sección HE-1 (Limitación de la demanda energética) del CTE-DB-HE (HE-1, punto 3.2.3).

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

11.1.5 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

11.1.6 HE - Ahorro energético

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

El Sistema, tal y como queda descrito en el Informe Técnico, a efectos de cálculo de la transmitancia térmica, según se describe en el Apéndice E del CTE-DB-HE, la cámara de aire 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 (HE-1, Apéndice E).



11.2 Utilización del producto. Puesta en obra y limitaciones de uso

11.2.1 Puesta en obra

Previamente a la instalación del Sistema, se deberá verificar el tipo y estado del soporte para la definición del tipo y número de anclajes.

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 en el punto 6 del Informe Técnico para la manipulación de las placas. Además, a la hora de manipular las mismas se deberán utilizar guantes de protección.

11.2.2 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.

11.3 Gestión de residuos

El CTE no especifica exigencias relativas a la gestión de residuos, no obstante, para los residuos producidos durante los procesos de fabricación y puesta en obra del sistema, y en particular de adhesivos y productos de aislamiento e impermeabilización, se seguirán las instrucciones dadas por el fabricante de los mismos de acuerdo a la normativa vigente para cada producto.

A efectos de gestión de residuos, las placas de hormigón polímero, de la empresa ULMA Hormigón Polímero S. Coop., tendrán la consideración de "residuo inerte". Se deberá prever el reciclaje del aluminio de la perfilería, ya sea para las piezas rechazadas durante la puesta en obra, como en caso de desmontaje del sistema de fachada ventilada.

11.4 Mantenimiento y 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 según lo descrito en el presente documento, esté sometida a un adecuado uso y mantenimiento, conforme a lo establecido en el CTE.

Para la limpieza de las placas se seguirán las recomendaciones del fabricante de las mismas.

11.5 Aspectos relativos a la apariencia y a la estética

Los resultados de resistencia a la radiación ultravioleta permiten estimar que la estabilidad del color es satisfactoria.

12. CONCLUSIONES

Verificándose que en el proceso de fabricación de las placas y de los perfiles del grupo ULMA Hormigón Polímero S. Coop, 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.

Verificándose además que la puesta en obra está suficientemente contrastada por la práctica y los resultados de los ensayos efectuados, se estima favorablemente, con las observaciones de la Comisión de Expertos en este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el solicitante.

LOS PONENTES:

Tomás Amat Rueda, Francesca Aulicino,
Dr. Ing. de Caminos, C. y P. Arquitecto



COLEGIADO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: V/1/17/00092

Fecha: 15/03/2017

13. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS

Las principales observaciones formuladas por las Comisiones de Expertos en reuniones celebradas el día 14 de diciembre de 2005⁽⁴⁾ y el día 28 de septiembre de 2010⁽⁵⁾, en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, fueron las siguientes:

- 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.
- Todos los elementos metálicos que se incorporen al Sistema, no deberán originar problemas de corrosión.
- Las juntas de dilatación del edificio se tendrán en cuenta en relación con las juntas del revestimiento.
- Dado que los perfiles no son continuos, se debe extremar la nivelación de los tramos.

- Se debe tener en cuenta que las placas de colores oscuros son más sensibles a la radiación solar, por lo que para aquellos paramentos situados en zonas de altas temperaturas y expuestos a la radiación solar se debe valorar con cuidado la elección del color. En todo caso, ULMA aconsejará la idoneidad del color elegido.
- Se aconseja que ULMA, Hormigón Polímero S. Coop., asesore en el diseño y ejecución de huecos y puntos singulares.
- Se recuerda que los sistemas de revestimiento de fachada ventilada 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.

⁽⁴⁾ La Comisión de Expertos estuvo formada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

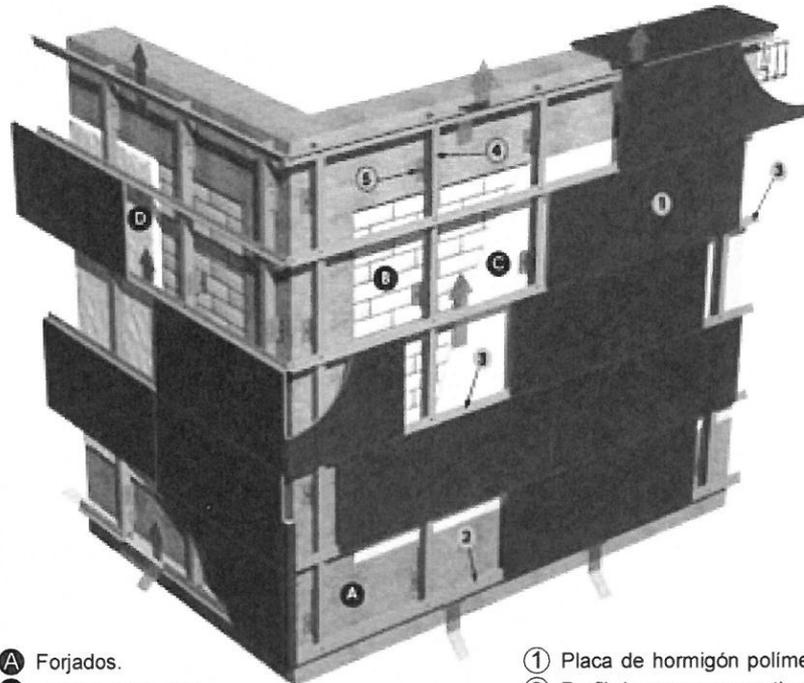
- Acciona Infraestructuras.
- Bureau Veritas (BVE).
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE).
- Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (EUATM).
- Instituto Técnico de Inspección y Control, S.A. (INTEINCO, S.A.).
- Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC).
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- Ministerio de la Vivienda.
- Qualibérica.
- Sociedad Española para el Control Técnico en la Construcción, S.A. (SECOTEC, S.A.).
- Universidad Politécnica de Madrid. (UPM).
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

⁽⁵⁾ La Comisión de Expertos estuvo formada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- Acciona Infraestructuras.
- Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España. (CSCAE).
- Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid (EUATM).
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- Universidad Politécnica de Madrid. (UPM).
- FCC Construcción, S.A.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).



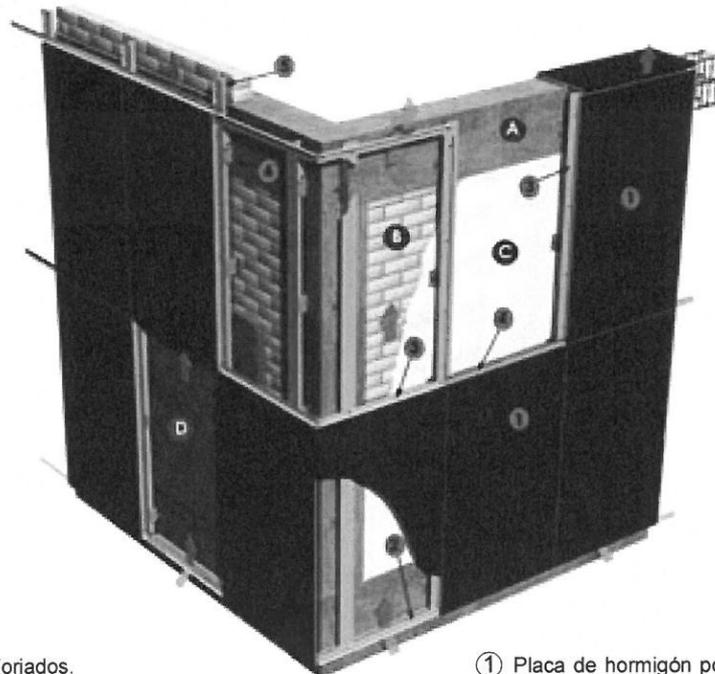
Figura 1. PERSPECTIVA DEL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA PARA PLACAS COLOCADAS HORIZONTALMENTE.



- Ⓐ Forjados.
- Ⓑ Cerramiento base.
- Ⓒ Enfoscado hidrófugo.
- Ⓓ Aislamiento térmico.

- ① Placa de hormigón polímero
- ② Perfil de arranque continuo.
- ③ Perfil guía continuo.
- ④ Montante vertical.
- ⑤ Escuadras de sujeción de montantes.

Figura 2. PERSPECTIVA DEL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA PARA PLACAS COLOCADAS VERTICALMENTE.

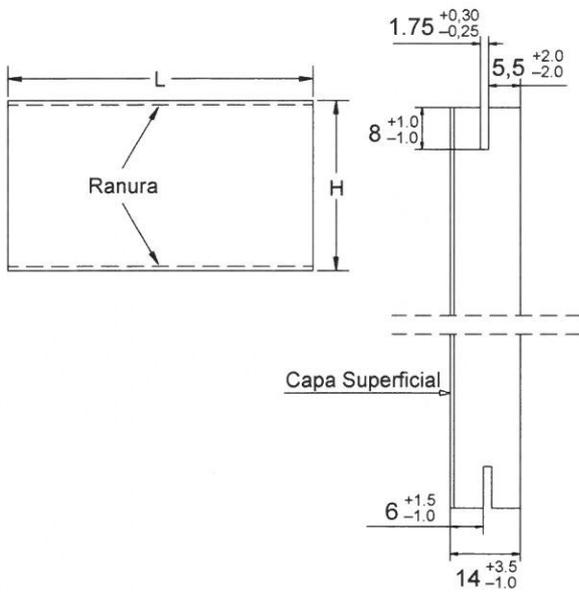


- Ⓐ Forjados.
- Ⓑ Cerramiento base.
- Ⓒ Enfoscado hidrófugo.
- Ⓓ Aislamiento térmico.

- ① Placa de hormigón polímero
- ② Perfil de arranque continuo.
- ③ Perfil guía continuo.
- ④ Perfil soporte sistema vertical.
- ⑤ Montante vertical.
- ⑥ Escuadras de sujeción de montantes.

Figura 3. PLACAS CON RANURADO.

PLACAS SERIE 14



PLACAS SERIE 11

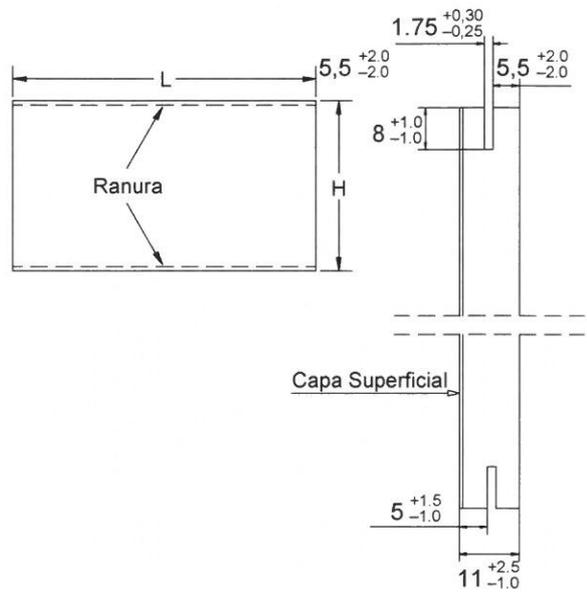
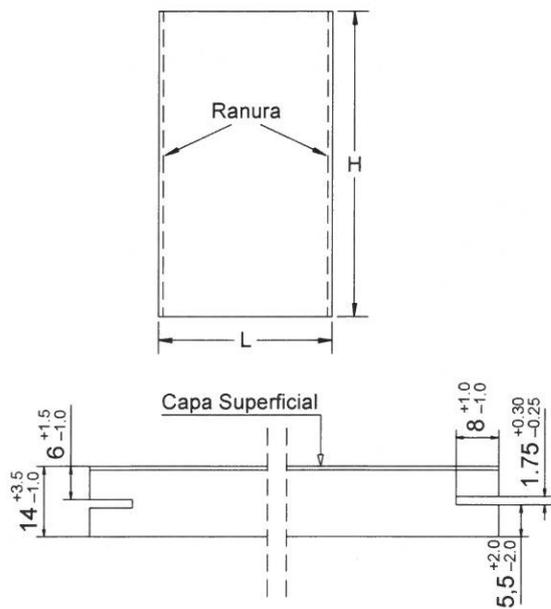


Figura 3.1. Placas con ranurado horizontal.

PLACAS SERIE 14



PLACAS SERIE 11

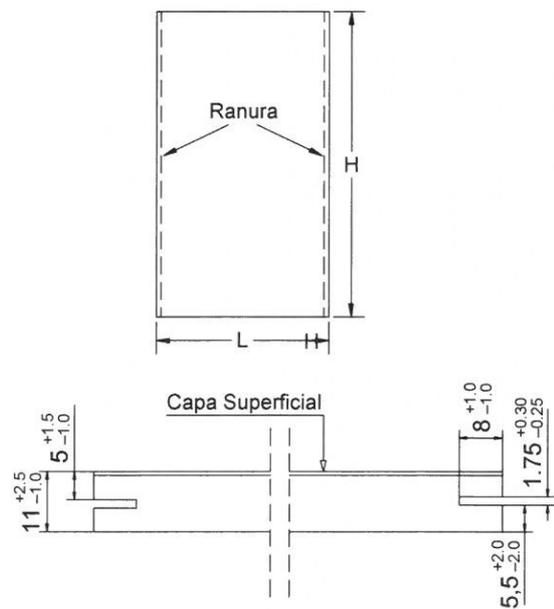


Figura 3.2. Placas con ranurado vertical.



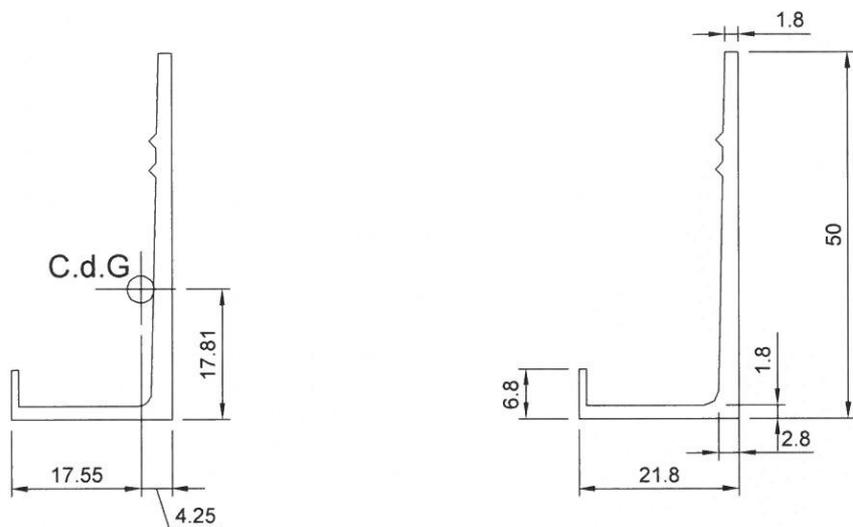
COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

23 VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

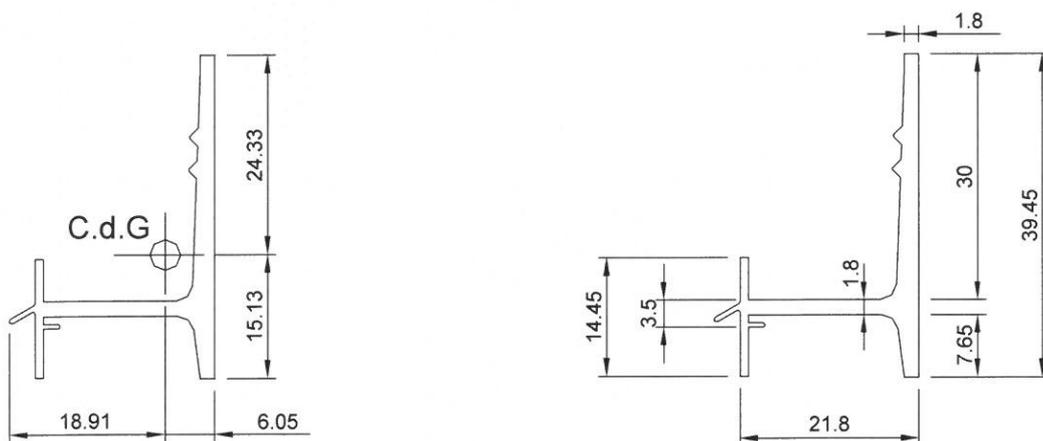
Fecha: 15/03/2017

Figura 4. PERFILERÍA
(Entre otras se definen las más representativas).



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil arranque	3.600	158	427	3,87	0,58	15,64	6,07	4,25	17,81

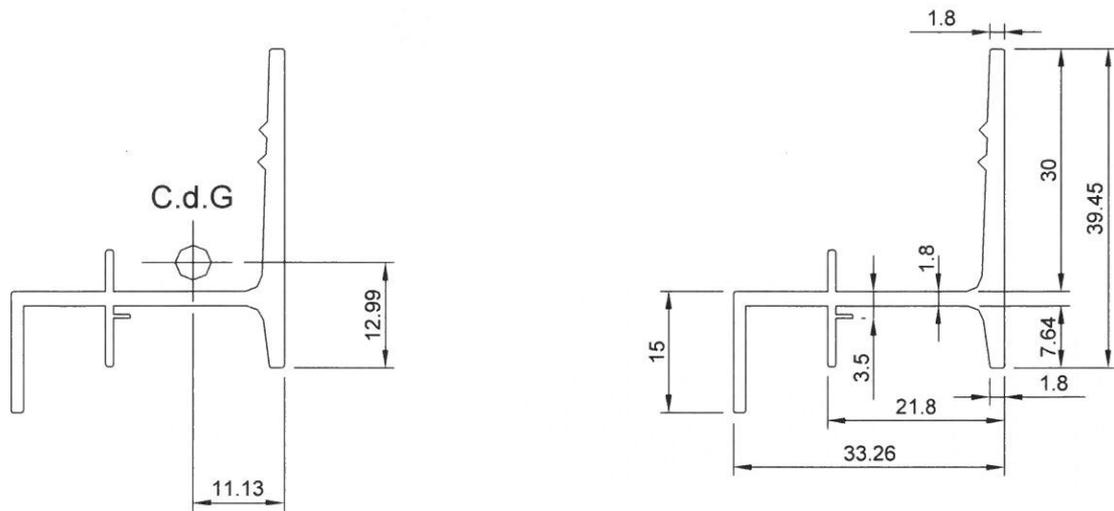
Figura 4.1. Perfil de arranque.



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil guía junta 3,5 mm	3.600	145	392	1,51	0,84	10,22	7,60	6,05	15,13

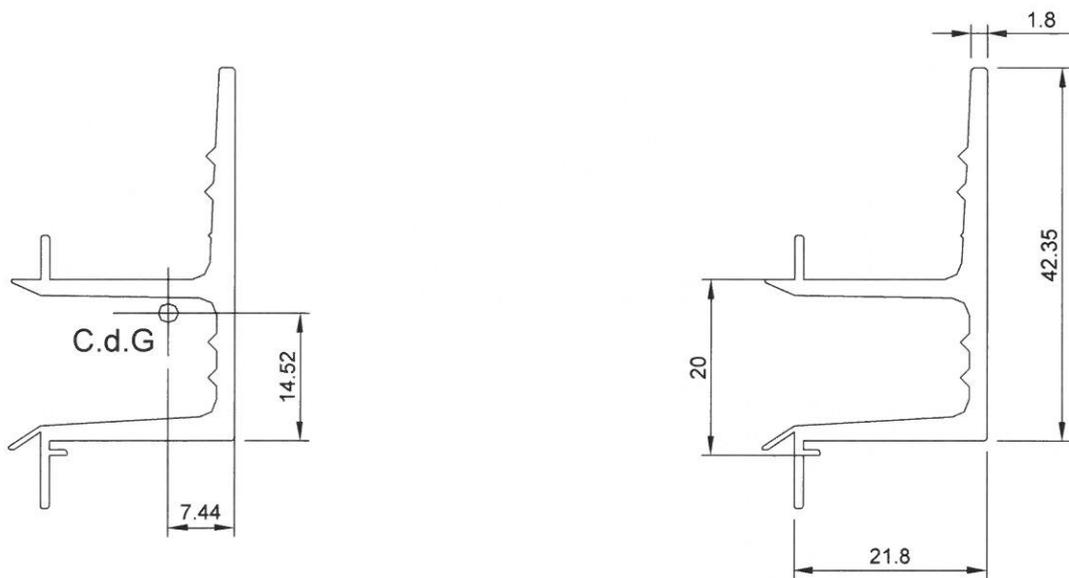
Figura 4.2. Perfil guía junta 3,5 mm.





TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil guía junta 15 mm	3.600	183	495	1,94	2,66	10,29	12,06	11,13	12,99

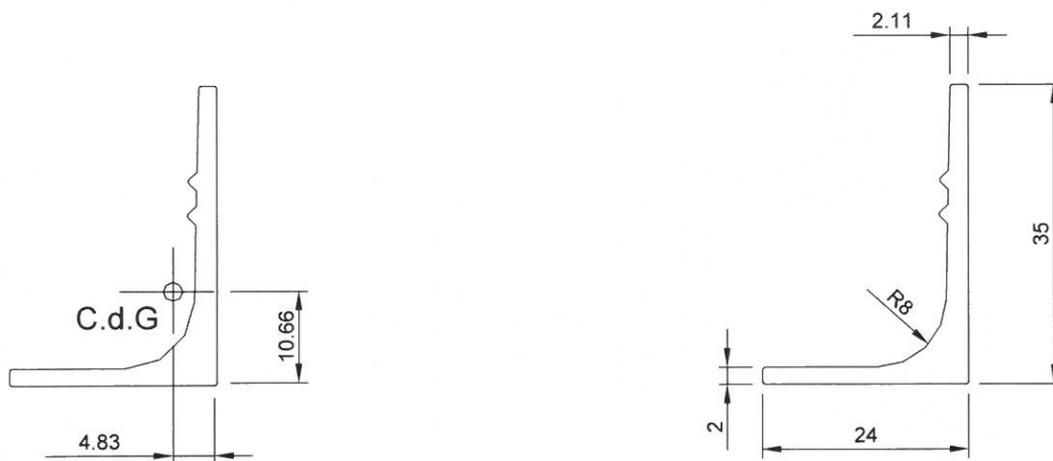
Figura 4.3. Perfil guía junta 15 mm.



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil guía junta 20 mm	3.600	204	551	3,00	1,20	12,13	7,69	7,44	14,52

Figura 4.4. Perfil guía junta 20 mm.

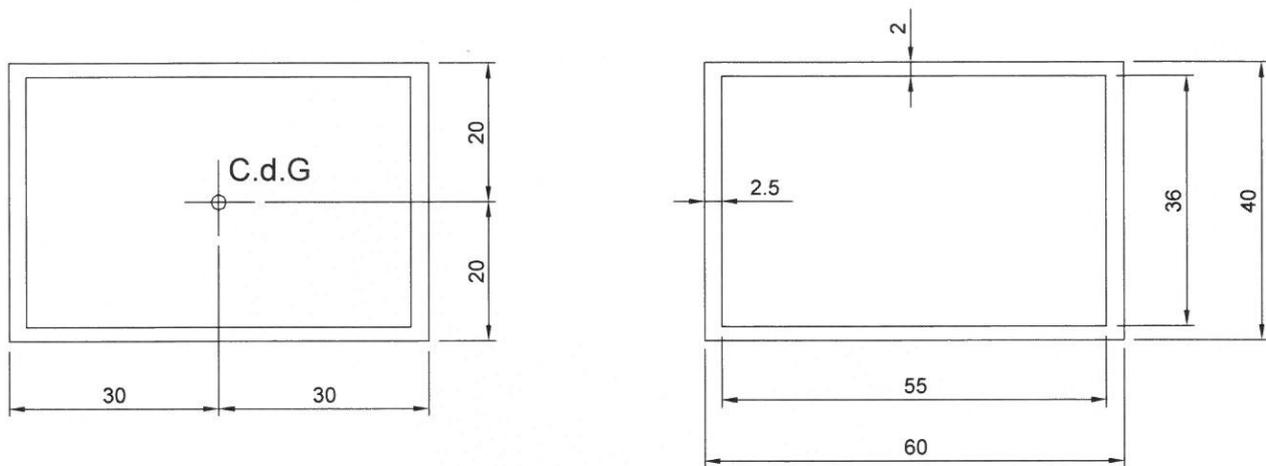




TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Perfil soporte sistema vertical	3.600	144	390	1,67	0,58	10,77	6,37	5,13	10,96

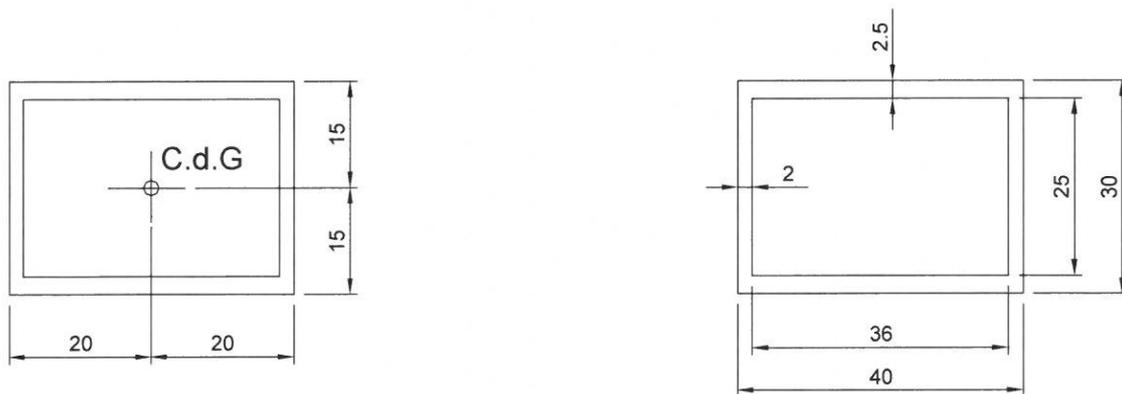
Figura 4.5. Perfil soporte sistema vertical.

Figura 5. MONTANTE VERTICAL
(Entre otras se definen las más representativas).



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Montante vertical Tubo_60 x 40	6.000	420	1.134	10,61	22,08	15,80	22,90	30,00	20,00

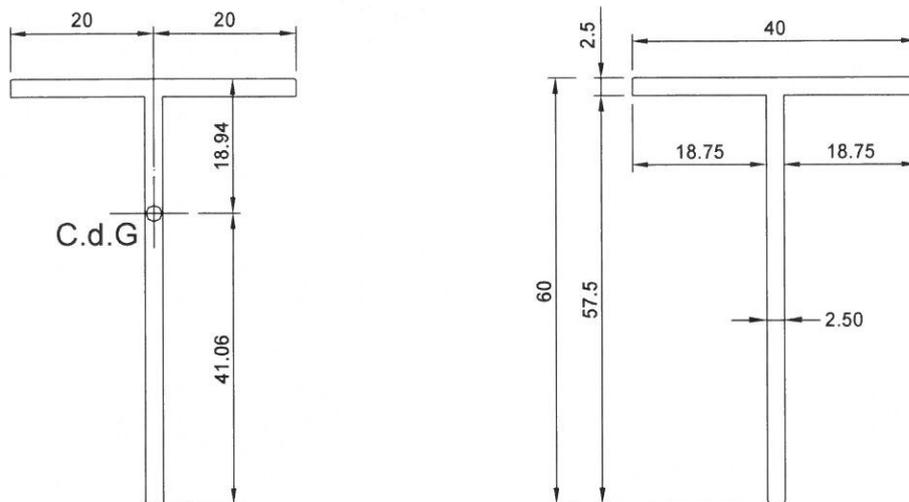
Figura 5.1. Montante vertical Tubo 60 x 40.



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Montante vertical Tubo_30 x 40	6.000	300	810	4,31	6,28	11,98	14,46	20,00	15,00

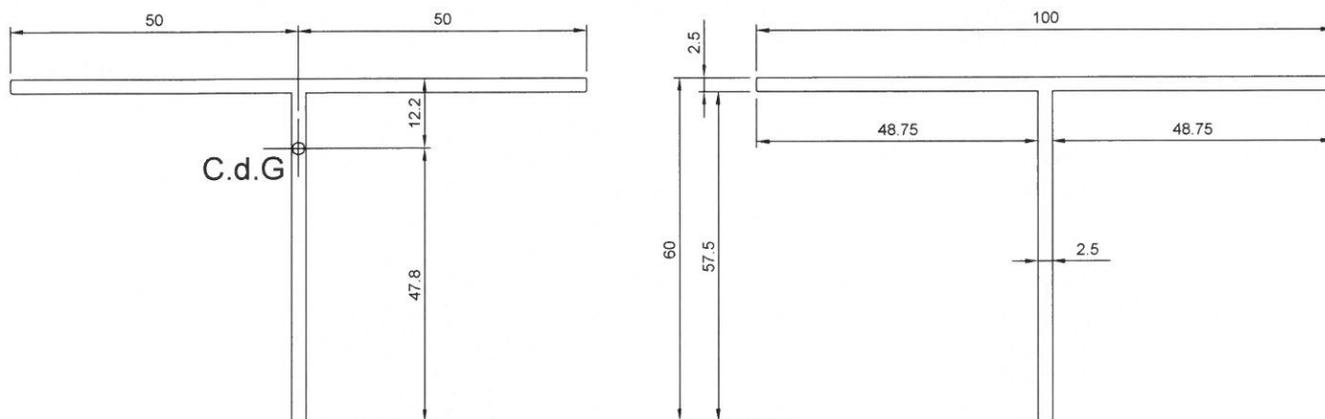
Figura 5.2. Montante vertical Tubo 30 x 40.





TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Montante vertical T ₄₀ × 60	6.000	244	658	9,28	1,34	19,50	7,41	20,00	41,06

Figura 5.3. Montante vertical T 40 × 60.



TIPO	Longitud (mm)	Sección (mm ²)	Peso (g/m)	I_{xc} (cm ⁴)	I_{yc} (cm ⁴)	i_x (mm)	i_y (mm)	x_c (mm)	y_c (mm)
Montante vertical T ₁₀₀ × 60	6.000	394	1.063	12,18	20,82	17,59	23,00	50,00	47,80

Figura 5.4. Montante vertical T 100 × 60.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

Figura 6. ESCUADRAS TIPO
(Entre otras se definen las más representativas).

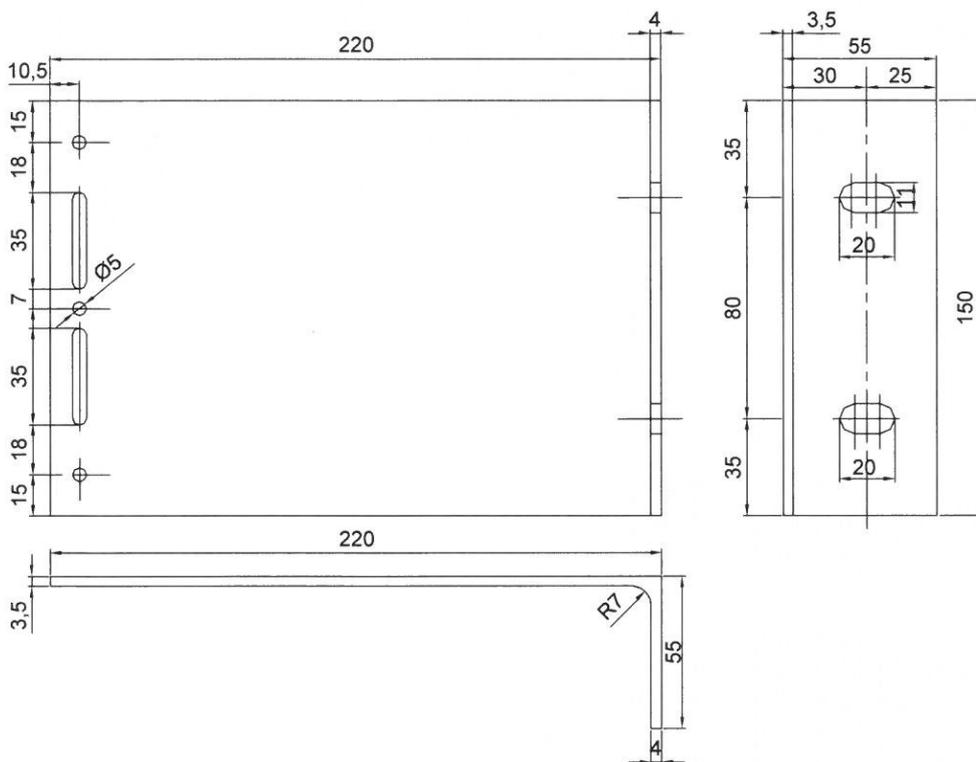


Figura 6.1. Anclaje tipo L55/150 x 220 (espesor anclaje 3,5-4 mm).

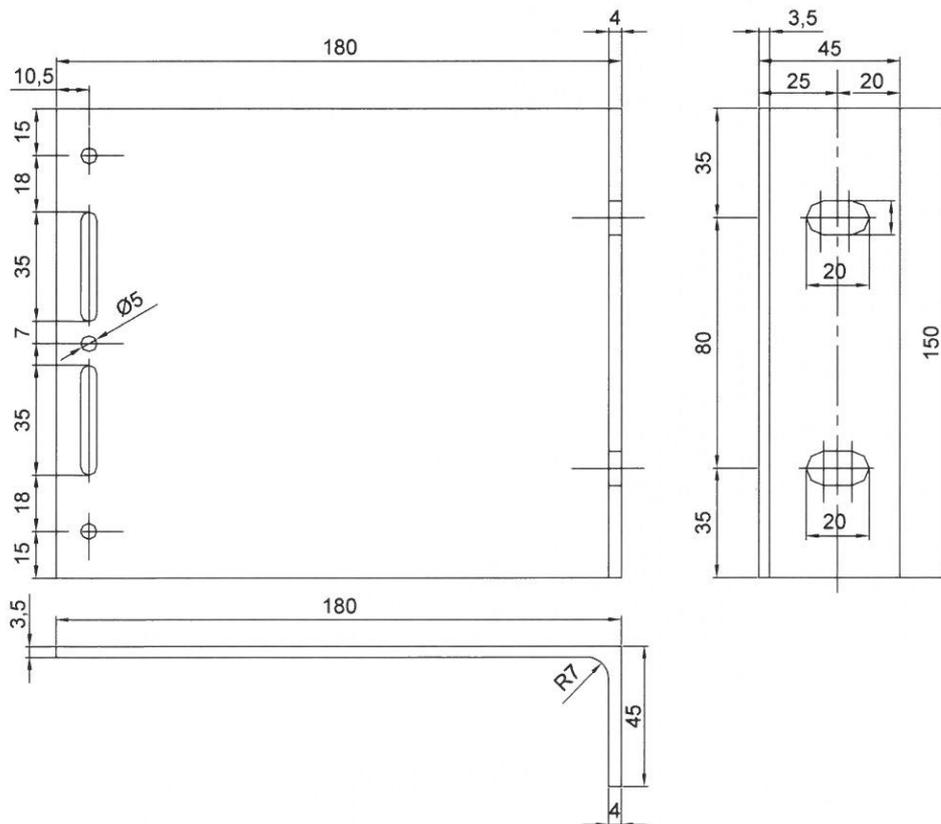


Figura 6.2. Anclaje tipo L45/150 x 180 (espesor anclaje 3,5-4 mm).



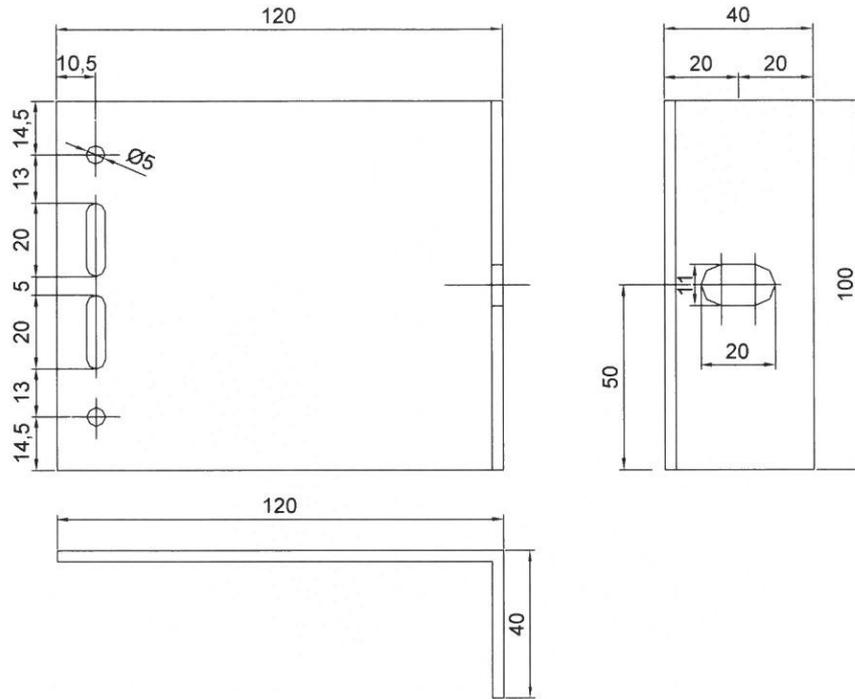


Figura 6.3. Anclaje tipo L40/100 × 120 (espesor anclaje 3 mm).

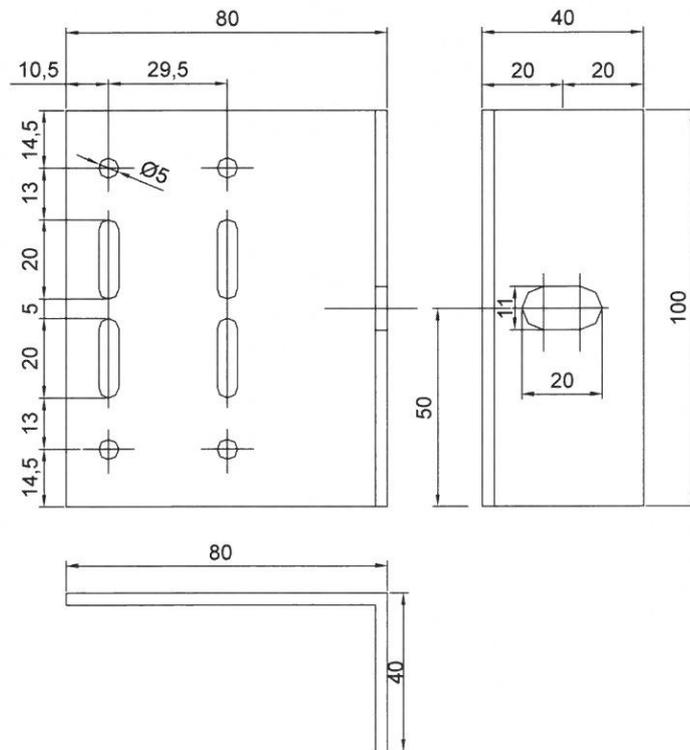


Figura 6.4. Anclaje tipo L40/100 × 80 (espesor anclaje 3 mm).

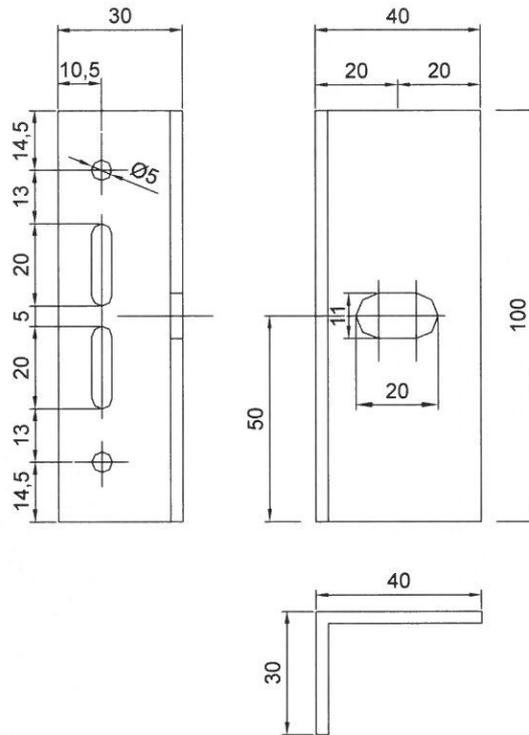


Figura 6.5. Anclaje tipo L40/100 × 30 (espesor anclaje 3 mm).

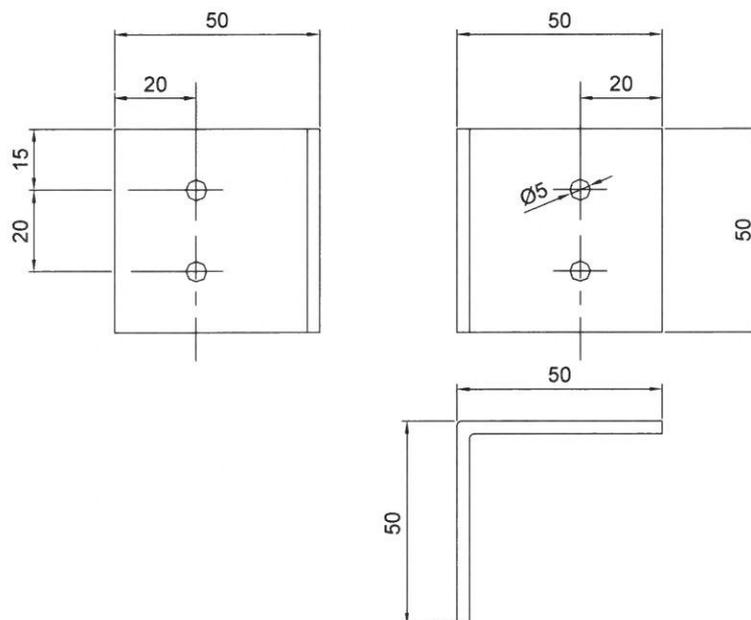
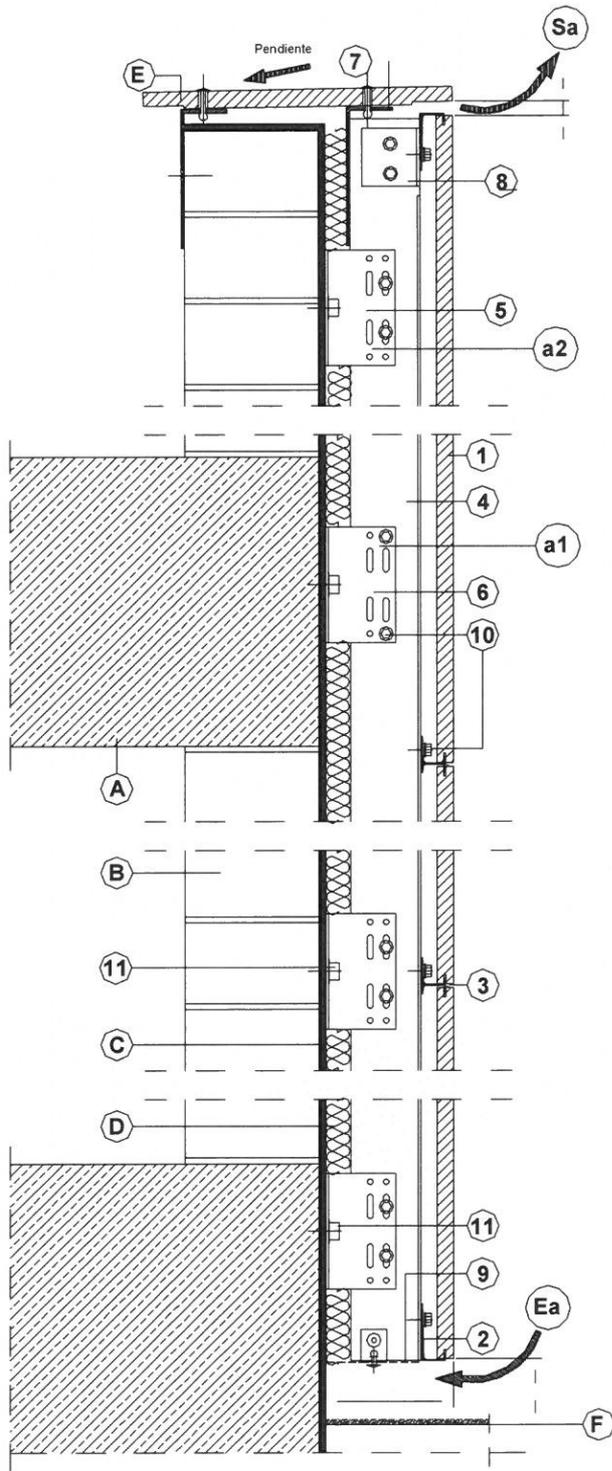


Figura 6.6. Anclaje tipo L50/50 × 50 (espesor anclaje 3 mm).



Figura 7. SECCIÓN VERTICAL DEL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA CON RANURADO HORIZONTAL.



- A: FORJADOS.
- B: CERRAMIENTO BASE.
- C: MORTERO HIDRÓFUGO.
- D: AISLAMIENTO TÉRMICO.
- E: ALBARDILLA DE HORMIGÓN POLÍMERO.
- F: COTA DE SUELO TERMINADO.
- Ea: ENTRADA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.
- Sa: SALIDA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.

- a1: Anclaje bridado de punto fijo.
- a2: Anclaje libre de punto deslizante.

- 1: Placa de fachada ventilada de hormigón polímero.
- 2: Perfil de arranque continuo.
- 3: Perfil-guía continuo.
- 4: Montante vertical.
- 5: Anclaje sencillo sobre ladrillo.
- 6: Anclaje sencillo sobre forjado (en ambos lados del montante).
- 7: Angular soporte albardilla.
- 8: Soporte angular.
- 9: Rejilla anti-roedores.
- 10: Tornillo autorroscante.
- 11: Tacos de fijación a cerramiento y forjados.

Figura 8. ENCUESTRO DE ESQUINA CON PIEZA DE CANTO MOLDEADO. SISTEMA HORIZONTAL.

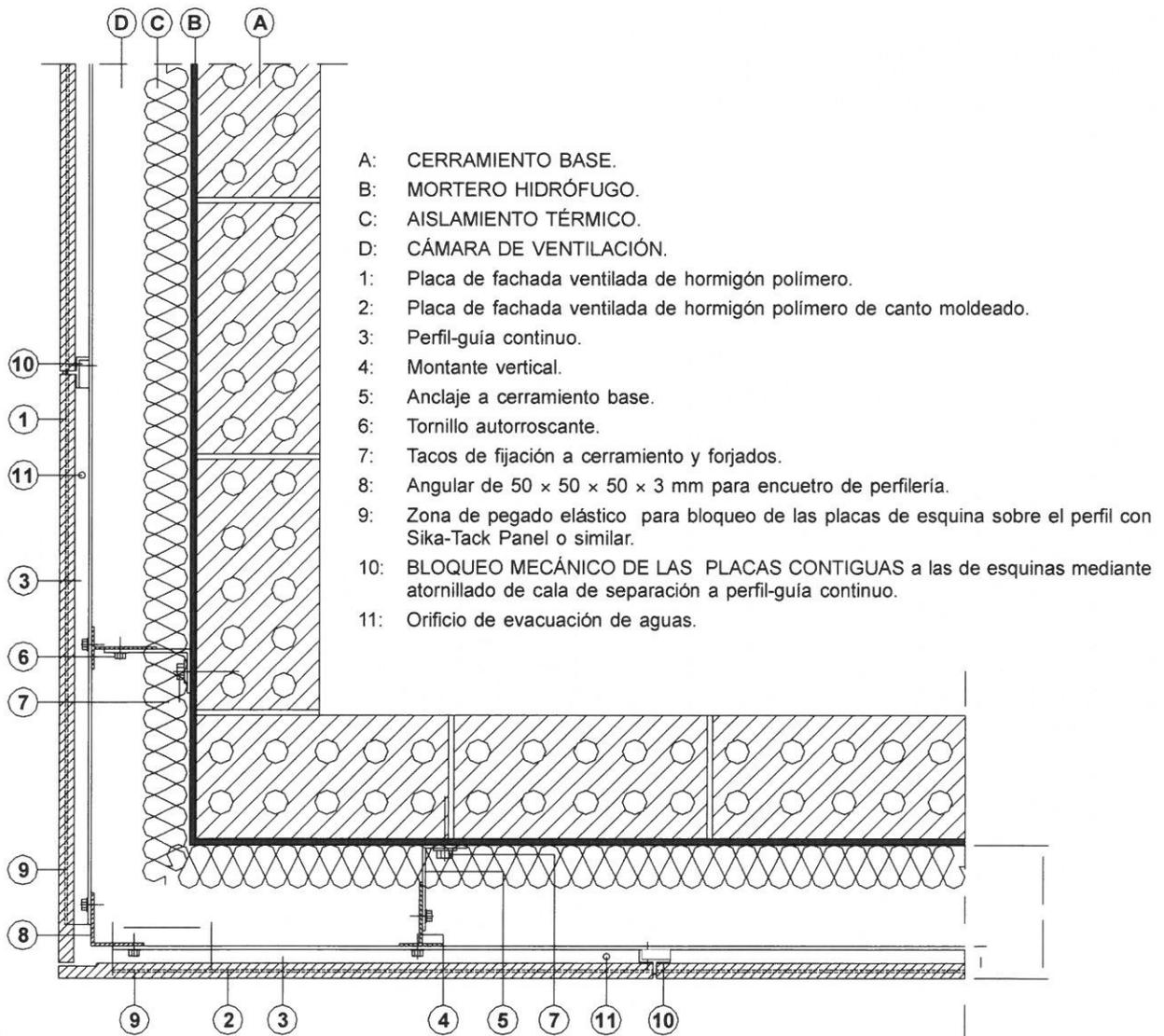
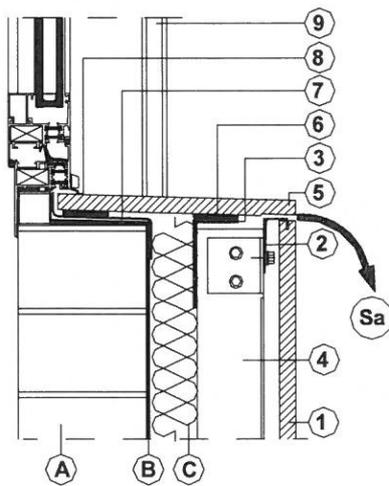


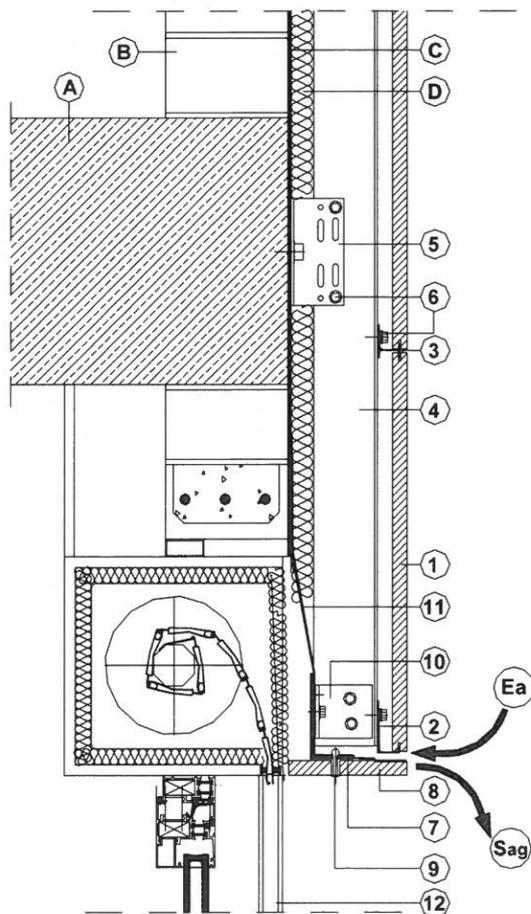
Figura 9. REVESTIMIENTO DE VIERTEAGUAS CON PIEZA DE CANTO MOLDEADO.



- A: CERRAMIENTO BASE.
- B: MORTERO HIDRÓFUGO.
- C: AISLAMIENTO TÉRMICO.
- Sa: SALIDA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.
- 1: Placa de fachada ventilada de hormigón polímero.
- 1': Placa "Frente Dintel" de Fachada Ventilada de Hormigón Polímero.
- 2: Perfil de arranque invertido.
- 3: Angular soporte 80 x 40 x 3 mm, para vierteaguas.
- 4: Montante vertical.
- 5: Placa de hormigón polímero de canto moldeado.
- 5': Placa de hormigón polímero.
- 6: Fijación directa de vierteaguas a angular soporte mediante pegado mecánico con Sika-Tack panel o similar.
- 7: Lámina impermeabilizante (*).
- 8: Sellado cordón de silicona (*).
- 9: Guía de persiana.

(*) NOTA: No se suministra ni se instala.

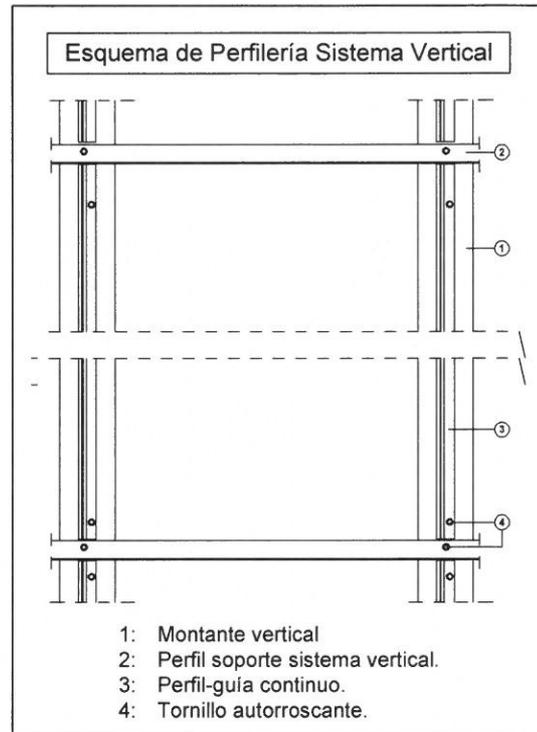
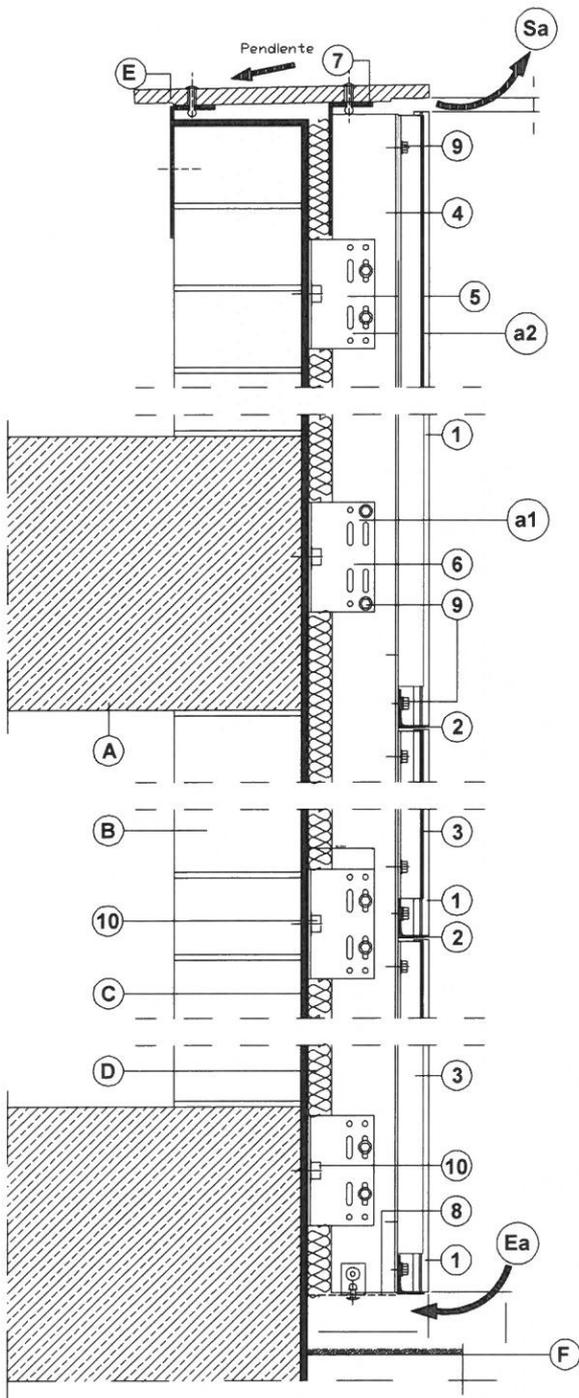
Figura 10. REVESTIMIENTO DE VIERTEAGUAS CON PIEZA DE CANTO MOLDEADO.



- A: FORJADOS.
- B: CERRAMIENTO BASE.
- C: MORTERO HIDRÓFUGO.
- D: AISLAMIENTO TÉRMICO.
- Ea: ENTRADA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.
- Sag: SALIDA DE AGUA DE LA CÁMARA DE VENTILACIÓN.
- 1: Placa de fachada ventilada de hormigón polímero.
- 1': Placa "Frente Dintel" de fachada ventilada de hormigón polímero.
- 2: Perfil de arranque continuo.
- 3: Perfil-guía continuo.
- 4: Montante vertical.
- 5: Anclaje bridado de punto fijo.
- 6: Tornillo autorroscante.
- 7: Angular soporte Dintel tipo L continuo 80 x 40 x 3 mm.
- 8: Placa de hormigón polímero de canto moldeado.
- 8': Placa de hormigón polímero.
- 9: Fijación directa de placa a angular soporte con remache pintado mediante Gel -Coat.
- 10: Angular 50 x 50 x 3 mm.
- 11: Lámina impermeabilizante (*).
- 12: Guía de persiana.

(*) NOTA: No se suministra ni se instala.

Figura 11. SECCIÓN VERTICAL DEL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA CON RANURADO VERTICAL.



- A: FORJADOS.
B: CERRAMIENTO BASE.
C: MORTERO HIDRÓFUGO.
D: AISLAMIENTO TÉRMICO.
E: ALBARDILLA DE HORMIGÓN POLÍMERO.
F: COTA DE SUELO TERMINADO.
Ea: ENTRADA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.
Sa: SALIDA DE AIRE EN CÁMARA DE VENTILACIÓN.

- a1: Anclaje bridado de punto fijo.
a2: Anclaje libre de punto deslizante.

- 1: Placa de fachada ventilada de hormigón polímero.
2: Perfil soporte sistema vertical.
3: Perfil-guía continuo.
4: Montante vertical.
5: Anclaje sencillo sobre ladrillo.
6: Anclaje sencillo sobre forjado (en ambos lados del montante).
7: Angular soporte albardilla.
8: Rejilla anti-roedores.
9: Tornillo autorroscante.
10: Tacos de fijación a cerramiento y forjados.



Figura 12. ENCUENTRO DE ESQUINA CON PIEZA DE CANTO MOLDEADO. SISTEMA VERTICAL.

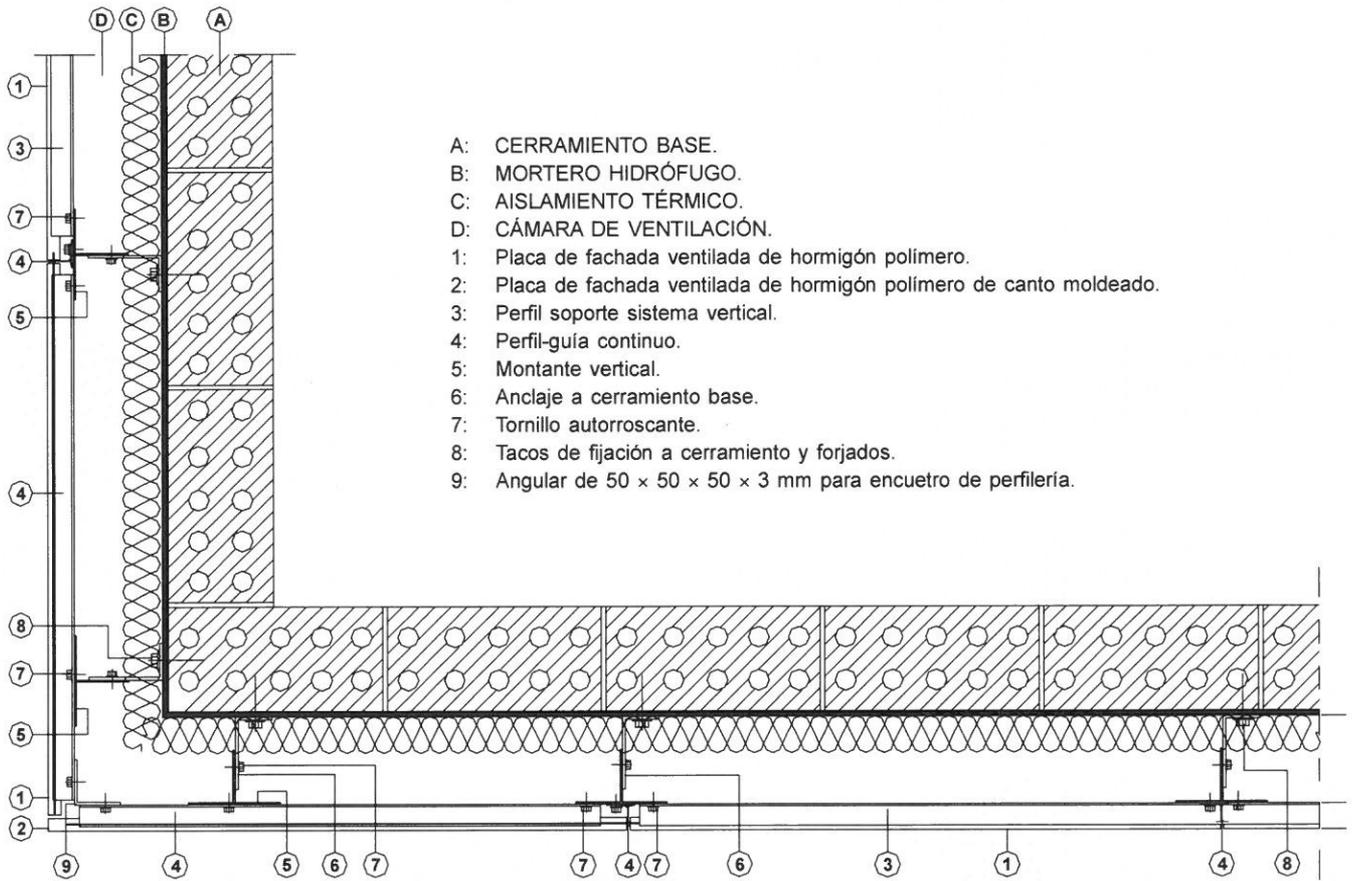
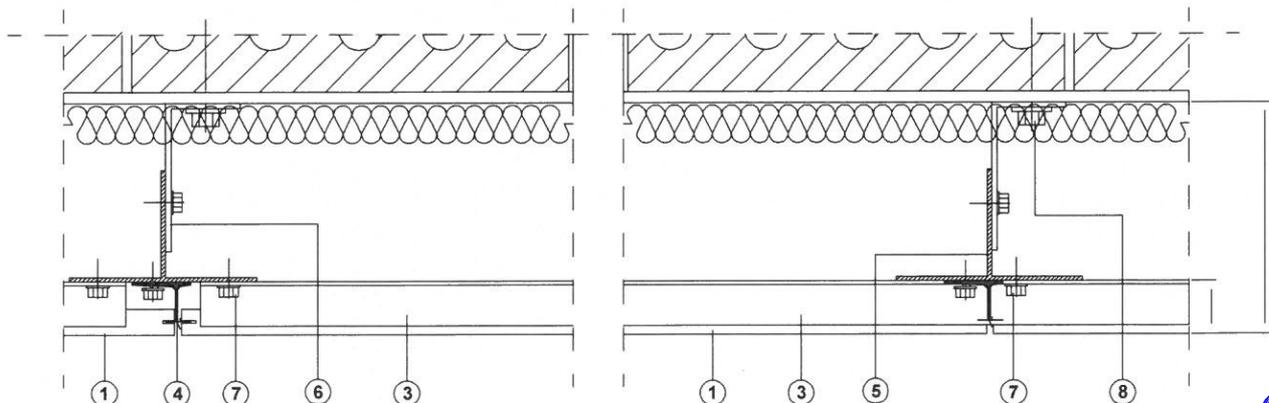


Figura 13. SECCIÓN HORIZONTAL DE SISTEMA VERTICAL: DETALLES SUBESTRUCTURA Y PERFILERÍA.





Evaluación Técnica Europea

ETA 16/0519
de 14.10.2016



Parte general

Nombre comercial del producto de construcción	VANGUARD
Área de producto a la que pertenece	9 – Revestimiento exterior de fachadas
Fabricante	ULMA Architectural Solutions Bº Zubillaga 89, Apdo 20 ES-20560 Oñati (Gipuzkoa) España
Planta(s) de fabricación	Bº Zubillaga 89, Apdo 20 ES-20560 Oñati (Gipuzkoa) España
La presente Evaluación Técnica Europea contiene:	30 páginas, incluyendo 5 anexos que forman parte del documento
La presente Evaluación Técnica Europea se emite de acuerdo con el Reglamento (UE) 305/2011, en base a	Documento de Evaluación Europeo, EAD 090020-00-0404, <i>Kits para revestimiento exterior de fachada de piedra aglomerada.</i>



Comentarios Generales

Las traducciones a otros idiomas deben corresponder completamente con el documento original emitido.

La reproducción de la presente Evaluación Técnica Europea, incluyendo su transmisión por medios electrónicos, debe ser integral (exceptuando los anexos confidenciales).



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO

Nº Visado: VI/17/00092

Fecha: 15/03/2017

Partes específicas de la Evaluación Técnica Europea

1 Descripción técnica del producto

Esta ETE aplica a los siguientes productos para revestimiento exterior de fachadas ventiladas:

- Kit VANGUARD FULL: kit¹ completo de revestimiento que incluye el elemento de revestimiento, las fijaciones del revestimiento y los componentes de la subestructura.
- Kit VANGUARD MEDIUM: kit mínimo de revestimiento que incluye solo el elemento de revestimiento y las fijaciones del revestimiento sin los componentes de la subestructura.
- VANGUARD BASIC: solo el elemento de revestimiento.

Los componentes de los productos se indican en la tabla 1.1.

La información y datos detallados de todos los componentes se incluye en los anexos de esta ETE.

Tabla 1.1: Componentes.

Componentes		Kit VANGUARD FULL	Kit VANGUARD MEDIUM	VANGUARD BASIC	Anexo
Elementos de revestimiento		Paneles de piedra aglomerada con ranura			Anexo 1
Fijaciones de los elementos de revestimiento		Perfiles continuos de aleación de aluminio			Anexo 2
Componentes de la subestructura	Perfiles verticales	Perfiles de aleación de aluminio	---	---	Anexo 3
	Escuadras / Ménsulas	Escuadras de aleación de aluminio			
	Tornillos	Tornillos de acero inoxidable y acero galvanizado			

2 Especificación del uso(s) previsto(s) de acuerdo con el Documento de Evaluación Europeo (DEE en adelante) aplicable.

Los productos VANGUARD se usan como revestimiento exterior en fachadas ventiladas (pantallas frente a la lluvia). Los muros exteriores son de obra de fábrica (cerámica, hormigón o piedra), hormigón (hormigonado in situ o paneles prefabricados), subestructuras de madera o metálicas en obras nuevas o existentes (rehabilitación).

Las características de los muros deben ser verificadas antes del uso de VANGUARD, especialmente respecto a las condiciones de clasificación de reacción al fuego y a la fijación mecánica de VANGUARD.

Las disposiciones estipuladas en esta ETE se basan en una vida útil de al menos 25 años para VANGUARD. Las indicaciones dadas sobre la vida útil no deben interpretarse como una garantía dada por el fabricante, sino que deben considerarse como un medio para la elección correcta del producto en relación con la vida útil esperada de las obras.

Los productos VANGUARD están formados de componentes constructivos no portantes. No contribuyen directamente a la estabilidad del muro sobre el que se instala, pero sí pueden contribuir a su durabilidad proporcionando una mejor protección frente a la intemperie.

¹ "Kit" se refiere al producto de construcción introducido en el mercado por un único fabricante como un conjunto de al menos dos componentes separados que necesitan ensamblarse para ser incorporados en las obras de construcción (Art. 2 nº 2 RPC)



Los productos VANGUARD no están previstos para asegurar la estanqueidad al aire de la envolvente del edificio.

Los datos e información detallada en relación a criterios de diseño, instalación, mantenimiento y reparación se indican en los anexos 4 y 5.

3 Prestaciones del producto y referencia a los métodos usados para su evaluación

La evaluación de los productos VANGUARD para el uso previsto se determinaron de acuerdo con el Documento de Evaluación Europeo EAD 090020-00-0404, *Kits para revestimiento exterior de fachada de piedra aglomerada*.

Tabla 3.1: Resumen de prestaciones de los productos VANGUARD (véase también las prestaciones detalladas en las secciones relevantes).

Requisito Básico	Apartado ETA	Característica esencial	Prestación				
			Kit VANGUARD FULL	Kit VANGUARD MEDIUM	VANGUARD BASIC		
Producto: VANGUARD FULL kit VANGUARD MEDIUM kit VANGUARD BASIC			Uso previsto: Revestimientos exteriores en fachadas ventiladas (pantallas de lluvia).				
RB 2	3.1	Reacción al fuego	VANGUARD 14 & 14+: B-s2,d0				
Seguridad en caso de incendio			VANGUARD 11 & 11+: No evaluado				
RB 3	3.2	Estanqueidad de las juntas (protección frente al agua de lluvia)	No estanco (juntas abiertas)				
			3.3	Capacidad de drenaje	Véanse las figuras del Anexo 4		
	3.4	Resistencia al viento			2800 Pa		
					3.5	Resistencia a carga vertical	< 0,12 mm tras 24 horas
	3.6	Resistencia frente a impacto					Véase la tabla 3.3.
					3.7	Resistencia a flexión de elemento de revestimiento	Medio
	Caract.	19,5 N/mm ²					
	3.8	Resistencia del elemento de revestimiento ranurado	Medio	1308 N			
Caract.			358 N				
RB 4	3.9	Resistencia de los perfiles	Véase el apartado 3.9				
	3.10	Resistencia al atravesamiento de las fijaciones sobre los perfiles (<i>pull-through</i>)	6108 N				
			3.11	Resistencia al arrancamiento de las fijaciones sobre los perfiles (<i>pull-out</i>)	2806 N	No relevante	
	3.12	Resistencia de las escuadras			Fuerza horizontal		
			Fuerza vertical	Véase la tabla 3.9			
3.13	Estabilidad dimensional por humedad del elemento de revestimiento	Véase la tabla 3.10					



Tabla 3.1: Resumen de prestaciones de los productos VANGUARD (véase también las prestaciones detalladas en las secciones relevantes).

Producto:	VANGUARD FULL kit	Uso previsto:	Revestimientos exteriores en fachadas ventiladas (pantallas de lluvia).		
	VANGUARD MEDIUM kit				
	VANGUARD BASIC				
Requisito Básico	Apartado ETA	Característica esencial	Prestación		
			Kit VANGUARD FULL	Kit VANGUARD MEDIUM	VANGUARD BASIC
	3.14	Coefficiente de expansión térmica lineal del elemento de revestimiento	13,4·µm/(m·°C)		
	3.15	Resistencia al hielo-deshielo del elemento de revestimiento	90%		
	3.16	Resistencia al choque térmico del elemento de revestimiento	80%		
	3.17	Corrosión de los componentes metálicos	Véase el apartado 3.17	No relevante	

Información complementaria:

Los requisitos relacionados con la resistencia mecánica y estabilidad de las partes no portantes de las obras no se incluyen en el requisito básico *Resistencia mecánica y estabilidad* (RB 1) sino que se consideran bajo el Requisito Básico *Seguridad y accesibilidad de utilización* (RB 4).

El requisito de resistencia al fuego es aplicable al muro en sí mismo (de obra de fábrica, de hormigón, de estructura metálica o de madera) y no solo al producto VANGUARD.

3.1 Reacción al fuego

La reacción al fuego del producto VANGUARD ha sido evaluada según el apartado 2.2.1 del EAD 090020-00-0404.

La clasificación de reacción al fuego del producto VANGUARD 14 & 14+ según el Acto Delegado de la Comisión (EU 2016/364 y la norma EN 13501-1 es B-s2,d0, siempre que la capa de aislamiento situada detrás de los elementos de revestimiento sea de materiales de clase A1 o A2-s1, d0 (p.ej. lana mineral).

Para otras condiciones de uso (por ejemplo, con capa de aislamiento de EPS, XPS, PUR, PF), la clasificación de reacción al fuego del revestimiento exterior de fachada ventiladas será la clasificación de reacción al fuego del material de aislamiento utilizado en la fachada ventilada (definido en el correspondiente marcado CE) o no evaluado.

La clasificación de reacción al fuego del producto VANGUARD 11 & 11+ no ha sido evaluada.

Nota: El escenario europeo para el fuego en fachadas no está definido. En algunos estados miembros, la clasificación del revestimiento exterior de fachada según el Acto Delegado de la Comisión (EU 2016/364 y EN 13501-1 podría resultar insuficiente para el uso en fachada. Hasta que el sistema de clasificación europeo existente no se complete, para el revestimiento exterior de fachada puede ser necesario realizar una evaluación adicional de acuerdo con los requisitos nacionales (p.ej. en base a un ensayo a gran escala) para cumplir con la legislación de los estados miembros.

3.2 Estanqueidad de las juntas (protección frente al agua de lluvia)

La protección frente al agua de lluvia ha sido evaluada según el apartado 2.2.2 del EAD 090020-00-0404.

Las juntas entre los elementos de revestimiento exterior de fachada ventilada de los productos VANGUARD son abiertas, por lo tanto, no son estancas.



3.3 Capacidad de drenaje

La capacidad de drenaje ha sido evaluada según el apartado 2.2.3 del EAD 090020-00-0404.

Sobre la base a los detalles constructivos (véase el Anexo 4), el conocimiento técnico y la experiencia disponible y los criterios de evaluación, se considera que el agua que pudiera penetrar en la cámara de aire o el agua de condensación puede ser drenada fuera del revestimiento sin acumulación, daño por humedad o filtración hacia el sustrato.

3.4 Resistencia al viento

La resistencia al viento ha sido evaluada según el apartado 2.2.4 del EAD 090020-00-0404.

La resistencia a la acción del viento ha sido determinada mediante cálculo teniendo en cuenta la resistencia mecánica de los componentes (elementos de revestimiento, elementos de fijación del revestimiento y componentes de la subestructura) -véanse los apartados 3.7 a 3.12-. Además, los valores han sido contrastados mediante ensayo según el Anexo E del EAD 090020-00-0404 sobre el caso mecánicamente más desfavorable. Los resultados del ensayo y los valores calculados para la probeta ensayada son los indicados en la tabla 3.2.

En otros diseños del sistema montado, los valores de la resistencia característica a la acción del viento pueden ser calculados teniendo en cuenta la resistencia mecánica de los componentes (elementos de revestimiento, elementos de fijación del revestimiento y componentes de la subestructura) -véanse los apartados 3.7 a 3.12-. Por ejemplo, en el caso de un elemento de revestimiento VANGUARD 14, perfil guía horizontal junta 3,5 (separación entre ellos 900 mm), perfiles verticales T60x100x2,5 (separación entre ellos 600 mm) y escuadras L45x150x180x3,5-4 (separación entre ellas 1000 mm), la resistencia frente a la acción del viento es de 4100 Pa.

Tabla 3.2: Resultados del ensayo y valores calculados para la probeta ensayada.

Resultados del ensayo (1)			Valores calculados	
Máxima acción Q (Pa)	Desplazamiento (2) bajo acción máxima (mm)	Desplazamiento (2) tras recuperación de la acción máxima (mm)	Acción (Pa) en el límite de la resistencia de la conexión entre perfiles (arrancamiento) (3)	Acción (Pa) en el límite de la resistencia de la escuadra (4)
2800	25,0	7,5	2771	1857

- (1) Probeta de ensayo 1800x1920 mm: tres perfiles verticales T60x40x2,5; escuadras L40/100x80x3; distancia entre perfiles verticales 900 mm; distancia entre escuadras 1000 mm; tres perfiles guía horizontal junta 3,5; distancia entre perfiles guía 900 mm. Las características de los componentes están indicadas en los Anexos 1 a 3.
- (2) Desplazamiento medido sobre el perfil guía horizontal en el punto medio entre dos perfiles verticales.
- (3) Valor característico de la resistencia al arrancamiento ($R_{c,u}$) (véase la tabla 3.7).
- (4) Valor característico de la Resistencia a fuerza horizontal ($R_{m,f}$) para la escuadra L40/100x80x3 (véase la tabla 3.8).

3.5 Resistencia a carga vertical

La resistencia a carga vertical ha sido evaluada según el apartado 2.2.5 del EAD 090020-00-0404.

La resistencia a carga vertical ha sido determinada mediante cálculo teniendo en cuenta la resistencia mecánica de los componentes (elementos de revestimiento, elementos de fijación del revestimiento y componentes de la subestructura) -véanse los apartados 3.7 a 3.12-. Además, los valores han sido



contrastados mediante ensayo según el Anexo F del EAD 090020-00-0404 sobre el caso mecánicamente más desfavorable.

El desplazamiento de la fijación del revestimiento ensayado ha sido menor que 0,12 mm después de 24 horas.

En todas las composiciones de sistemas montados (diseños del sistema montado), la resistencia frente a carga vertical puede ser calculada teniendo en cuenta la resistencia mecánica de los componentes (elementos de revestimiento, elementos de fijación del revestimiento y componentes de la subestructura).

3.6 Resistencia frente a impactos

La resistencia frente a impactos ha sido evaluada según el apartado 2.2.6 del EAD 090020-00-0404.

Tabla 3.3: Resistencia frente a impactos.

Elemento de revestimiento			Fijación del revestimiento y subestructura	Impactos resistidos	Grado de exposición en uso (*)		
Tipo	Longitud, L (mm)	Anchura, H (mm)					
VANGUARD 11 & 11+	≥ 300	≤ 900	Caso mecánicamente más débil	▪ Cuerpo duro (0,5 kg) impactos de 3 J	Categoría III		
	≥ 900	≤ 900		▪ Cuerpo blando (3,0 kg) impactos de 10 J			
VANGUARD 14 & 14+	≥ 300	≤ 900		▪ Cuerpo duro (0,5 kg) impactos de 3 J			
	≥ 900	≤ 900		▪ Cuerpo blando (3,0 kg) impactos de 10 J			
VANGUARD 11 & 11+	≥ 300	≤ 900		Caso reforzado (**)		▪ Cuerpo duro (0,5 kg) impactos de 3 J	Categoría III
	≥ 900	≤ 900				▪ Cuerpo blando (3,0 kg) impactos de 10 J	
VANGUARD 14 & 14+	≥ 300	≤ 900				▪ Cuerpo duro (0,5 kg) impactos de 3 J	
	≥ 900	≤ 900				▪ Cuerpo blando (3,0 kg) impactos de 10 J	
			▪ Cuerpo blando (3,0 kg) impactos de 60 J				
			▪ Cuerpo blando (50,0 kg) impactos de 400 J				
	≥ 900	≤ 900			▪ Cuerpo blando (3,0 kg) impactos de 60 J	Categoría I	

(*) Categoría I: Esta categoría significa que el grado de exposición en uso correspondería a una zona a nivel del suelo fácilmente accesible por las personas y vulnerable a los impactos de cuerpos duros pero no sujeto a usos excepcionalmente violentos.

Categoría II: Esta categoría significa que el grado de exposición en uso correspondería a una zona propensa a impactos de objetos arrojados, condicionado a localizaciones públicas donde la altura del kit limitará la magnitud del impacto o, en niveles más bajos del edificio, condicionado a que se ejerza cierto cuidado respecto a los impactos.

Categoría III: Esta categoría significa que el grado de exposición en uso correspondería a una zona con baja probabilidad de ser dañada por impactos producidos por personas u objetos arrojados.

Categoría IV: Esta categoría significa que el grado de exposición en uso correspondería a una zona fuera de alcance del nivel de suelo.

(**) El sistema reforzado incluye perfiles verticales separados 450 mm y dos perfiles Ω horizontales auxiliares separados 300 mm instalados entre los perfiles guía de VANGUARD.



3.7 Resistencia a flexión del elemento de revestimiento

La resistencia a flexión de los paneles VANGUARD ha sido evaluada según el apartado 2.2.7 del EAD 090020-00-0404.

Los valores medios y característicos de la resistencia a flexión sin envejecimiento acelerado y después de ciclos de hielo-deshielo (véase el apartado 3.15) y después de ciclos de choque térmico (véase el apartado 3.16) se indican en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Resistencia a flexión del elemento de revestimiento.

Envejecimiento acelerado	Elemento de revestimiento	Resistencia última (N/mm ²)		
		R _{m_u}	R _{c_u} (*)	Ratio mínimo
Sin envejecimiento	VANGUARD 11 & 11+	22,3	19,5	---
	VANGUARD 14 & 14+			
Después de ciclos de hielo-deshielo	VANGUARD 11 & 11+	19,9	19,0	90%
	VANGUARD 14 & 14+			
Después de ciclos de choque térmico	VANGUARD 11 & 11+	19,1	15,7	80%
	VANGUARD 14 & 14+			

(*) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.

3.8 Resistencia del elemento de revestimiento ranurado

La resistencia de los paneles VANGUARD en la ranura ha sido evaluada según el apartado 2.2.8 del EAD 090020-00-0404. Los valores medios y característicos se indican en la tabla 3.5.

Tabla 3.5: Resistencia del panel en la ranura.

Elemento de revestimiento	Tipo de ranura (*)	Resistencia última (N)	
		R _{m_u}	R _{c_u} (**)
VANGUARD 11	Labio interior	1812	1011
	Labio exterior	1308	358
VANGUARD 11+	Labio interior	2149	1607
	Labio exterior	2332	1362
VANGUARD 14 & 14+	Labio interior	2431	1345
	Labio exterior	1893	1626

(*) El labio interior actúa con la acción de succión de viento y el labio exterior actúa con la acción de presión de viento.

(**) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.

3.9 Resistencia de los perfiles

Esta característica solo es aplicable al kit completo VANGUARD FULL y al kit mínimo VANGUARD MEDIUM.

La resistencia de los perfiles del kit ha sido evaluada según el apartado 2.2.10 del EAD 090020-00-0404.

Las siguientes características de los perfiles de fijación del revestimiento y de los perfiles de la subestructura se indican en los apartados relevantes de los Anexos 2 y 3 respectivamente.

- Forma y dimensiones de la sección del perfil.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

- Inercia de la sección del perfil.
- Límite elástico mínimo de los materiales del perfil.
- Máxima flecha admitida por el fabricante.

3.10 Resistencia al atravesamiento de las fijaciones sobre los perfiles (*pull-through*)

Esta característica solo es aplicable al kit completo VANGUARD FULL y al kit mínimo VANGUARD MEDIUM.

La resistencia al atravesamiento (*pull-through*) ha sido evaluada según el apartado 2.2.11 del EAD 090020-00-0404. Los valores medios y característicos se indican en la tabla 3.5.

Tabla 3.6: Resistencia al atravesamiento (*pull-through*).

Conexión	Resistencia última (N)	
	R _{m_u}	R _{c_u} (*)
Tornillo de acero inoxidable de diámetro ≥ 5,5 mm + perfil guía de espesor ≥ 1,8 mm	7286	6108
Tornillo de acero galvanizado de diámetro ≥ 6,3 mm + perfil guía de espesor ≥ 1,8 mm	7255	6899

(*) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.

3.11 Resistencia al arrancamiento de las fijaciones sobre perfiles (*pull-out*)

Esta característica solo es aplicable al kit completo VANGUARD FULL.

La resistencia al arrancamiento (*pull-out*) ha sido evaluada según el apartado 2.2.12 del EAD 090020-00-0404. Los valores medios y característicos se indican en la tabla 3.7.

Tabla 3.7: Resistencia al arrancamiento (*pull-out*).

Conexión	Resistencia última (N)	
	R _{m_u}	R _{c_u} (*)
Tornillo de acero inoxidable de diámetro ≥ 5,5 mm + perfil vertical de espesor ≥ 2,5 mm	3356	2806
Tornillo de acero galvanizado de diámetro ≥ 6,3 mm + perfil vertical de espesor ≥ 2,5 mm	3566	2949

(*) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.

3.12 Resistencia de las escuadras (fuerza horizontal y vertical)

Esta característica solo es aplicable al kit completo VANGUARD FULL.

La resistencia de las escuadras a fuerza horizontal y vertical ha sido evaluada según el apartado 2.2.13 del EAD 090020-00-0404.

Los valores medios y característicos de la resistencia de las escuadras a fuerza horizontal se indican en la tabla 3.8.

Los valores medios y característicos de la resistencia de las escuadras a fuerza vertical se indican en la tabla 3.9.



Tabla 3.9: Resistencia de las escuadras a fuerza horizontal.

Escuadra	Fuerza que causa una distorsión residual igual a 1 mm (N)		Fuerza última (N) (**)	
	F _{m,r}	F _{c,r} (*)	F _{m,u}	F _{c,u} (*)
L40x100x30x3				
L40x100x80x3	2089	1225	4932	4613
L40x100x120x3	1399	597	4350	4011
L45x150x180x3,5-4	3142	1292	6996	6766
L55x150x220x3,5-4	5029	4295	6402	5620

(*) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.

(**) Fuerza a 10 mm de desplazamiento.

Tabla 3.9: Resistencia de las escuadras a fuerza vertical.

Escuadra	Fuerza que causa una distorsión residual igual a 0,2%-L (N)		Fuerza a 1 mm de desplazamiento (N)		Fuerza a 3 mm de desplazamiento (N)		Fuerza última (N) (**)	
	F _{m,r}	F _{c,r} (*)	F _{m,1d}	F _{c,1d} (*)	F _{m,3d}	F _{c,3d} (*)	F _{m,u}	F _{c,u} (*)
L40x100x30x3								
L40x100x80x3	1462	1209	1349	1176	3615	3226	6875	6004
L40x100x120x3	870	436	651	431	1806	1372	3928	3746
L45x150x180x3,5-4	1756	1507	1407	1184	3167	2997	6252	5901
L55x150x220x3,5-4	1062	641	863	553	2137	1759	4282	3884

(*) Valores característicos con un 75% de nivel de confianza de que el 95% de los resultados del ensayo serán superiores a este valor.

(**) Fuerza a 10 mm de desplazamiento.

3.13 Estabilidad dimensional por humedad del elemento de revestimiento

La estabilidad dimensional por humedad de los paneles VANGUARD ha sido evaluada según el apartado 2.2.14 del EAD 090020-00-0404.

Tabla 3.10: Estabilidad dimensional por humedad del elemento de revestimiento.

Característica		Humedad relativa HR	Valor medio
Contenido de humedad (%)		30%	0,19
		65%	0,22
		85%	0,23
Variación en longitud (mm/m)	Relativo	de 65% a 85%	0,07
		de 65% a 30%	-0,02
	Total	de 30% a 85%	0,09

3.14 Coeficiente de expansión térmica lineal del elemento de revestimiento

El coeficiente de expansión térmica lineal de los paneles VANGUARD ha sido evaluado según el apartado 2.2.15 del EAD 090020-00-0404.

El valor medio del coeficiente de expansión térmica lineal es: 13,4 $\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$.



3.15 Resistencia al hielo-deshielo del elemento de revestimiento

La resistencia al hielo-deshielo de los paneles VANGUARD ha sido evaluada según el apartado 2.2.16 del EAD 090020-00-0404.

Los valores medios y característicos de la resistencia a flexión después de los ciclos de hielo-deshielo se indican en la tabla 3.4.

3.16 Resistencia al choque térmico del elemento de revestimiento

La resistencia al choque térmico de los paneles VANGUARD ha sido evaluada según el apartado 2.2.17 del EAD 090020-00-0404.

Los valores medios y característicos de la resistencia a flexión después de los ciclos de choque térmico se indican en la tabla 3.4.

3.17 Corrosión de los componentes metálicos

Esta característica solo es aplicable al kit completo VANGUARD FULL y al kit mínimo VANGUARD MEDIUM.

Las especificaciones y protección a la corrosión de las fijaciones del elemento de revestimiento y de los componentes de la subestructura se indican en los apartados relevantes de los Anexos 2 y 3.

Los perfiles de las fijaciones del revestimiento, los perfiles de la subestructura y las escuadras son de aleación de aluminio AW 6063 T5, AW 6060 T6, AW 6060 T66 según EN 573-1, EN 573-2, EN 1999-1-1 y EN 755-1.

La durabilidad de los perfiles es clase B y su espesor mínimo es 1,8 mm. Por tanto, estos componentes pueden ser utilizados en las siguientes condiciones de exposición atmosférica exterior: ambiente rural, ambiente industrial/urbano moderado excluyendo ambiente marino industrial. Estos componentes pueden ser utilizados en otras condiciones de exposición atmosférica si se protegen según se indica en la EN 1999-1-1.

Los tornillos entre los perfiles y entre los perfiles verticales y las escuadras son, bien de acero inoxidable A2-70 o A4-70 según EN ISO 3506-1, o de acero galvanizado (protección mínima a la corrosión 3 µm) según EN ISO 4042.

En el caso del uso de los tornillos de acero inoxidable, el kit VANGUARD puede ser utilizado en condiciones interiores secas o en condiciones interiores de humedad permanente y también en condiciones de exposición atmosférica exterior con categoría alta de corrosividad atmosférica (incluyendo ambientes industriales y marinos, C4 como se define en la norma ISO 9223) si no existen condiciones particularmente agresivas. Tales condiciones particularmente agresivas son p.ej. la inmersión permanente o alterna en agua de mar, las zonas de salpicadura de agua de mar, atmósferas clorhídricas de piscinas cubiertas o en atmósferas con contaminación química extrema (p.ej. plantas de desulfurización o túneles de carretera donde se usan materiales de deshielo).

En el caso del uso de tornillos de acero galvanizado, el kit VANGUARD puede ser utilizado en condiciones interiores secas o en condiciones interiores de humedad permanente y también en condiciones de exposición atmosférica exterior con categoría media de corrosividad atmosférica (excluyendo ambientes industriales y marinos, C3 como se define en la norma ISO 9223).



4 Sistema aplicado para la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (EVCP en adelante), con referencia a su base legal

De acuerdo con la Decisión 2003/640/EC, modificada por la Comisión Europea², aplica el sistema de EVCP (véase el reglamento delegado (UE) No 568/2014 que modifica el Anexo V del Reglamento (UE) 305/2011) indicado en la siguiente tabla.

Tabla 4.1: Sistema de EVCP aplicable.

Producto	Uso previsto	Nivel(es) o clase(s)	Sistema
Revestimientos exteriores de fachada	Acabados exteriores de paredes	Cualquiera	2+
	Para usos sujetos a reglamentación de reacción al fuego	B-s2, d0 (VANGUARD 14 & 14+)	1

5 Detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP, según lo previsto en el DEE de aplicación

Todos los detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP se establecen en el *Plan de Control* depositado en el ITeC³, con el que el control de producción en fábrica operado por el fabricante deberá estar conforme.

Emitido en Barcelona a 14 de octubre de 2016

por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña



Ferran Bermejo Nualart
Director Técnico, ITeC

² 2001/308/EC – Decisión de la Comisión con fecha 31 de enero 2001, publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) L107/25 de 08/04/2001.

³ El Plan de Control es una parte confidencial de la ETE y accesible sólo para el organismo u organismos involucrados en el proceso de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones.



ANEXO 1: Elementos de revestimiento

Los elementos de revestimiento VANGUARD son paneles de piedra aglomerada según la norma armonizada EN 15286. Estos paneles están ranurados en sus bordes superiores e inferiores.

Los paneles se componen de una mezcla de agregados minerales, resinas de poliéster y retardante de llama. La superficie exterior de los paneles está cubierta por una capa decorativa de resina de poliéster (*gel-coat*) la cual aporta al panel su apariencia estética.

Los paneles son suministrados en varios colores y texturas.

Las principales características de los paneles VANGUARD se indican en la tabla A1.1.

Tabla A1.1: Características de los paneles VANGUARD.

Característica	Referencia	Valor			
		11	14	11+	14+
Nombre comercial	---	VANGUARD			
Forma	---				
Geometría de la ranura	---	Figura A1.1	Figura A1.2	Figura A1.3	Figura A1.4
Espesor (mm)					
Longitud (*) (mm) del formato fabricado		300 a 1800 (valor mínimo entre $\pm 0,2\%$ y $\pm 2,0$ mm)			
Anchura (*) (mm) del formato fabricado		300 a 900 (valor mínimo entre $\pm 0,2\%$ y $\pm 2,0$ mm)			
Tolerancia de planeidad	EN 15286	(valor mínimo entre $\pm 0,3\%$ Ld y $\pm 4,0$ mm) Ld = longitud de la diagonal		---	
Rectitud de los ángulos (mm) (*)		Ld2 – Ld1 $\leq 0,9$ cuando Ld < 600 Ld2 – Ld1 $\leq 1,2$ cuando 600 \leq Ld \leq 1000 Ld2 – Ld1 $\leq 3,0$ cuando 1000 < Ld			
Peso por unidad de área (kg/m ²) (**)	---	$\leq 30,0$	$\leq 35,0$	$\leq 36,0$ (**)	$< 42,0$ (**)
Densidad (kg/m ³)	EN 14617-1	2300 \pm 100			
Resistencia a flexión (N/mm ²)	EN 14617-2	$\geq 18,0$ (véase también el apartado 3.7)			
Coefficiente de expansión térmica lineal ($\mu\text{m}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$)	EN 14617-11	$< 23,5$ (véase también el apartado 3.14)			
Resistencia al hielo-deshielo (resistencia a flexión después de ciclos)	EN 14617-5	$\geq 75\%$ (véase también el apartado 3.15)			
Resistencia al choque térmico (resistencia a flexión después de ciclos)	EN 14617-6	$\geq 75\%$ (véase también el apartado 3.16)			

(*) Ldi = cada una de las longitudes de la diagonal del panel.

(**) Valores considerando un espesor medio. Ocasionalmente, dependiendo de la textura del panel, estos valores pueden ser superiores.



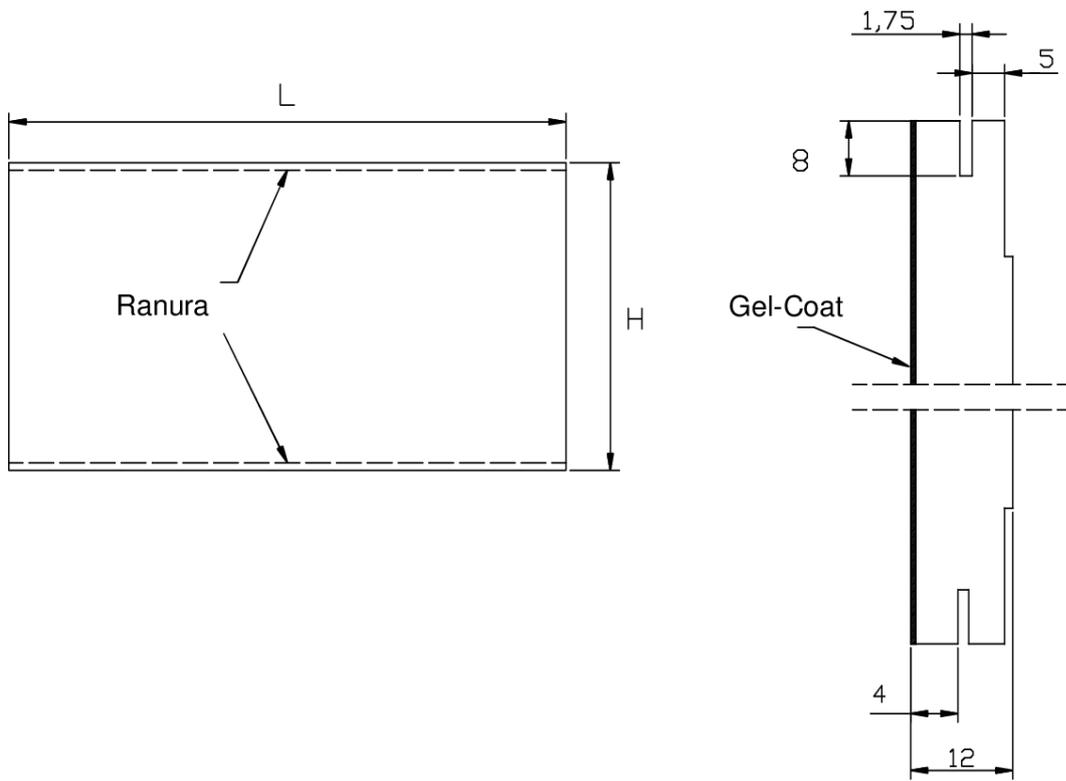


Figura A1.1: Panel VANGUARD 11.

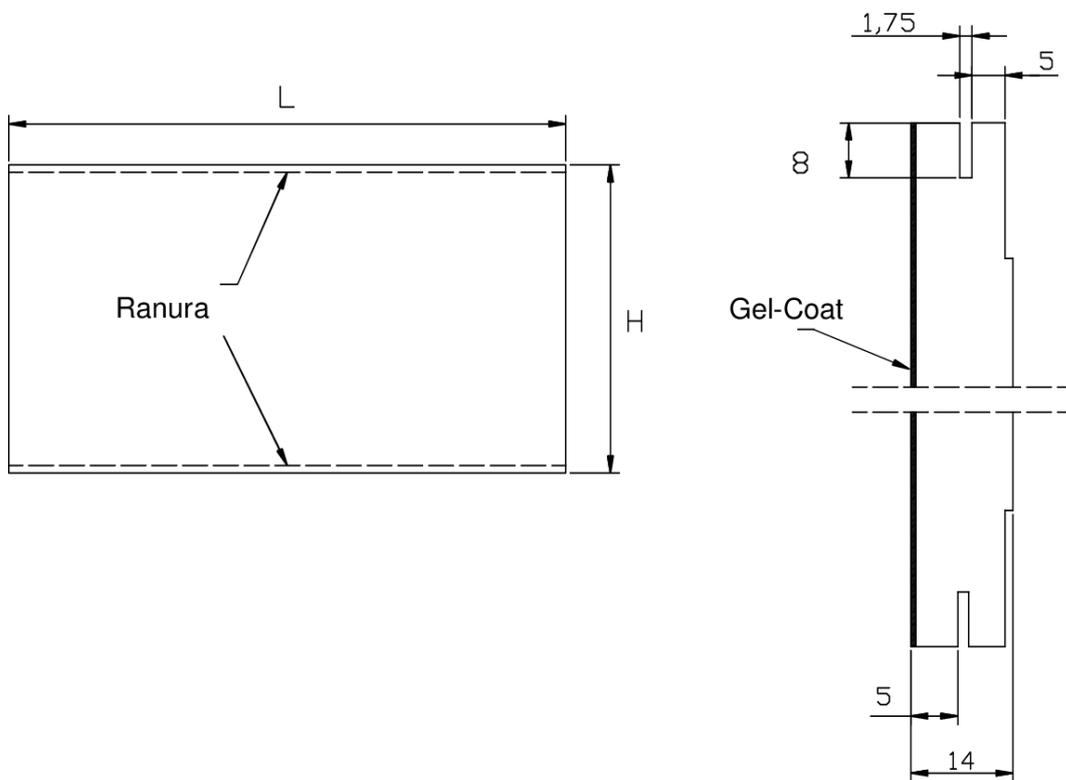


Figura A1.2: Panel VANGUARD 14.



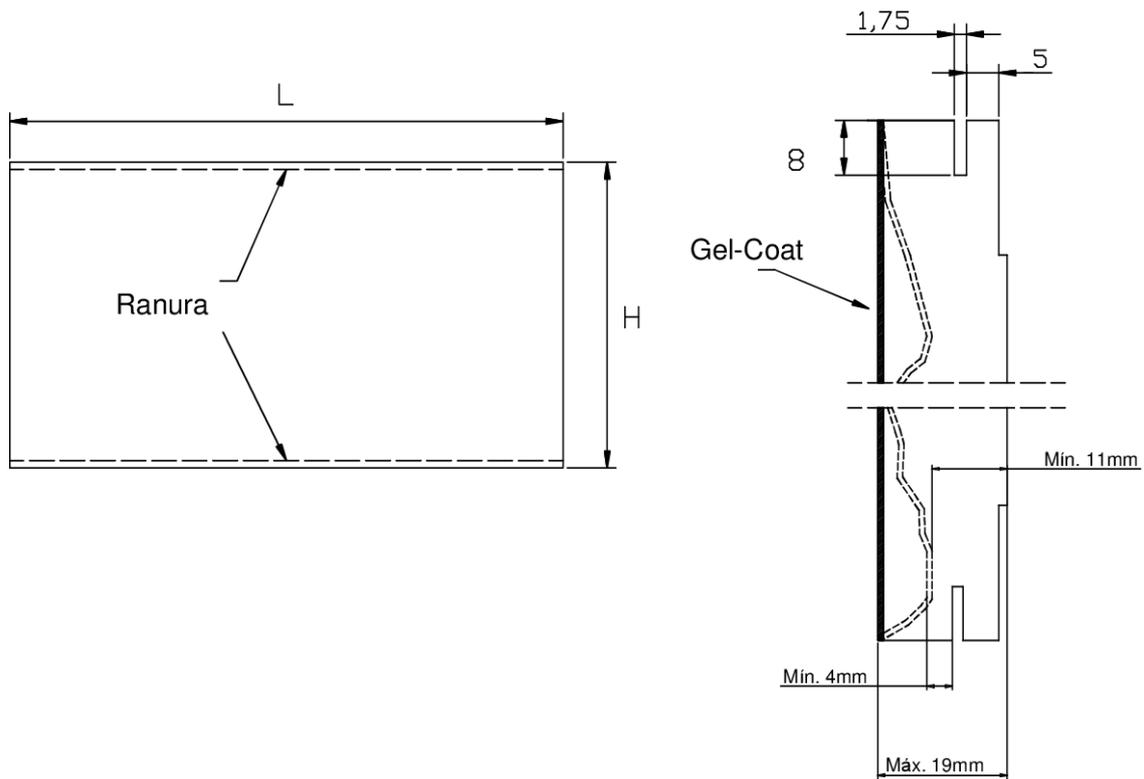


Figura A1.3: Panel VANGUARD 11+ (panel con texturas).

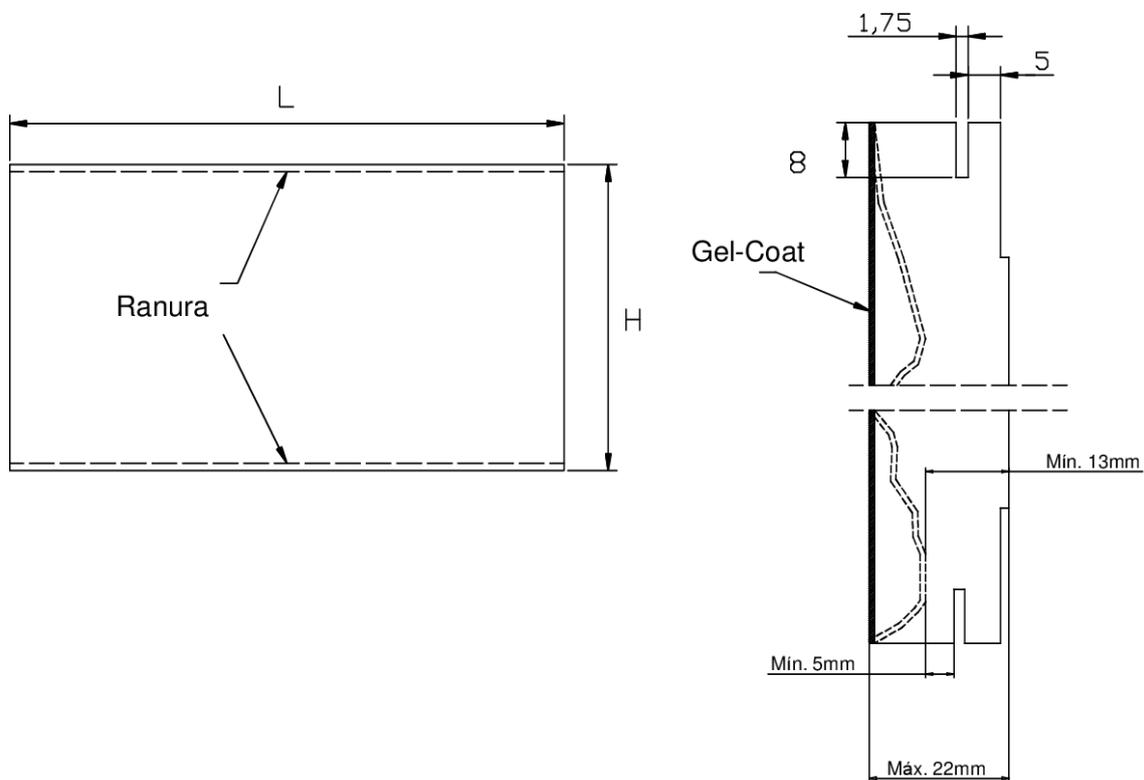


Figura A1.4: Panel VANGUARD 14+ (panel con texturas).



ANEXO 2: Fijaciones del elemento de revestimiento

A2.1 Perfiles guía

Las fijaciones de los revestimientos de los kits VANGUARD son perfiles guía de aleación de aluminio.

Las características geométricas y las propiedades del material de estos perfiles se indican en las tablas A2.1 y A2.2 respectivamente.

Tabla A2.1: Características geométricas de los perfiles guía VANGUARD.

Característica	Valor				
	Perfiles intermedios			Perfil de arranque o coronación	Perfil de soporte (*)
Nombre comercial	Guía junta 3,5	Guía junta 15	Guía junta 20		
Forma y dimensiones	Figura A2.1	Figura A2.2	Figura A2.3	Figura A2.4	Figura A2.5
Peso por metro lineal (kg/m)	0,392	0,495	0,551	0,427	0,390
Longitud en suministro (mm)	3600				
Sección transversal (mm ²)	145	183	204	158	144
Momento de inercia (mm ⁴)	I_{xx}	15100	19400	30000	38700
	I_{yy}	8400	26600	12000	5800
Módulo resistente (mm ³)	W_{xx}	620	733	1077	1202
	W_{yy}	444	1082	835	330

(*) Este perfil solo se usa en el sistema vertical VANGUARD (véase el apartado A4.2 en el Anexo 4).

Tabla A2.2: Propiedades del material de los perfiles guía VANGUARD.

Característica	Referencia	Valor			
Tipo de material		AW 6063 T5	AW 6063 T6	AW 6060 T6	AW 6060 T66
Clase de durabilidad		Clase B			
Peso específico (kg/m ³)		2700			
Límite elástico $R_{p0,2}$ (MPa)		≥ 130 MPa	≥ 170 MPa	≥ 150 MPa	≥ 150 MPa
Límite de rotura R_m (MPa)		≥ 175 MPa	≥ 215 MPa	≥ 190 MPa	≥ 195 MPa
Alargamiento (%)	EN 1999-1-1	≥ 8			
Módulo de elasticidad (a 20 °C) (MPa)	EN 755-2	70000			
Coeficiente de Poisson		0,3			
Coeficiente de expansión térmica lineal entre 50 °C y 100 °C (μm/m·°C)		23,0			
Flecha máxima		L/100			



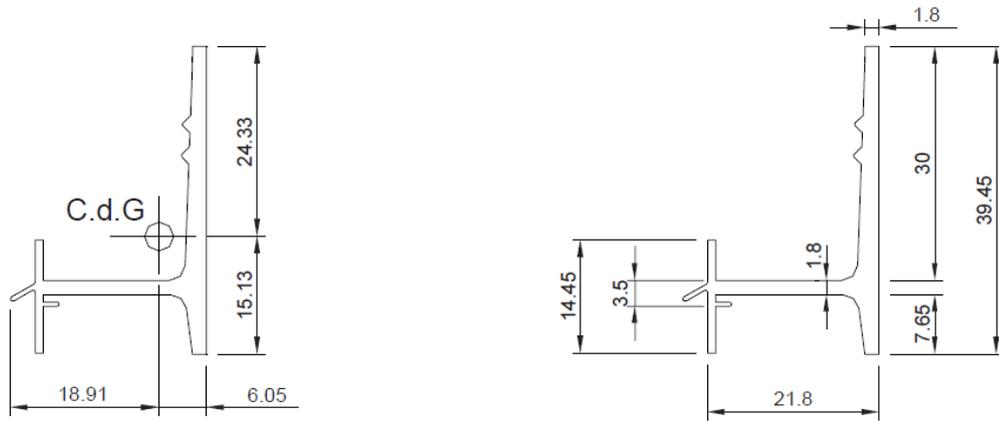


Figura A2.1: Perfil guía de junta 3,5.

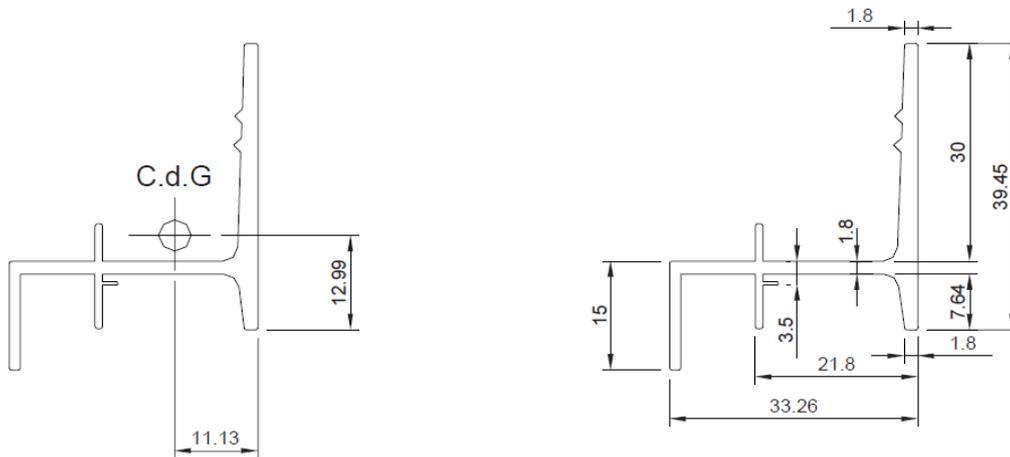


Figura A2.2: Perfil guía de junta 15.

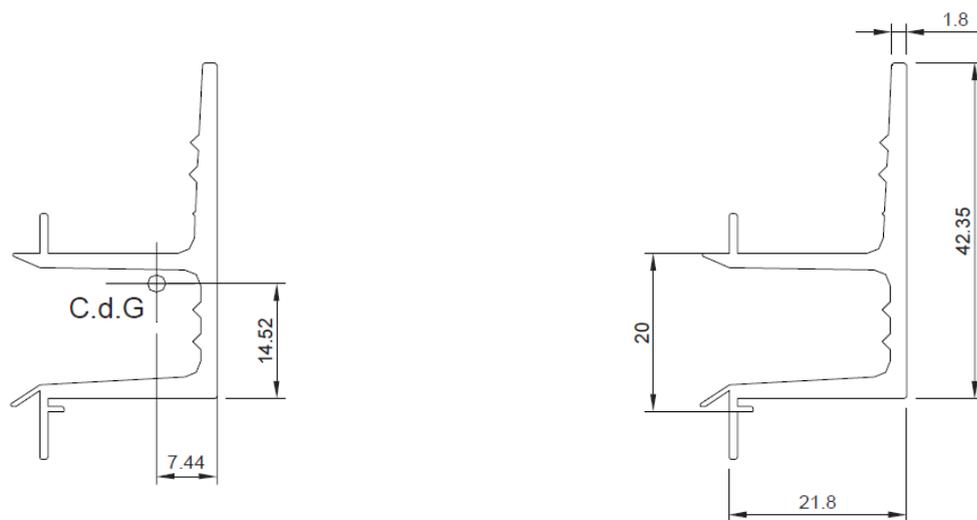


Figura A2.3: Perfil guía de junta 20.



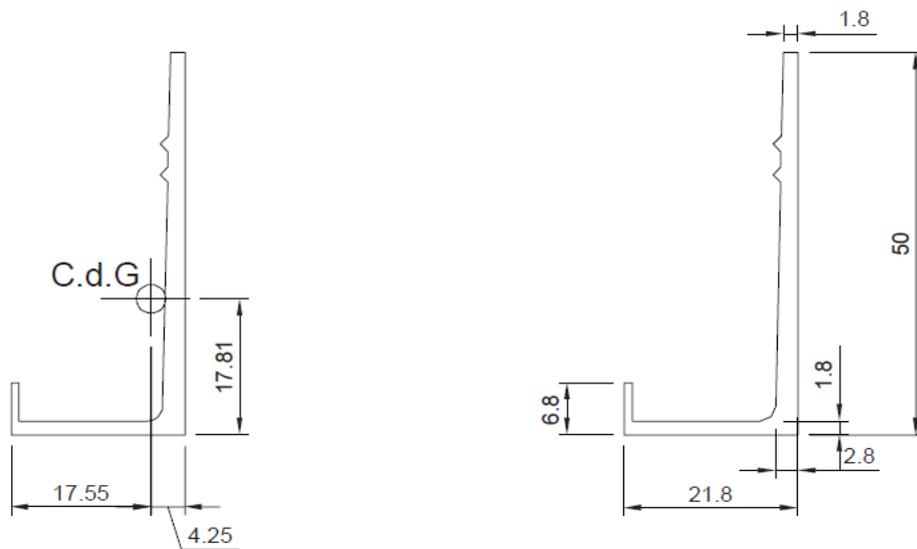


Figura A2.4: Perfil de arranque o coronación.

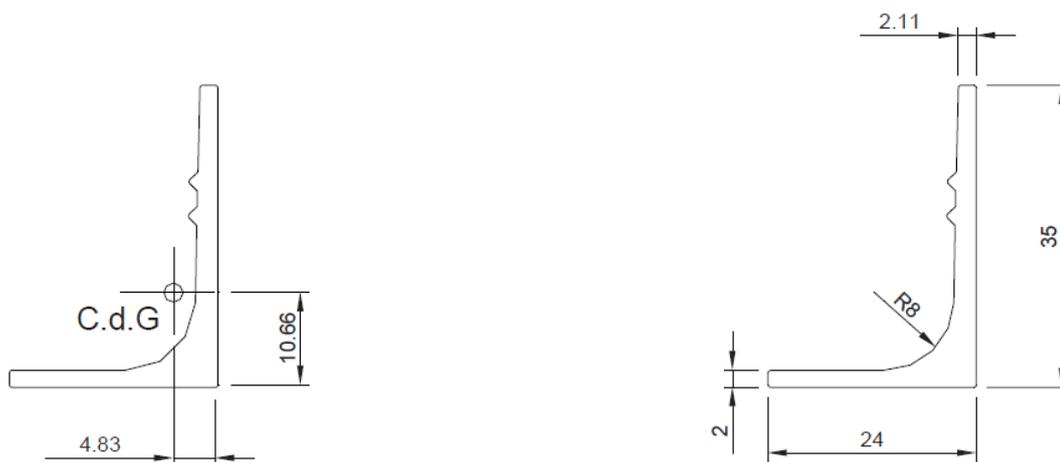


Figura A2.5: Perfil de soporte.

A2.2 Tornillos entre los perfiles de fijación del revestimiento y los perfiles de la subestructura

Tabla A2.2: Características de los tornillos.

		Referencia	Valor	
Tipo genérico	--		Tornillo autotaladrante con cabeza hexagonal y arandela integrada	
Material			Acero inoxidable A2-70 o A4-70	Acero galvanizado
Protección a la corrosión			---	≥ 3 μm
Dimensiones (mm)	Tornillo	UNE EN ISO 15480	≥ 5,5 x (longitud ≥ 25)	≥ 6,3 x (longitud ≥ 25)
	Arandela	UNE EN ISO 1478	≥ 10,5	≥ 12,5
Capacidad de taladro		UNE EN ISO 4759-1	≥ 5,0	
Resistencia a cortante (kN)			≥ 2,2	
Resistencia al arrancamiento (kN)			≥ 2,1	



ANEXO 3: Componentes de la subestructura

A3.1 Perfiles verticales de la subestructura VANGUARD

Las características geométricas y propiedades del material de los perfiles verticales de la subestructura VANGUARD se indican en las tablas A3.1 y A3.2 respectivamente.

Tabla A3.1: Características geométricas de los perfiles verticales de la subestructura VANGUARD.

Característica	Valor	
	Perfil VANGUARD T60x40x2,5	Perfil VANGUARD T60x100x2,5
Nombre comercial		
Forma y dimensiones	Figura A3.1	Figura A3.2
Peso por metro lineal (kg/m)	0,658	1,063
Longitud en suministro (mm)	Variable	
Sección transversal (mm ²)	244	394
Momento de inercia (mm ⁴)	I_{xx}	92800
	I_{yy}	13400
Módulo resistente (mm ³)	W_{xx}	2260
	W_{yy}	670
		121800
		208200
		2548
		4164

Tabla A3.2: Propiedades del material de los perfiles verticales de la subestructura VANGUARD.

Característica	Referencia	Valor			
		AW 6063 T5	AW 6063 T6	AW 6060 T6	AW 6060 T66
Tipo de material		AW 6063 T5	AW 6063 T6	AW 6060 T6	AW 6060 T66
Clase de durabilidad		Class B			
Peso específico (kg/m ³)		2700			
Límite elástico $R_{p0,2}$ (MPa)		≥ 130 MPa	≥ 170 MPa	≥ 150 MPa	≥ 150 MPa
Límite de rotura R_m (MPa)		≥ 175 MPa	≥ 215 MPa	≥ 190 MPa	≥ 195 MPa
Alargamiento (%)		≥ 8			
Módulo de elasticidad (a 20 °C) (MPa)	EN 1999-1-1 EN 755-2	70000			
Coefficiente de Poisson		0,3			
Coefficiente de expansión térmica lineal entre 50 °C y 100 °C (μm/m·°C)		23,0			
Flecha máxima		L/200			

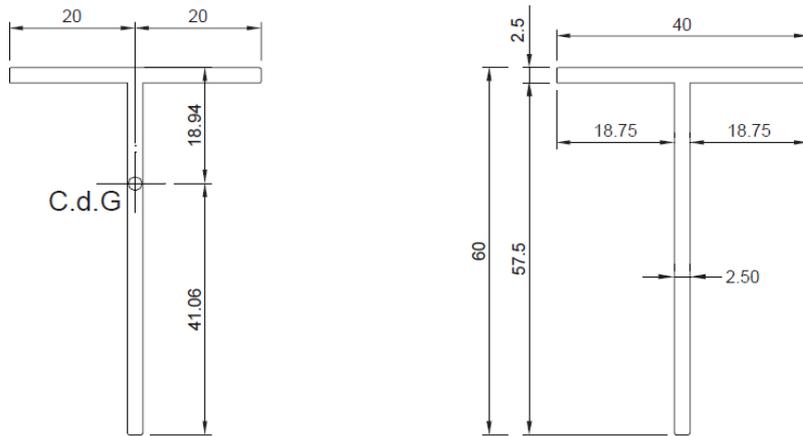


Figura A3.1: Perfil vertical VANGUARD T60x40x2,5.

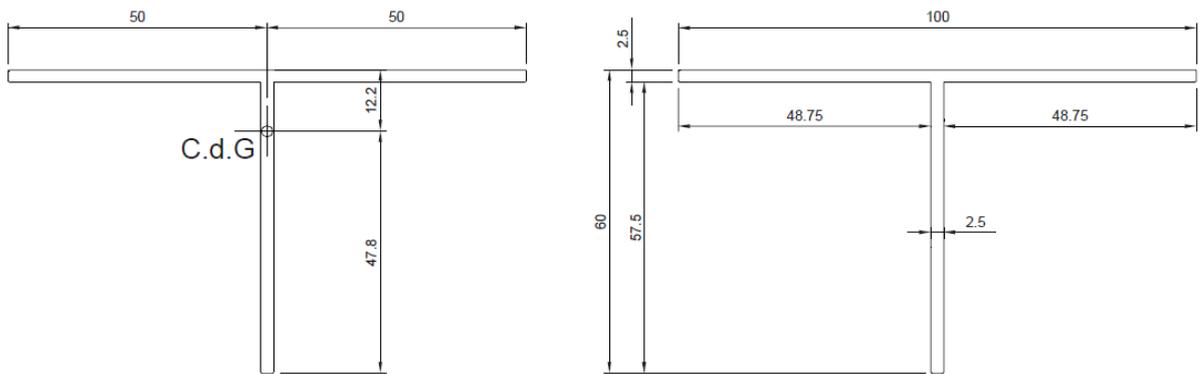


Figura A3.2: Perfil vertical VANGUARD T60x100x2,5.

A3.2 Escuadras de la subestructura VANGUARD

Las características geométricas y propiedades del material de las escuadras de la subestructura VANGUARD se indican en las tablas A3.3 y A3.4 respectivamente.

Tabla A3.3: Características geométricas de las escuadras de la subestructura VANGUARD.

Característica	Valor				
Nombre comercial	Escuadra VANGUARD L40x100x30x3	Escuadra VANGUARD L40x100x80x3	Escuadra VANGUARD L40x100x120x3	Escuadra VANGUARD L45x150x180x 3,5-4	Escuadra VANGUARD L55x150x220x 3,5-4
Forma y dimensiones	Figura A3.3	Figura A3.4	Figura A3.5	Figura A3.6	Figura A3.7
Peso por unidad (kg)	57	85	120	305	416

Tabla A3.4: Propiedades del material de las escuadras de la subestructura VANGUARD.

Característica	Referencia	Valor			
Tipo de material		AW 6063 T5	AW 6063 T6	AW 6060 T6	AW 6060 T66
Clase de durabilidad		Class B			
Peso específico (kg/m ³)		2700			
Límite elástico R _{p0,2} (MPa)		≥ 130 MPa	≥ 170 MPa	≥ 150 MPa	≥ 150 MPa
Límite de rotura R _m (MPa)		≥ 175 MPa	≥ 215 MPa	≥ 190 MPa	≥ 195 MPa
Alargamiento (%)	EN 1999-1-1	≥ 8			
Módulo de elasticidad (a 20 °C) (MPa)	EN 755-2	70000			
Coefficiente de Poisson		0,3			
Coefficiente de expansión térmica lineal entre 50 °C y 100 °C (µm/m·°C)		23,0			

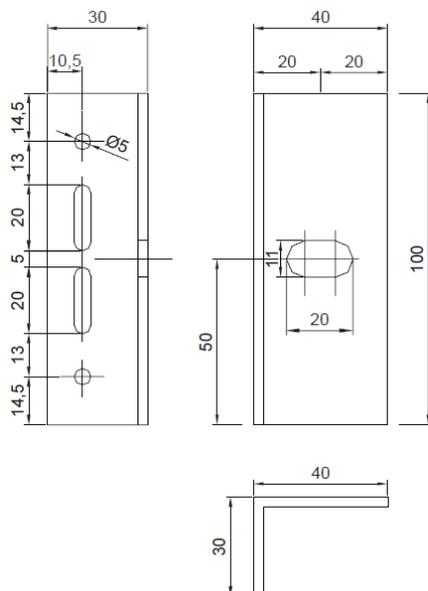


Figura A3.3: Escuadra VANGUARD L40/100x30x3.

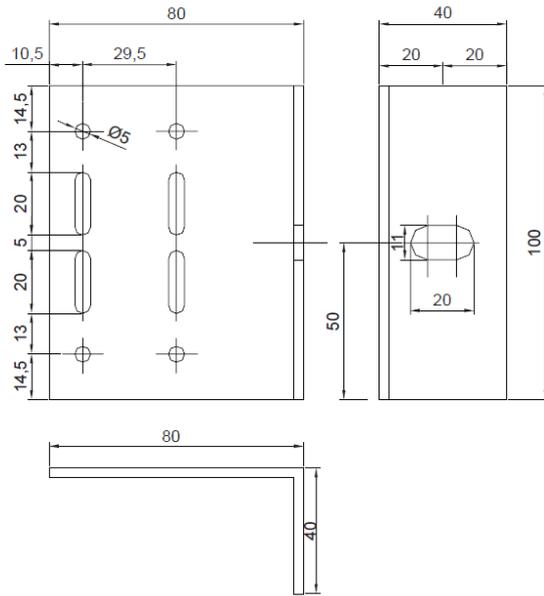


Figura A3.4: Escuadra VANGUARD L40/100x80x3.

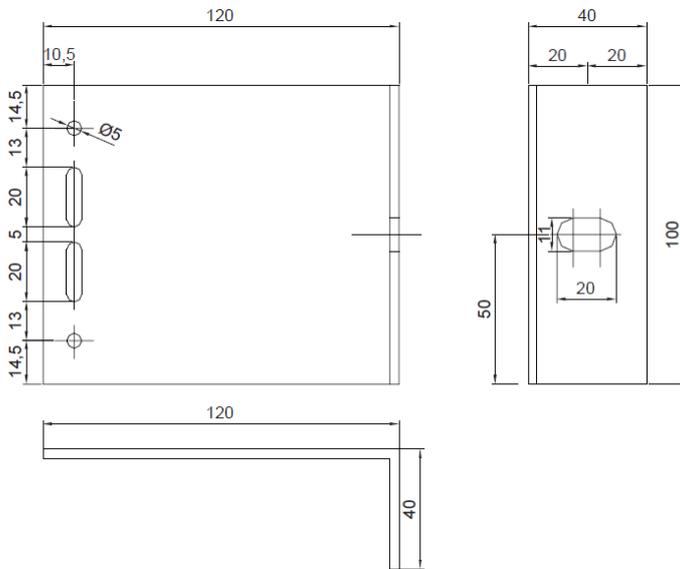


Figura A3.5: Escuadra VANGUARD L40/100x120x3.

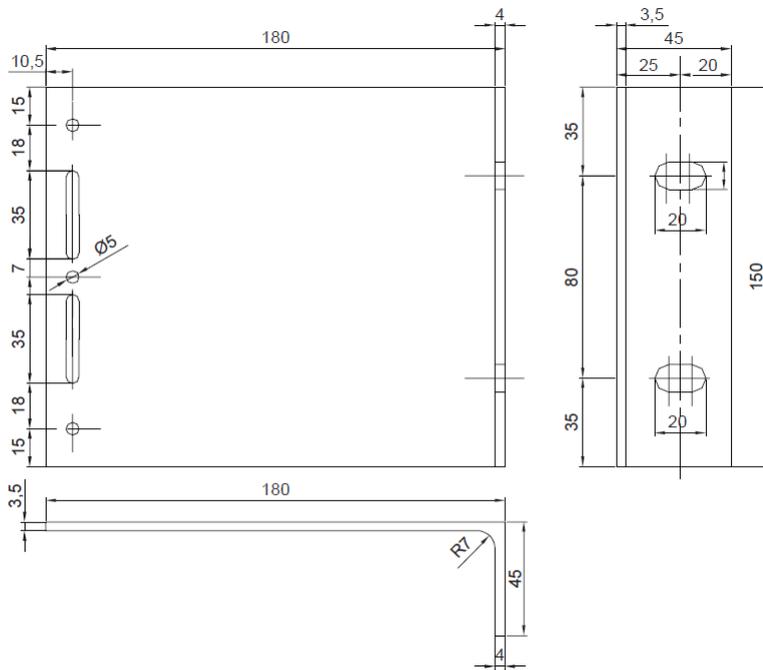


Figura A3.6: Escuadra VANGUARD L45/150x180x3,5-4.

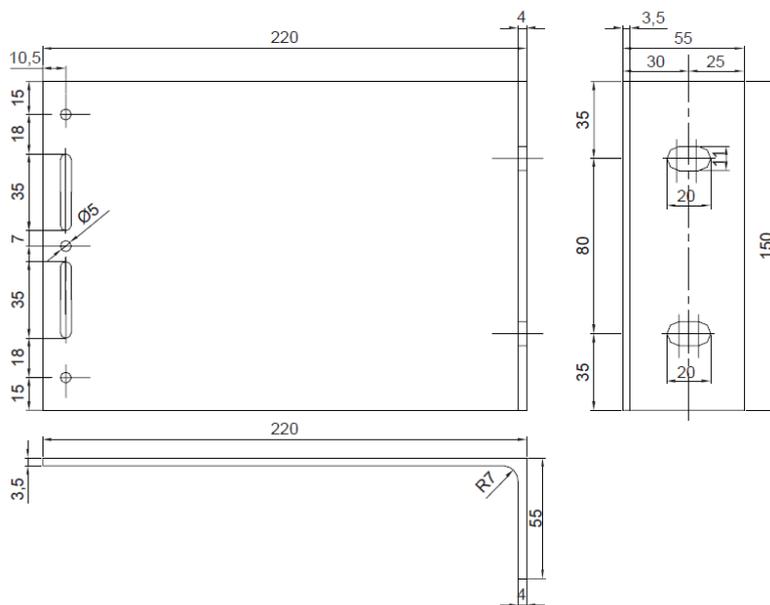


Figura A3.7: Escuadra VANGUARD L55/150x220x3,5-4.

A3.3 Tornillos entre el perfil vertical y las escuadras de la subestructura

Véase el apartado A2.2 en el Anexo 2.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO
Nº Visado: VI/17/00092
Fecha: 15/03/2017

ANEXO 4: Detalles constructivos

Existen dos posibles sistemas de configuración para el kit VANGUARD dependiendo de si los perfiles guía están posicionados en dirección horizontal (sistema horizontal VANGUARD) o en dirección vertical (sistema vertical VANGUARD).

A4.1 Sistema horizontal VANGUARD

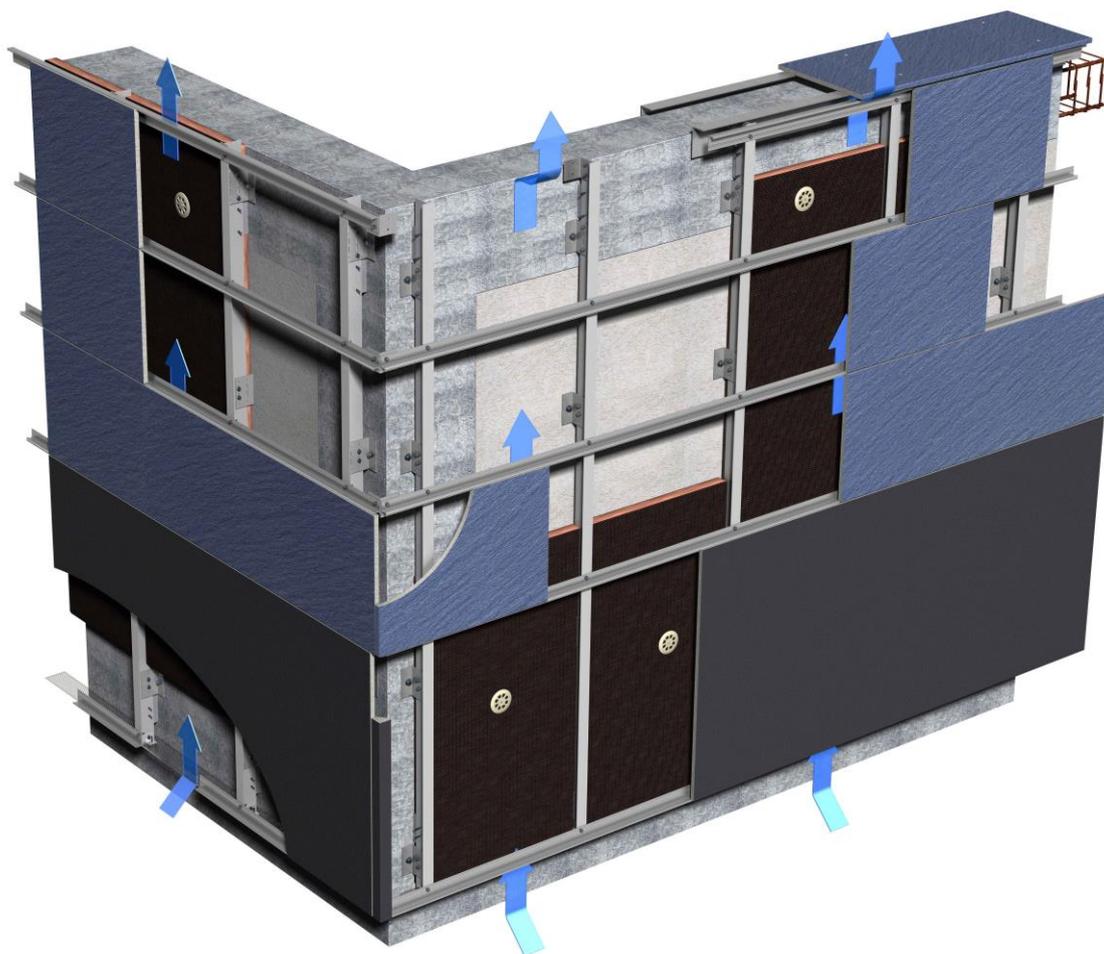


Figura A4.1: Sistema horizontal VANGUARD. Vista general.

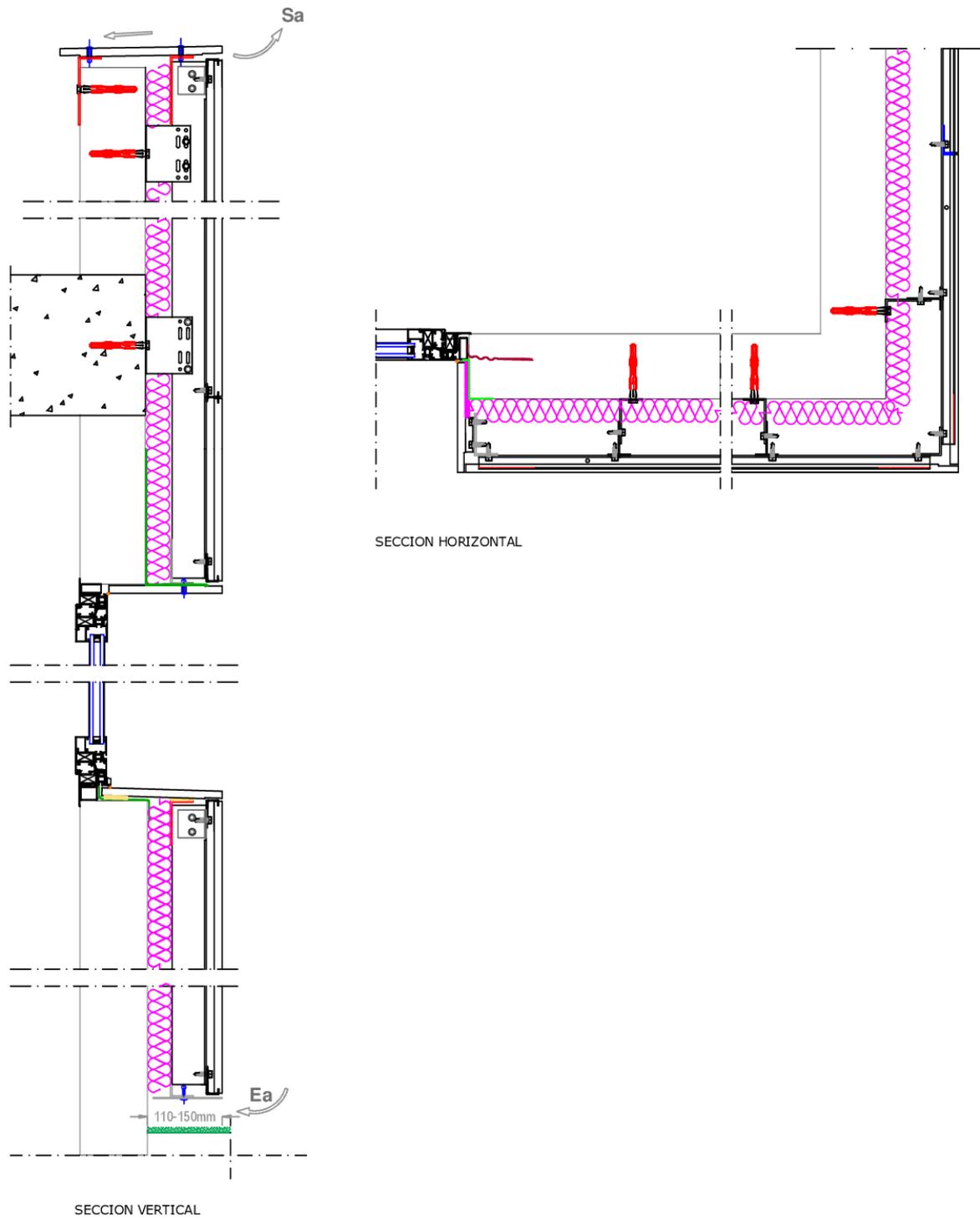


Figura A4.2a: Sistema horizontal VANGUARD. Detalles constructivos.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO
Nº Visado: V/1/17/00092
Fecha: 15/03/2017

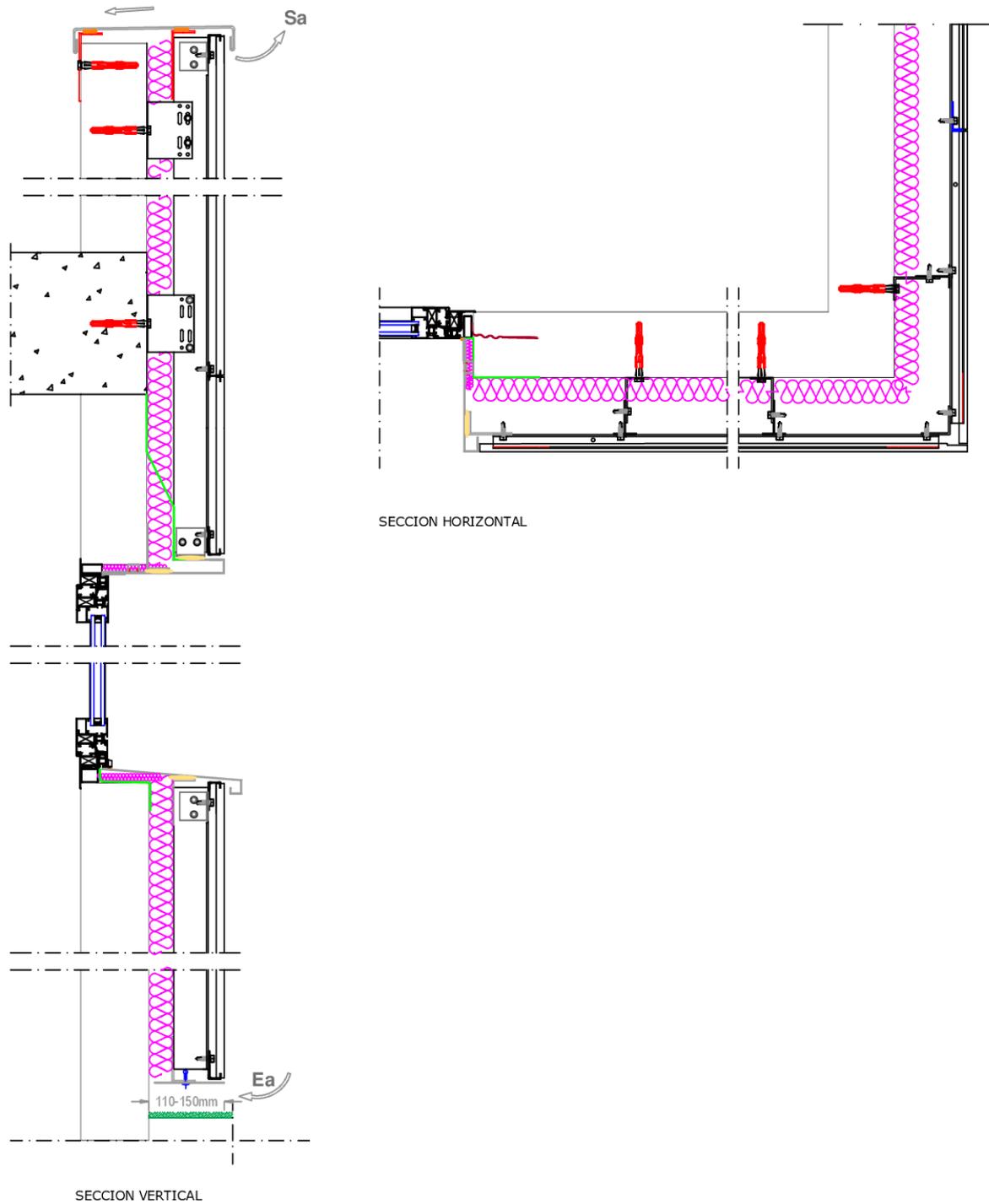


Figura A4.2b: Sistema horizontal VANGUARD. Detalles constructivos acabados con piezas metálicas.



A4.2 Sistema vertical VANGUARD

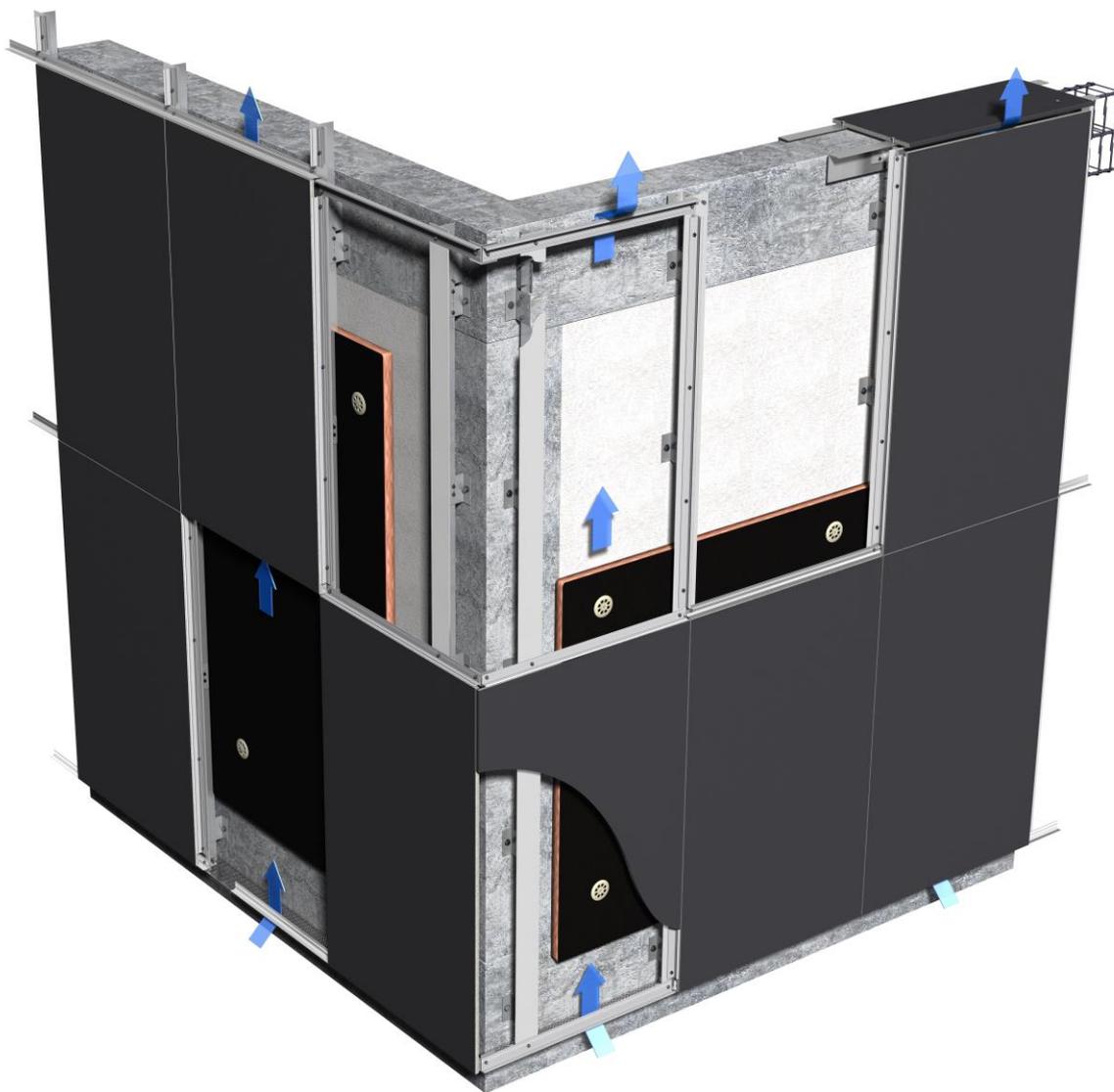


Figura A4.3: Sistema vertical VANGUARD. Vista general.



COLEGIU OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ALAVA
ARABAKO INDUSTRI INGENIARIEN ELKARGO OFIZIALA

VISADO
Nº Visado: VI/17/00092
Fecha: 15/03/2017

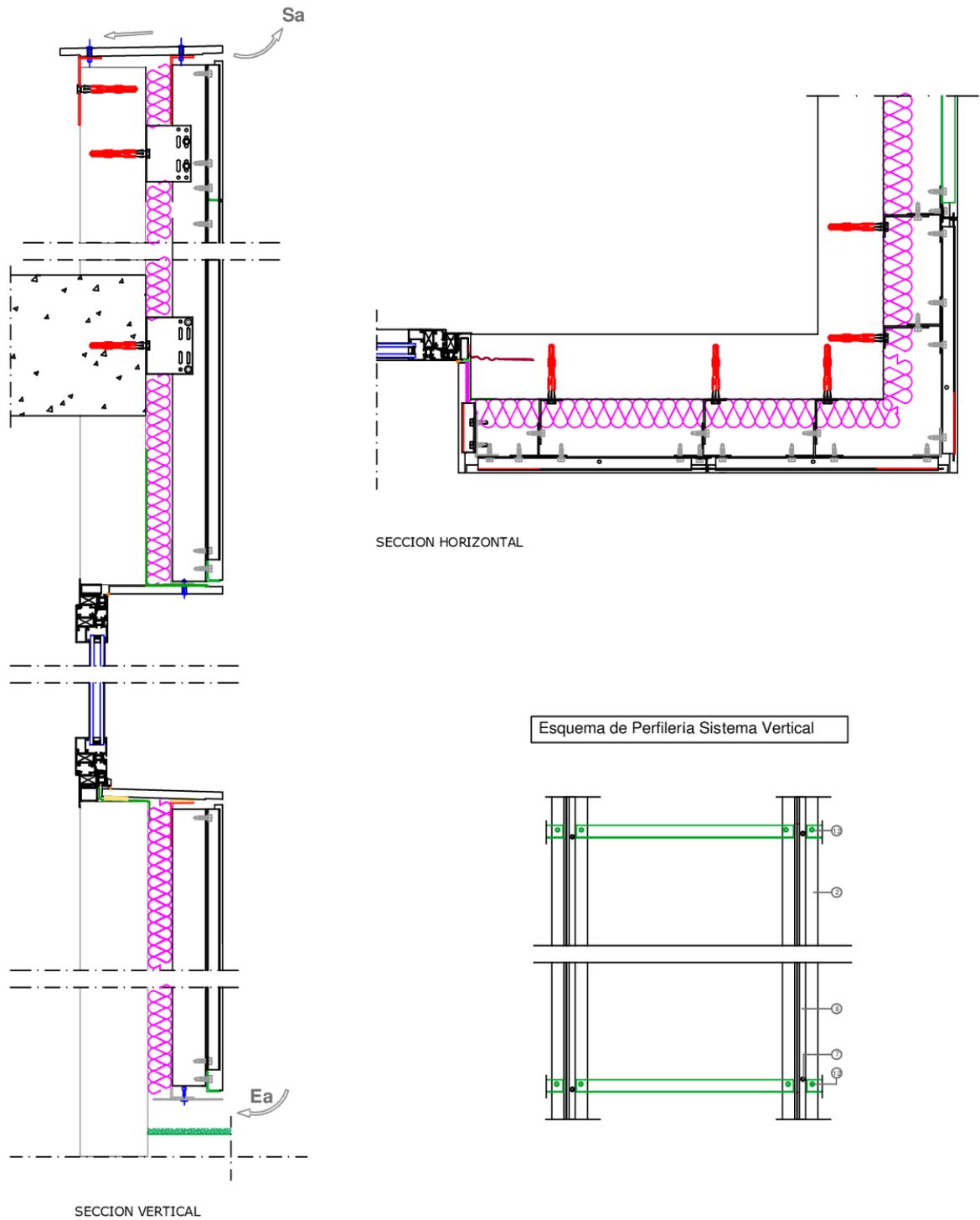


Figura A4.4a: Sistema vertical VANGUARD. Detalles constructivos.



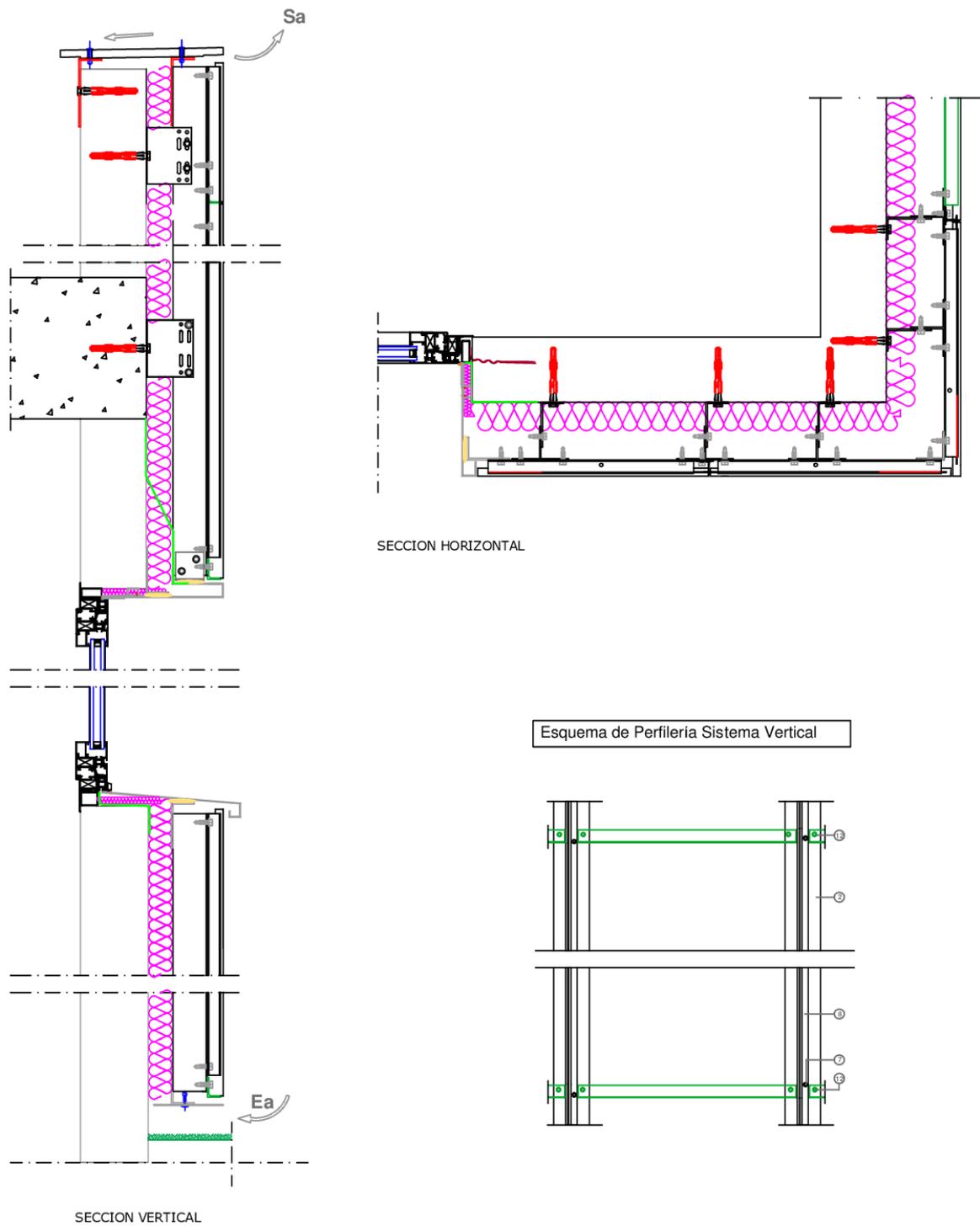


Figura A4.4b: Sistema vertical VANGUARD. Detalles constructivos acabados con piezas metálicas.



ANEXO 5: Criterios de diseño, instalación, mantenimiento y reparación

A5.1 Diseño

El diseño de los revestimientos exteriores de fachada ventilada utilizando los productos VANGUARD debería considerar:

- Se asume que el muro exterior (sustrato) cumple con los requisitos necesarios respecto a la resistencia mecánica (resistencia a acciones estáticas y dinámicas) y respecto a la estanqueidad al aire, así como los aspectos relevantes en cuanto a la estanqueidad al agua y vapor de agua.
- La verificación mediante cálculo del diseño del sistema, teniendo en cuenta los valores de las características mecánicas de los componentes del kit (elemento de revestimiento, fijaciones del revestimiento y componentes de la subestructura), con el fin de resistir las acciones (peso propio, viento, etc.) que aplican específicamente en cada obra. Deben utilizarse los coeficientes de seguridad nacionales.
- La selección y verificación de las fijaciones entre los componentes de la subestructura (p.ej. las ménsulas) y el muro exterior (sustrato), teniendo en cuenta el material del sustrato (véase el apartado 2) y la resistencia mínima requerida (resistencia al arrancamiento y al cortante) de acuerdo con las acciones previstas obtenidas de los cálculos mecánicos del sistema diseñado.
- La adaptación del sistema diseñado a los movimientos del sustrato o movimientos estructurales.
- La ejecución de los puntos singulares de la fachada; algunos ejemplos se indican en el Anexo 4.
- La protección a la corrosión de los componentes metálicos del sistema debe ser seleccionada considerando la categoría de corrosión atmosférica (p.ej. de acuerdo a la norma ISO 9223) del lugar donde se encuentre la obra.
- La capacidad de drenaje de la cámara de aire ventilada entre los elementos de revestimiento y la capa de aislamiento o el paramento exterior respectivamente.
- La capa de aislamiento, en general, se fija al paramento exterior y se debe especificar de acuerdo con una norma armonizada o con una evaluación técnica europea.
- Debido a que las juntas no son estancas, la primera capa detrás de la cámara de aire ventilada (p.ej. la capa de aislamiento) debe estar compuesta por materiales de baja absorción de agua.

A5.2 Instalación

La instalación del revestimiento exterior de fachada ventilada utilizando los productos VANGUARD debe realizarse:

- De acuerdo con las instrucciones del fabricante y utilizando los componentes indicados en esta ETE.
- De acuerdo con el diseño y planos preparados para cada obra específica. Es responsabilidad del fabricante asegurar que la información es aportada a aquellos a los cuales les concierne.
- Por personal cualificado y bajo la supervisión del responsable de la obra.

A5.3 Mantenimiento y reparación

El mantenimiento del revestimiento exterior de fachada ventilada utilizando los productos VANGUARD incluye inspecciones en obra, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Respecto a los elementos de revestimiento: la aparición de algún daño como fisuras, desprendimientos, delaminación, presencia de moho debido a humedad permanente o deformación permanente irreversible.
- Respecto a los componentes metálicos (fijaciones del revestimiento, perfiles, escuadras y fijaciones entre ellos): la presencia de corrosión o de acumulación de agua.

Cuando sea necesario, cualquier reparación en áreas dañadas localizadas se debe llevar a cabo con los mismos componentes y seguir las instrucciones de reparación dadas por el fabricante.

