Dossier Técnico

Capítulo 2 – Fachadas

2.3 – Panel sin Barniz ni Pintura

(Fijación con Tornillos)

Cement-bonded particleboards

Panel de partículas aglomeradas con cemento

Oficina

INVESTWOOD S.A.

Av. Infante Dom Henrique 337 3º Piso

1800- 210 LISBOA, PORTUGAL

Fábrica

VIROC Portugal S.A.

Estrada Nacional 10

Km 44.7, Vale da Rosa

2914-519 SETÚBAL, PORTUGAL

In/ investwood

www.investwood.pt

2025.1

ÍNDICE

2. FACHADAS VENTILADAS 7

2.3 PANEL VIROC EN FACHADAS SIN BARNIZAR NI PINTAR 7

2.3.01 Estructura de Soporte en Madera 8

2.3.02 Estructura de Soporte de Acero Galvanizado 8

2.3.03 Escuadras de Soporte 10

2.3.04 Anclajes para la Fijación de las Escuadras 10

2.3.05 Anclajes para la Fijación del Aislamiento Térmico 11

2.3.06 Bandas para Proteger los Montantes de Madera 11

2.3.07 Tornillos para Fijar los Paneles a una Estructura de Madera 12

2.3.08 Tornillos para Fijar los Paneles a una Estructura de Acero Galvanizado 13

2.3.09 Remaches para Fijar los Paneles a una Estructura Metálica 13

2.3.10 Espesores recomendados de los paneles de fachada Viroc y sus tolerancias 14

2.3.11 Peso de los paneles 14

2.3.12 Dimensiones de fabricación de los paneles Viroc y tolerancias de corte 15

2.3.13 Formato máximo de los paneles de fachada 15

2.3.14 Formato mínimo de los paneles de fachada 15

2.3.15 Operaciones de montaje de fachadas 15

2.3.16 Marcación e Identificación de los Elementos de la Fachada 15

2.3.17 Montaje de las Escuadras de Soporte 15

2.3.18 Fijación de las Escuadras a la Pared de Soporte 15

2.3.19 Placas de Ángulo 15

2.3.20 Montaje del Aislamiento Térmico 16

2.3.21 Montaje de los Perfiles de Soporte 16

2.3.22 Fijación de los Perfiles a las Escuadras de Soporte 16

2.3.23 Bandas de Protección de los Montantes de Madera 17

2.3.24 Corte de los Paneles Viroc 17

2.3.25 Perforación de los Paneles Viroc 17

2.3.26 Preparación de la Superficie de los Paneles Viroc 18

2.3.27 Barnizado o Pintura de los Paneles Viroc 18

2.3.28 Fijación de los Paneles Viroc 18

2.3.29 Herramientas auxiliares de montaje 20

2.3.30 Tratamiento de juntas 21

2.3.31 Ventilación de la lámina de aire 21

2.3.32 Remate Superior de Fachada 22

2.3.33 Compartimentación de la cámara de aire 22

2.3.34 Perfiles de Ángulo 22

2.3.35 Limpieza de los Paneles después de la Aplicación 22

2.3.36 Sustitución de un Panel 22

2.3.37 Resistencia al Impacto 23

2.3.38 Acción del Viento 23

2.3.39 Verificación de la Seguridad al Viento 23

2.3.40 Ejemplo de Verificación de la Seguridad de un Panel Viroc ante Cargas de Viento 23

2.3.41 Escurrimientos 25

2.3.42 Deformación de la Superficie 25

2.3.43 Cambio de Color de los Paneles 25

2.3.44 Almacenamiento 26

2.3.45 Aclimatación 26

2.3.46 Detalles, Estructura de Madera 27

2.1.47 Detalles, estructura de acero galvanizado 36

ÍNDICE DE TABELAS E FIGURAS

Figura 2.3.1 – Estructura de madera 8
Figura 2.3.2 – Perfiles de acero galvanizado 9
Figura 2.3.3 – Perfiles de acero galvanizado (Alternativa) 9
Figura 2.3.4 – Escuadras de soporte en acero galvanizado 10
Figura 2.3.5 – Anclaje plástico Ø10mm 11
Figura 2.3.6 – Anclaje metálica M8 11
Figura 2.3.7 – Anclaje que fija el aislamiento térmico a la estructura de soporte 11
Figura 2.3.8 – Bandas para proteger los montantes de madera, en PVC flexible o de EPDM 12
Figura 2.3.9 – Tornillos para estructuras de madera 12
Figura 2.3.10 – Tornillos para estructuras metálicas 13
Figura 2.3.11 – Remaches para fijar paneles Viroc a estructuras metálicas 14
Figura 2.3.12 – Boquilla para limitar el apriete, atornillar en la boca de la remachadora 14
Figura 2.3.13 – Placa de ángulo auxiliar, acero galvanizado Z350 Espesor 2,5 mm 16
Figura 2.3.14 – Fijación de los montantes de madera a las escuadras de soporte 16
Figura 2.3.15 – Fijación de los perfiles de acero galvanizado a las escuadras de soporte 17
Figura 2.3.16 – Sierra circular con disco cortante de tungsteno 17
Figura 2.3.17 – Perforadora y brocas HSS (para taladrar metal) 18
Figura 2.3.18 - Localización de las fijaciones y diámetro de los taladros 19
Figura 2.3.19 – Apriete y colocación correctos de los tornillos 19
Figura 2.3.20 – Apriete y colocación correctos de los tornillos 20
Figura 2.3.21 – Distancia mínima de los tornillos a los bordes de los rastreles 20
Figura 2.3.22 – Posicionamiento correcto de tornillos o remaches 20
Figura 2.3.23 – Llave para centrar tornillos 21
Figura 2.3.24 – Llave para centrar taladros 21
Figura 2.3.25 – Herramienta para centrar taladros 21
Figura 2.3.26 – Perfil perforado anti-roedores 21
Figura 2.3.27 – Perfiles de ángulos cóncavos 22
Figura 2.3.28 – Perfiles de ángulos obtusos 22
Tabla 4 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 600 mm 24
Figura 2.3.29 – Fijación de los paneles con 3 y 2 filas de tornillos 25
Figura 2.3.30 – Sección vertical, junta entre paneles 27
Figura 2.3.31 – Sección horizontal, junta entre paneles 27
Figura 2.3.32 – Detalle bajo el balcón 28
Figura 2.3.33 – Detalle del lateral 28
Figura 2.3.34 – Junta de dilatación 29
Figura 2.3.35 – Ángulo reentrante 29
Figura 2.3.36 – Ángulo saliente 30
Figura 2.3.37 - Compartimentación horizontal de la lámina de aire 30
Figura 2.3.38 – Detalle de la base, rejilla anti-roedores 31
Figura 2.3.39 – Sección horizontal, abertura de ventana 31
Figura 2.3.40 – Sección vertical, abertura de ventana 32
Figura 2.3.41 – Detalle de la parte superior 33
Figura 2.3.42 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud ≤ 6 m 33
Figura 2.3.43 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud > 6 m 34
Figura 2.3.44 – Detalle de la conexión entre la fachada y el falso techo 35
Figura 2.3.45 – Sección vertical, junta entre paneles 36
Figura 2.3.46 – Sección horizontal, junta entre paneles 36
Figura 2.3.47 – Detalle bajo el balcón 37
Figura 2.3.48 – Detalle del lateral 37
Figura 2.3.49 – Junta de dilatación 38
Figura 2.3.50 – Ángulo reentrante 38

Figura 2.3.51 – Ángulo saliente 39
Figura 2.3.52 – Ángulo saliente, variante 39
Figura 2.3.53 – Compartimentación horizontal de la lámina de aire 40
Figura 2.3.54 – Detalle de la base, rejilla anti-roedores 40
Figura 2.3.55 – Sección horizontal, abertura de ventana 41
Figura 2.3.56 – Detalle de la parte superior 41
Figura 2.3.57 – Sección vertical, abertura de ventana 42
Figura 2.3.58 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud ≤ 6 m 43
Figura 2.3.59 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud > 6 m 43
Figura 2.3.60 – Detalle de la conexión entre la fachada y el falso techo 44

TABLAS DE CARGAS DE VIENTO 45

Tabla 1 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 300 mm 45
Tabla 2 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 400 mm 45
Tabla 3 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 500 mm 46
Tabla 4 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 600 mm 46

Créditos

Autor

José Pinheiro Soares, suporte.tecnico@investwood.pt

Traducción

José Pinheiro Soares, suporte.tecnico@investwood.pt

Viroc Portugal S.A. se reserva el derecho de modificar este documento sin previo aviso.

Este Dossier Técnico anula todos los documentos técnicos anteriores.

Edición: 20 de mayo de 2024

2. FACHADAS VENTILADAS

Debido a sus características mecánicas y a su resistencia a la degradación provocada por las variaciones higrotérmicas, los paneles Viroc son adecuados para su aplicación en fachadas ventiladas.

Los paneles presentan un acabado único, caracterizado por su textura heterogénea y variación de tonalidad, que puede observarse tanto en una misma cara como entre diferentes caras del panel, o entre paneles de distintos lotes de producción. Este efecto de variación de tonalidad es una característica intrínseca del producto y está relacionado con los materiales y el proceso de fabricación.

Debido al proceso de fabricación, las superficies de los paneles pueden presentar pequeñas irregularidades, como pequeñas incrustaciones o diferencias de acabado, que no afectan a la funcionalidad del producto, pero contribuyen a su aspecto rústico y natural. Tales características confieren a los paneles una estética distintiva, haciéndolos adecuados para proyectos que requieren materiales con un aspecto más orgánico y singular.

Con el tiempo, la exposición a la radiación solar puede provocar una ligera alteración en la tonalidad original de los paneles, con un fenómeno natural de aclaramiento gradual. Este proceso de cambio de color es variable y depende del color inicial del panel, siendo más visible en tonalidades oscuras. En el caso de los paneles Viroc, al no estar barnizados, esta alteración de color tiende a ser más acentuada. Este fenómeno es típico de los materiales expuestos a condiciones climáticas y no afecta a las propiedades mecánicas de los paneles.

El sistema de fachada ventilada se compone, en general, de los siguientes elementos:

- Paneles Viroc;
- Estructura de soporte y sus elementos de fijación;
- Tornillos o remaches para la fijación de los paneles a la estructura;
- Aislamiento térmico;
- Cámara de aire ventilada;
- Perfiles complementarios para el remate de puntos singulares.

2.3 PANEL VIROC EN FACHADAS SIN BARNIZAR NI PINTAR

En este sistema constructivo, los paneles Viroc se aplican en bruto, sin ningún tipo de acabado superficial, y se fijan a la estructura de soporte mediante tornillos o remaches.

La ausencia de barnizado confiere a los paneles una mayor sensibilidad a las variaciones higrométricas, por lo que la dimensión máxima recomendada para su aplicación en estas condiciones es de **1500 x 1250 mm**.

Para permitir la libre dilatación y contracción de los paneles sin inducir tensiones o esfuerzos que puedan provocar daños, el sistema de fijación debe estar diseñado con holguras adecuadas.

- **Fijaciones periféricas**: los orificios realizados en los paneles para la instalación de los tornillos deben tener un diámetro de 11 mm, superior al diámetro del cuerpo de los tornillos (4,8 mm o 5,5 mm), permitiendo así el libre movimiento del panel.
- **Fijaciones centrales**: los orificios deberán tener un diámetro idéntico al del tornillo, garantizando una fijación rígida y el correcto posicionamiento del panel.

La secuencia de fijación debe comenzar por los puntos fijos, asegurando la correcta alineación de los paneles. Solo después de esta fijación se deberán ejecutar los puntos con holgura, a fin de evitar tensiones derivadas de posibles desplazamientos o asentamientos.

Nota:

La estructura de soporte de los paneles puede estar compuesta por perfiles de madera o de acero galvanizado. **No se permite el uso de perfiles de aluminio en esta aplicación**, debido a su elevado coeficiente de dilatación térmica, que podría comprometer la estabilidad del sistema.

Es importante señalar que, dado que los paneles no están barnizados, la acción de la lluvia, combinada con los ciclos de humidificación y secado, puede inducir la migración de sales presentes en el cemento hacia la superficie

de los paneles, originando eflorescencias. Estas eflorescencias pueden dar lugar a la formación de escurrimientos y manchas visibles provocadas por el escurrido del agua.

Adicionalmente, pueden producirse deformaciones en los paneles, tanto en su plano como fuera de él.

No se aceptarán reclamaciones relacionadas con la aparición de eflorescencias, escurrimientos o deformaciones derivadas de estas condiciones.

2.3.01 Estructura de Soporte en Madera

La estructura de soporte en madera está compuesta por listones de madera de pino, debidamente fijados a la estructura portante del edificio (pared) mediante escuadras metálicas de acero galvanizado o acero inoxidable, utilizando anclajes mecánicos metálicos o sistemas de fijación compuestos por tornillos metálicos y tacos plásticos.

La madera utilizada en los montantes debe tener, como mínimo, una clase de resistencia C18, de acuerdo con la norma EN 338, y una clase de durabilidad 2, 3 o superior, según la norma EN 335. En el caso de madera con clase de durabilidad 2, es obligatorio aplicar una banda protectora contra la humedad.

En el momento de la instalación en obra, el contenido de humedad de la madera no debe exceder el 18%, y la diferencia de humedad entre montantes consecutivos no podrá ser superior al 4%. La medición de la humedad debe realizarse según el método descrito en la norma EN 13183-2, utilizando un medidor de humedad con puntas.

La sección de los montantes debe ser, preferentemente, rectangular, con una dimensión mínima de 40x50 mm (ver Figura 2.3.1).

El dimensionamiento de la estructura de soporte en madera debe atender a las cargas y solicitaciones a las que estará sometida, como variaciones de temperatura, humedad, y presiones y depresiones provocadas por el viento, asegurando que no comprometa el rendimiento funcional del sistema de fachada ventilada. La deformación admisible de los montantes, resultante de la acción del viento, no podrá exceder el valor de L/200, siendo L el vano entre puntos de fijación.

El ancho de los montantes debe ser suficiente para permitir una correcta instalación de los elementos de fijación de los paneles, con tolerancia para eventuales desvíos de alineación. La distancia entre el eje de los tornillos y el extremo del montante no debe ser inferior a 15 mm (ver Figura 2.3.21).

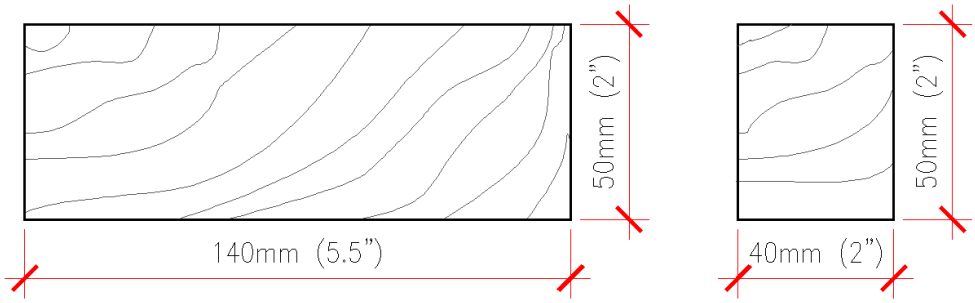


Figura 2.3.1 – Estructura de madera

Clase de resistencia mínima C18 (EN 338) y clase de durabilidad 2, 3 o superior (EN335)

2.3.02 Estructura de Soporte de Acero Galvanizado

La estructura de soporte en acero galvanizado está compuesta por perfiles metálicos, debidamente fijados a la estructura portante del edificio (pared) mediante escuadras metálicas de acero galvanizado o acero inoxidable, utilizando anclajes mecánicos metálicos o sistemas de fijación compuestos por tornillos metálicos y tacos plásticos.

Los perfiles montantes deben ser fabricados en acero con una clase de resistencia mínima S220GD+Z, conforme a la norma EN 10346.

El recubrimiento de zinc por inmersión en caliente debe tener, como mínimo, 275 g/m² en zonas costeras y 140 g/m² en las demás zonas.

La sección de los perfiles debe ser, preferentemente, en forma de Omega (Ω), U o L, con un grosor mínimo de 1,5 mm (ver Figura 2.3.2 y 2.3.3). Se pueden admitir otras formas, siempre que presenten un rendimiento estructural y durabilidad equivalentes.

Nota:

No deben utilizarse perfiles metálicos diseñados para paredes de yeso laminado, ya que su grosor es inferior al mínimo exigido de 1,5 mm.

El dimensionamiento de la estructura de soporte en acero galvanizado debe atender a las cargas y solicitaciones a las que estará sometida, como variaciones de temperatura, humedad, y presiones y depresiones provocadas por el viento, asegurando que no comprometa el rendimiento funcional del sistema de fachada ventilada. La deformación admisible de los perfiles, resultante de la acción del viento, no podrá exceder el valor de L/200, siendo L el vano entre puntos de fijación.

El ancho de los perfiles debe ser suficiente para permitir una correcta instalación de los elementos de fijación de los paneles, con tolerancia para eventuales desvíos de alineación. La distancia entre el eje de los tornillos y el extremo del perfil no debe ser inferior a 10 mm (ver Figura 2.3.22).

La distancia entre perfiles debe estar de acuerdo con la distancia máxima entre fijaciones de los paneles. El alineamiento entre perfiles consecutivos no debe presentar discrepancias superiores a 2 mm.

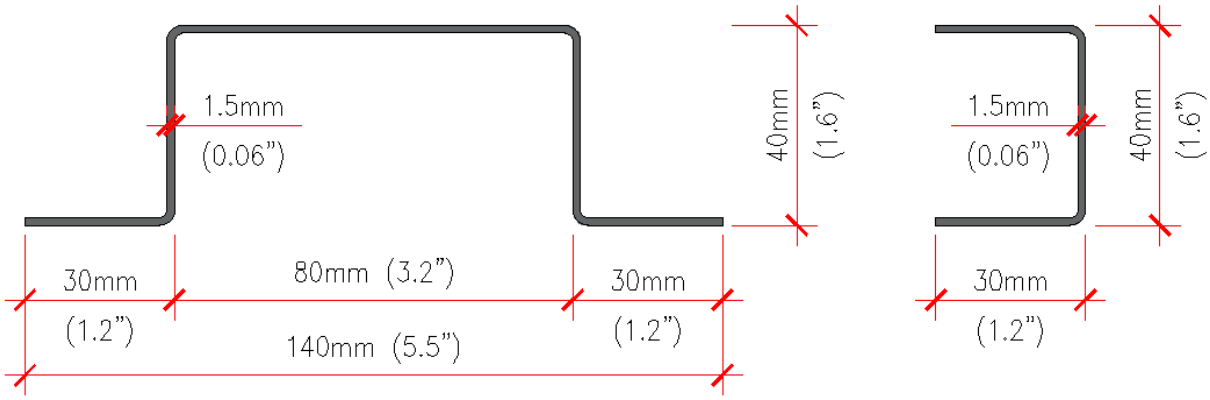


Figura 2.3.2 – Perfiles de acero galvanizado

Clase de resistencia mínima S220GD (EN 10346)

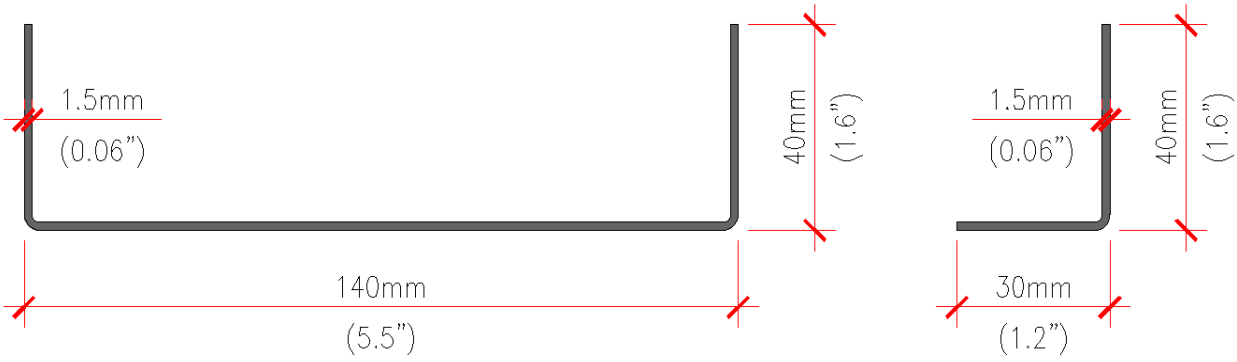


Figura 2.3.3 – Perfiles de acero galvanizado (Alternativa)

Clase de resistencia mínima S220GD (EN 10346)

2.3.03 Escuadras de Soporte

Las escuadras destinadas a la fijación de la estructura, ya sea en madera o en acero galvanizado, están fabricados a partir de una aleación metálica duradera, compuesta por acero galvanizado. El material debe tener una resistencia mínima de S220GD, conforme a los requisitos establecidos por la norma EN 10147.

- **Requisitos para Zonas Litorales**: En zonas costeras, situadas a una distancia de hasta 3 km del mar, las escuadras deben estar revestidos con una protección adicional contra la corrosión. El recubrimiento de zinc debe ser igual o superior a 275 g/m². Alternativamente, se puede utilizar acero inoxidable para una mayor resistencia a la corrosión.
- **Escuadras**: En términos generales, las escuadras presentan una geometría en forma de L, con varios tamaños y múltiples perforaciones que permiten su fijación eficiente. El grosor mínimo de las escuadras debe ser de 2,5 mm (ver figura 2.3.4).
- **Dimensionamiento Estructural**: El dimensionamiento de las escuadras debe considerar el peso propio de la fachada, aplicándose un coeficiente de seguridad parcial de 1,5. La deformación vertical de la escuadra, bajo la carga máxima vertical, no puede superar los 3 mm.

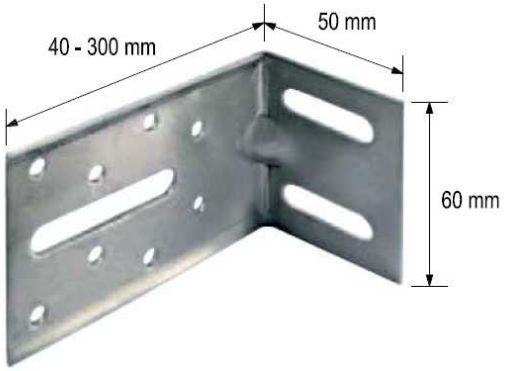


Figura 2.3.4 – Escuadras de soporte en acero galvanizado
Clase de resistencia mínima S220GD. Espesor mínimo 2.5 mm

2.3.04 Anclajes para la Fijación de las Escuadras

Las escuadras de soporte se fijan a la pared de soporte mediante anclajes. Estos anclajes pueden ser tacos metálicos con un diámetro de 8 mm o tacos plásticos con un diámetro de 10 mm, con tornillos metálicos de diámetro 7 mm (ver figuras 2.3.5 y 2.3.6).

En términos de resistencia mecánica y estabilidad de los anclajes, estos deben ser diseñados y ejecutados de manera que las cargas a las que estarán sometidos, durante la vida útil de la estructura, no provoquen ninguna de las siguientes consecuencias:

- Ruptura total o parcial de la estructura;
- Deformaciones consideradas inaceptables;
- Daños en otras partes de la estructura, equipos o instalaciones debido a deformaciones excesivas en la estructura de soporte;
- Daños desproporcionados con respecto a la causa que los originó.

Los anclajes deben ser diseñados para resistir las cargas de corte, tracción y la combinación de ambos esfuerzos durante la vida útil de la estructura, asegurando:

- Resistencia adecuada a la rotura (Estados Límites Últimos de Resistencia);
- Resistencia adecuada a la deformación (Estados Límites de Servicio).

Los anclajes deben contar con una certificación ETA (European Technical Assessment) con marcado CE o, alternativamente, un DH (Documento de Homologación), indicando los valores de resistencia característicos y sus respectivos coeficientes de seguridad.

Para los anclajes que no cuenten con ningún tipo de certificación ETA o DH, los valores de resistencia deben ser validados mediante documentación técnica o ensayos de carga.

Los tacos metálicos son, por regla general, recomendados para soportes en concreto, mientras que los tacos plásticos con tornillo metálico son adecuados tanto para soportes en concreto como para muros de elementos sólidos o huecos.

Figura 2.3.5 – Anclaje plástico Ø10mm

Tornillo de acero inoxidable o galvanizado Ø7 mm, longitud mínima 75 mm

Figura 2.3.6 – Anclaje metálica M8

Acero inoxidable o galvanizado, longitud mínima 80mm

2.3.05 Anclajes para la Fijación del Aislamiento Térmico

El dimensionamiento del aislamiento térmico debe realizarse conforme a las normas de comportamiento térmico de los edificios establecidas en la legislación nacional vigente.

La fijación del aislamiento térmico a la estructura de soporte se realiza mediante tacos plásticos o material equivalente, los cuales generalmente tienen cabeza ancha y una longitud adecuada al grosor del aislamiento, asegurando la correcta adhesión y estabilidad del sistema (ver figura 2.3.7).

Figura 2.3.7 – Anclaje que fija el aislamiento térmico a la estructura de soporte

2.3.06 Bandas para Proteger los Montantes de Madera

Cuando la estructura esté constituida por montantes de madera clasificados en la clase 2 de durabilidad, conforme a la norma EN 335, será obligatoria la utilización de una banda de protección a lo largo de toda su altura, para salvaguardar la madera contra la infiltración de agua de lluvia.

La banda de protección deberá tener las siguientes características:

- Ser impermeable;
- Tener un ancho superior al de los montantes de 10 mm en cada uno de sus lados, asegurando una cobertura adecuada.

Las bandas de protección pueden ser de PVC flexible o EPDM (ver figuras 2.3.8).

Además, la aplicación de las bandas de protección también podrá realizarse, de forma opcional, sobre los perfiles de acero galvanizado de la estructura.

Figura 2.3.8 – Bandas para proteger los montantes de madera, en PVC flexible o de EPDM

Instalación obligatoria en montantes de madera con clase de durabilidad 2

2.3.07 Tornillos para Fijar los Paneles a una Estructura de Madera

Los tornillos destinados a la fijación de los paneles a la estructura de madera deben fabricarse en acero inoxidable de la clase A2, con las siguientes especificaciones mínimas:

- Diámetro del cuerpo del tornillo: 4,8 mm;
- Diámetro de la cabeza del tornillo: 16 mm.

Se puede aplicar una arandela de neopreno para controlar la fuerza de apriete (ver figura 2.3.9).

En caso de utilizar tornillos con diámetro de cabeza inferior, deberá colocarse una arandela metálica con neopreno de 16 mm de diámetro, para garantizar la distribución correcta de la fuerza.

La fuerza de arranque del tornillo (Pk) debe ser superior a 2,0 kN (± 200 Kgf), considerando una profundidad de penetración en la madera de 22 mm.

Fabricantes como SFS Intec, ETANCO y EJOT ofrecen tornillos específicos para fachadas, pudiendo suministrarlos también con acabado lacado en el color deseado. Sin embargo, tornillos de otros fabricantes pueden ser utilizados, siempre que presenten un rendimiento equivalente.

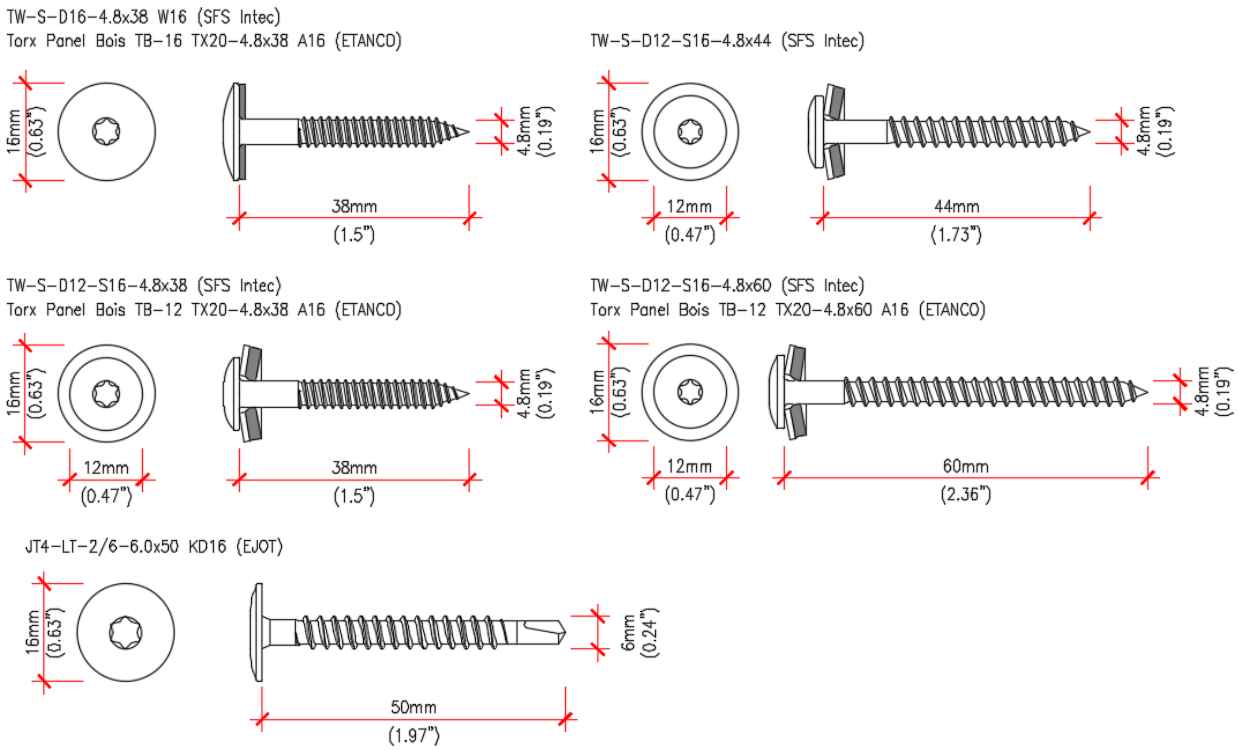


Figura 2.3.9 – Tornillos para estructuras de madera

2.3.08 Tornillos para Fijar los Paneles a una Estructura de Acero Galvanizado

Los tornillos utilizados para la fijación de los paneles Viroc a la estructura de acero galvanizado deben ser bimetálicos, con cuerpo en acero inoxidable y punta de perforación en acero al carbono. Las especificaciones mínimas son las siguientes:

- Diámetro de la cabeza: 16 mm.
- Diámetro del cuerpo: 5,5 mm.

Pueden utilizarse tornillos con cabeza de diámetro inferior, siempre que se apliquen arandelas metálicas con neopreno de 16 mm de diámetro.

El largo del tornillo debe ser compatible con el grosor del panel y del perfil metálico (ver figura 2.3.10).

La fuerza de arranque (PK) del tornillo debe ser superior a 2,0 kN (aproximadamente 200 kg) para cualquier tipo de estructura.

Fabricantes como SFS Intec, ETANCO y EJOT ofrecen tornillos específicos para fachadas, pudiendo ser suministrados con pintura personalizada según el color deseado. Otros tornillos de fabricantes diferentes pueden ser utilizados, siempre que presenten un rendimiento equivalente.

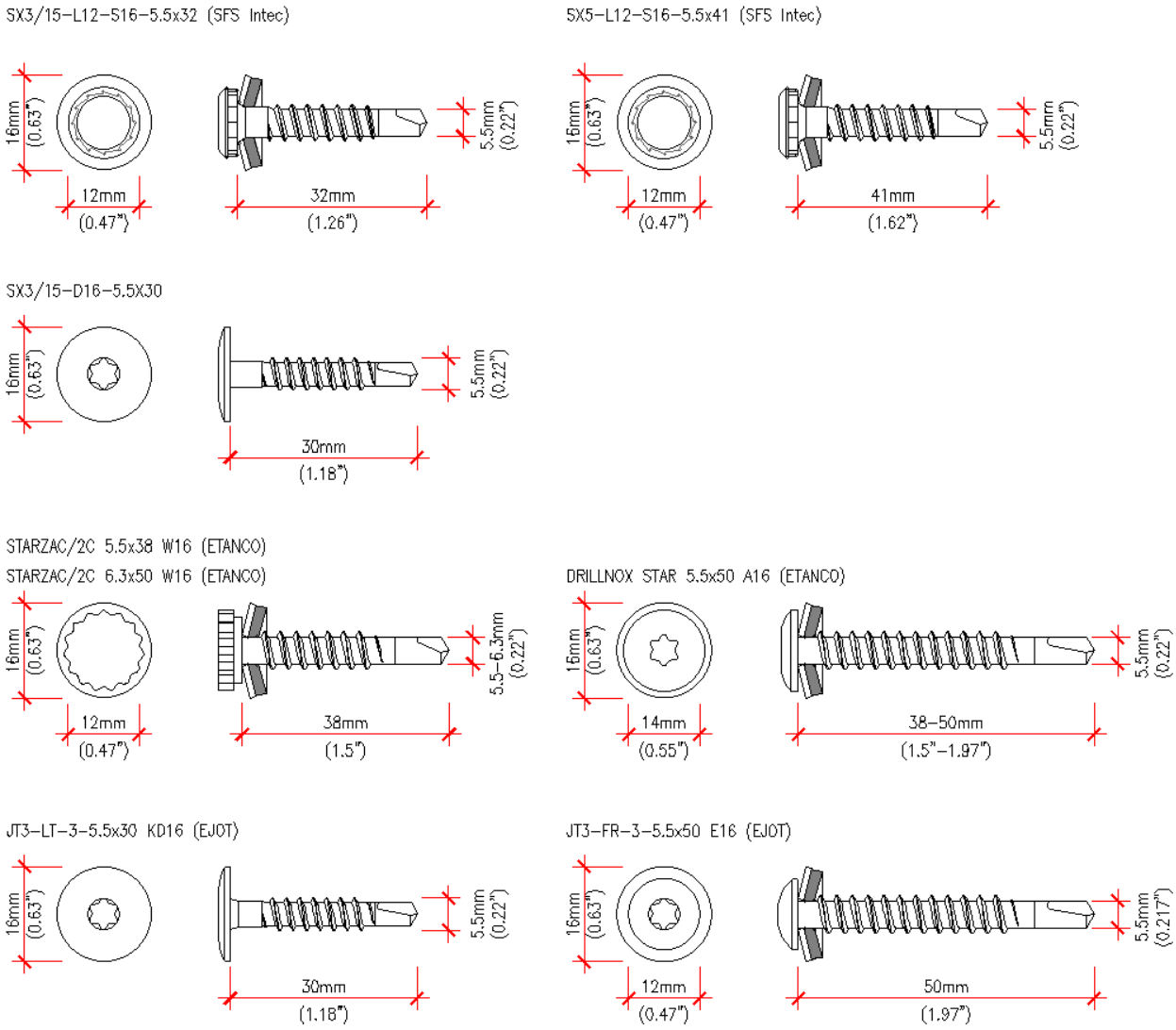


Figura 2.3.10 – Tornillos para estructuras metálicas

2.3.09 Remaches para Fijar los Paneles a una Estructura Metálica

Cuando la estructura de soporte está hecha de acero galvanizado, se puede utilizar la fijación de los paneles Viroc con remaches.

Los remaches deben tener las siguientes características:

- Cuerpo del remache: De aluminio.
- Mandril de tracción: De acero inoxidable.
- Diámetro mínimo: 4,8 mm.
- Longitud: Debe ser adecuada para garantizar la fijación segura del panel a la estructura (ver figura 2.3.11).

La fuerza de arranque del remache (PK) debe ser superior a 2,0 kN para cualquier tipo de estructura.

Cuando los paneles se fijan con remaches, debe utilizarse un limitador de apriete en la punta de la remachadora. Esto evita el apriete excesivo, permitiendo la contracción y expansión natural del panel (ver figura 2.3.12).

Fabricantes como SFS Intec, ETANCO y EJOT suministran remaches específicos para fachadas, pudiendo ser suministrados con el color deseado. También pueden utilizarse remaches de otros fabricantes, siempre que presenten un rendimiento equivalente.

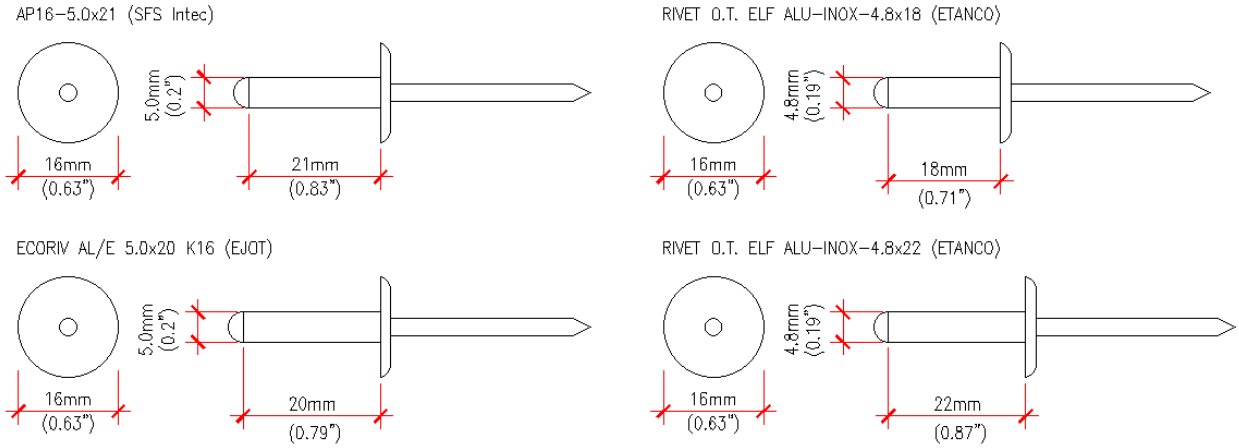


Figura 2.3.11 – Remaches para fijar paneles Viroc a estructuras metálicas

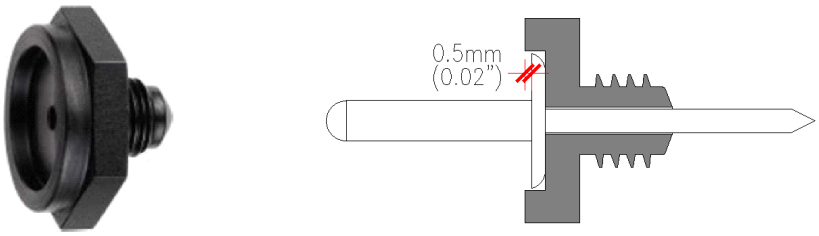


Figura 2.3.12 – Boquilla para limitar el apriete, atornillar en la boca de la remachadora

Uso obligatorio

2.3.10 Espesores recomendados de los paneles de fachada Viroc y sus tolerancias

Espesor: 12 mm ± 1,0 mm; 16 mm ± 1,2 mm.

Para consultar la oferta completa de espesores y colores disponibles, se debe consultar la ficha técnica del panel Viroc.

2.3.11 Peso de los paneles

12 mm: 16.2 ± 1.2 kg/m^2;

16 mm: 21.6 ± 1.6 kg/m^2.

2.3.12 Dimensiones de fabricación de los paneles Viroc y tolerancias de corte

- Dimensiones: 2600 x 1250 mm y 3000 x 1250 mm.
- Tolerancias:
  - Longitud y anchura: ± 3 mm.
  - Escuadre: ≤ 2 mm/m.
  - Linealidad de los bordes: ≤ 1,5 mm/m.

La ficha técnica del panel Viroc también presenta la oferta de dimensiones y colores disponibles.

Cualquier dimensión intermedia puede ser obtenida mediante el corte de los paneles.

2.3.13 Formato máximo de los paneles de fachada

La mayor dimensión del panel a ser aplicado en fachada ventilada sin barniz es de **1500 x 1250 mm**.

2.3.14 Formato mínimo de los paneles de fachada

La menor dimensión del panel a ser aplicado en fachada ventilada es de **300 mm**. Viroc Portugal no recomienda que la relación entre la longitud y la anchura del panel sea superior a 3 (L/B ≤ 3). Un panel muy largo y estrecho tiende a ser más frágil y puede romperse con mayor facilidad.

2.3.15 Operaciones de montaje de fachadas

La instalación de una fachada se realiza siguiendo las siguientes etapas:

- Marcado e identificación de los elementos de fachada;
- Montaje de las escuadras de soporte;
- Montaje del aislamiento térmico;
- Montaje de los perfiles/montantes de soporte;
- Fijación de los paneles;
- Tratamiento de los puntos singulares.

2.3.16 Marcación e Identificación de los Elementos de la Fachada

No existe una orientación preferencial en el montaje de los paneles. El sistema permite el montaje de paneles de todos los tamaños y formatos, incluidas dimensiones intermedias. Los paneles Viroc pueden ser colocados en horizontal o en vertical. El objetivo principal es seguir la estereotomía definida por el proyecto de arquitectura.

2.3.17 Montaje de las Escuadras de Soporte

La ubicación de los escuadros de soporte determina la posición final de los perfiles de soporte, por lo que su posicionamiento debe realizarse con precisión.

2.3.18 Fijación de las Escuadras a la Pared de Soporte

Los escuadros de soporte se fijan a la pared de soporte mediante anclajes. Los anclajes pueden ser tacos metálicos de diámetro 8 mm o tacos plásticos de diámetro 10 mm con tornillo metálico de diámetro 7 mm.

2.3.19 Placas de Ángulo

Existen placas de ángulo que facilitan la realización de los ángulos de esquina. El uso de estas placas es opcional (ver figura 2.3.13).

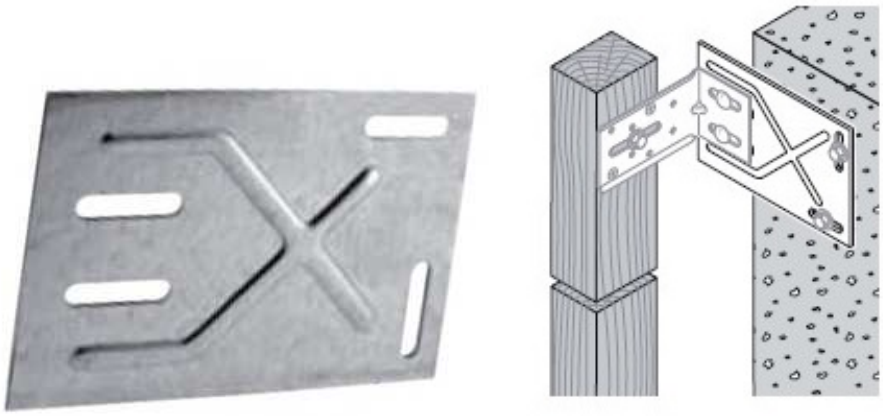


Figura 2.3.13 – Placa de ángulo auxiliar, acero galvanizado Z350 Espesor 2,5 mm

2.3.20 Montaje del Aislamiento Térmico

El aislamiento térmico debe ser dimensionado de acuerdo con las normas establecidas en el Reglamento de las Características del Comportamiento Térmico de los Edificios. La fijación del aislamiento al soporte se realiza mediante tacos plásticos o materiales similares, generalmente con cabeza ancha y longitud adecuada al grosor del aislamiento.

2.3.21 Montaje de los Perfiles de Soporte

Los perfiles de soporte deben disponerse de forma vertical, conforme a las especificaciones y dibujos técnicos presentados en este documento, debidamente ajustados a la estereotomía definida en el proyecto de arquitectura. La disposición horizontal de los perfiles puede adoptarse, siempre que haya una adecuada ventilación y los perfiles no acumulen agua que pueda causar su degradación.

La distancia entre los perfiles debe cumplir con la distancia máxima entre las fijaciones de los paneles. El alineamiento de los perfiles entre elementos adyacentes debe verificarse, no pudiendo existir diferencias superiores a 2 mm.

2.3.22 Fijación de los Perfiles a las Escuadras de Soporte

Fijación de los Montantes de Madera a las Escuadras

Las conexiones de los montantes de madera a las escuadras deben realizarse con un tornillo de diámetro igual o superior a 6,0 mm, colocado en el agujero ovalado, y un segundo tornillo de diámetro igual o superior a 3,5 mm, colocado en uno de los agujeros circulares, con el fin de bloquear el movimiento (ver figuras 2.3.14).

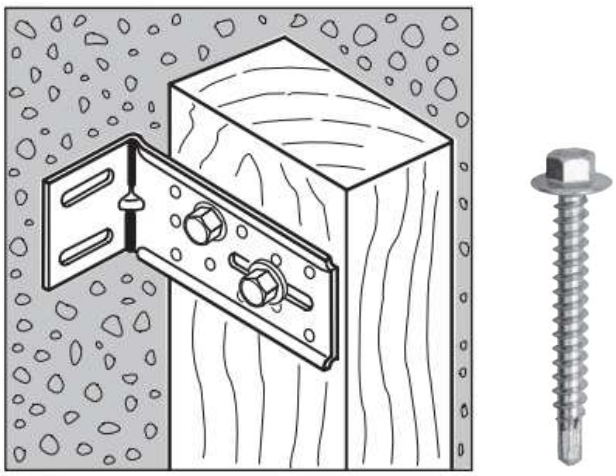


Figura 2.3.14 – Fijación de los montantes de madera a las escuadras de soporte

Fijación de los Perfiles de Acero Galvanizado a las Escuadras

Las conexiones de los perfiles de acero galvanizado a las escuadras se realizan mediante tornillos autoperforantes o remaches, que deben colocarse en el agujero ovalado, y otro tornillo en el agujero circular para evitar el movimiento. La conexión puede efectuarse con tornillos de diámetro igual o superior a 5,5 mm o remaches de diámetro igual o superior a 4,8 mm (ver figura 2.3.15).

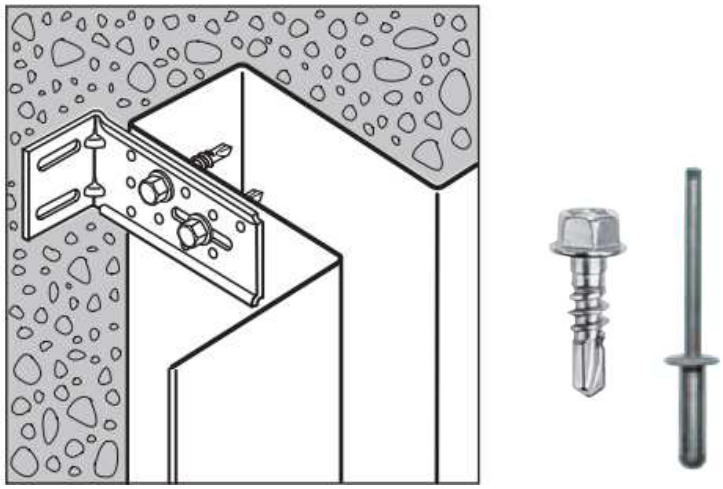


Figura 2.3.15 – Fijación de los perfiles de acero galvanizado a las escuadras de soporte (tornillos Ø≥5,5 o remaches Ø≥4,8)

2.3.23 Bandas de Protección de los Montantes de Madera

Cuando la estructura de soporte esté compuesta por madera de clase 2 de durabilidad, conforme a la norma EN 335, los montantes deben ser protegidos contra el agua de la lluvia con una banda de PVC flexible o EPDM, que debe cubrir toda su altura. Las bandas de protección también pueden ser utilizadas sobre los perfiles metálicos, de forma opcional.

2.3.24 Corte de los Paneles Viroc

Los cortes en los paneles Viroc deben realizarse con una sierra circular portátil equipada con discos de corte adecuados. Los discos deben ser de metal duro, generalmente con pastillas de carburo de tungsteno (ver figura 2.3.16).

Figura 2.3.16 – Sierra circular con disco cortante de tungsteno

2.3.25 Perforación de los Paneles Viroc

Siempre que sea necesario perforar los paneles Viroc, los agujeros deben realizarse con brocas HSS para metal. El taladro debe estar ajustado al modo de perforación, sin impacto (ver figura 2.3.17).

Nota: FREZITE dispone de brocas adecuadas para perforar Viroc con gran durabilidad.

Figura 2.3.17 – Perforadora y brocas HSS (para taladrar metal)

2.3.26 Preparación de la Superficie de los Paneles Viroc

Los paneles Viroc se suministran en bruto, sin ningún acabado superficial. Sus superficies pueden presentar algunas irregularidades e imperfecciones, tales como pequeñas incrustaciones, manchas, rayas, vestigios de virutas de madera y sales resultantes de las reacciones químicas ocurridas durante el proceso de fabricación.

Antes de la instalación, las superficies visibles de los paneles deben ser limpiadas/pulidas adecuadamente para eliminar suciedad, aceites, rayas, polvos o sales superficiales. Este proceso debe realizarse en las caras que quedarán expuestas, utilizando un disco de limpieza Scotch-Brite de densidad media. Como alternativa, se puede usar una lija fina con grano 120 o superior.

Es importante señalar que este proceso de limpieza/pulido no altera el aspecto natural del panel, manteniendo sus características propias, como manchas, heterogeneidades y algunas sales o incrustaciones incrustadas en la superficie.

Vídeo: Demostración del proceso de pulido de los paneles Viroc.

https://www.youtube.com/watch?v=HeQZNVNOZYI

2.3.27 Barnizado o Pintura de los Paneles Viroc

Este capítulo trata de la aplicación del panel Viroc en fachadas que no utilizan barniz.

Para reducir la formación de eflorescencias y goteras, se puede aplicar un acabado protector sobre los paneles.

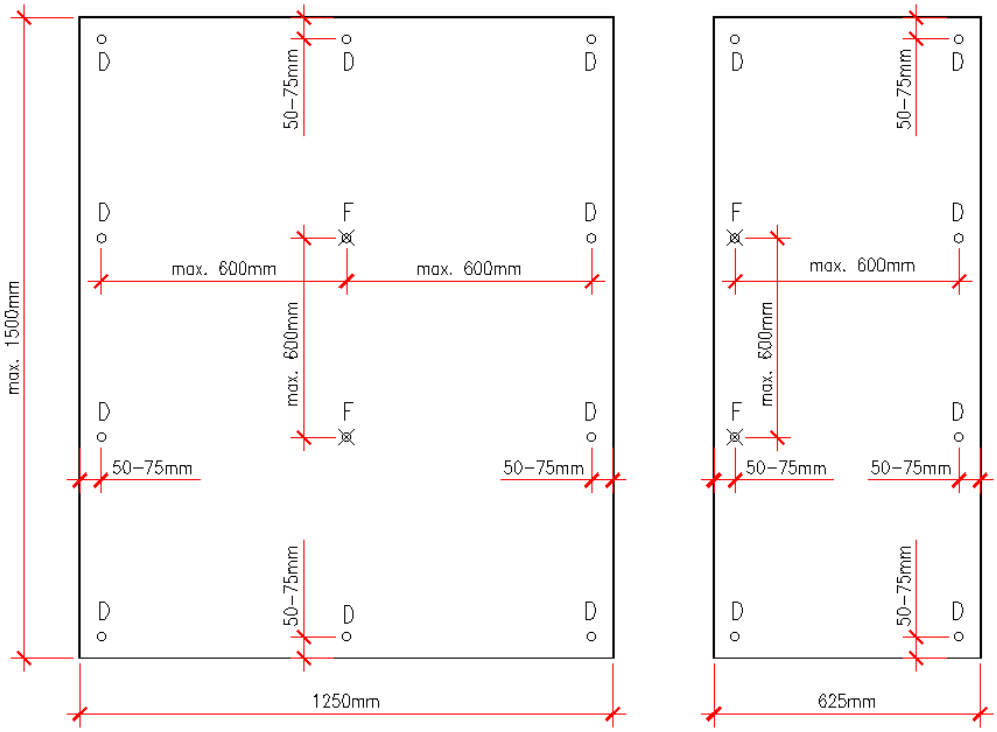
2.3.28 Fijación de los Paneles Viroc

Los paneles Viroc para fachadas se fijan a la estructura con tornillos.

Cuando están expuestos al exterior, los paneles pueden experimentar variaciones dimensionales, pudiendo aumentar hasta 1,5 mm o disminuir hasta 5 mm por metro lineal, si no están sellados. Para permitir estas variaciones sin causar daños, el sistema de fijación debe ser diseñado de manera que acomode dichos movimientos.

Los agujeros para fijar los tornillos en la periferia de los paneles deben tener un diámetro de 11 mm, mayor que el del cuerpo del tornillo, que puede ser de 4,8 mm o 5,5 mm, permitiendo la contracción y dilatación de los paneles sin generar fuerzas. En las zonas centrales del panel, los agujeros deben tener el mismo diámetro que el cuerpo del tornillo, lo que asegura la fijación rígida del panel y su buen posicionamiento, de 5 o 6 mm.

La fijación comienza por los puntos fijos para colocar el panel correctamente. Los puntos dilatables se hacen después, para evitar tensiones durante la instalación. Los tornillos deben colocarse a una distancia de entre 50 mm y 75 mm de los bordes de los paneles. La distancia máxima entre los tornillos es de 600 mm, tanto en la horizontal como en la vertical, según se ilustra en la figura 2.3.18.



D – Soporte Dilatable, orificio en el panel con un diámetro de Ø 11 mm, permite la dilatación del panel

F – Soporte fijo, orificio en el panel con un diámetro de Ø 5 o 6 mm, fija rígidamente los movimientos

Figura 2.3.18 - Localización de las fijaciones y diámetro de los taladros

Los tornillos deben ser posicionados perpendicularmente al plano del panel, con un error máximo de 2,5º, y con un apriete adecuado para evitar el aplastamiento de la arandela de neopreno (ver figuras 2.3.19 y 2.3.20).

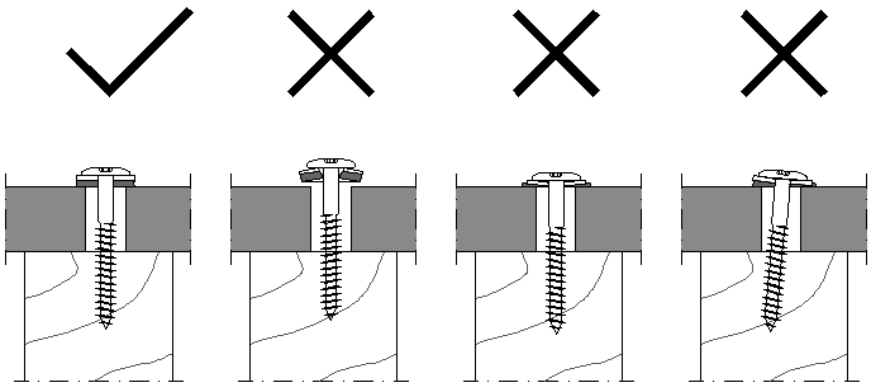


Figura 2.3.19 – Apriete y colocación correctos de los tornillos

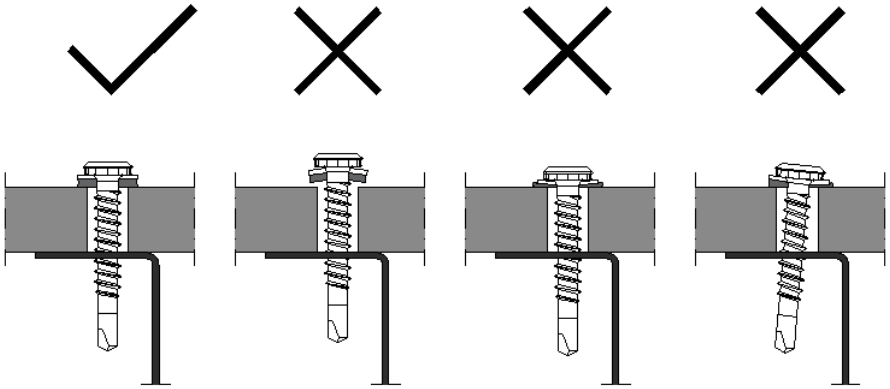


Figura 2.3.20 – Apriete y colocación correctos de los tornillos

Cuando los paneles se fijan a una estructura de madera, los tornillos no deben colocarse a menos de 15 mm del borde de la viga de madera (ver figura 2.3.21).

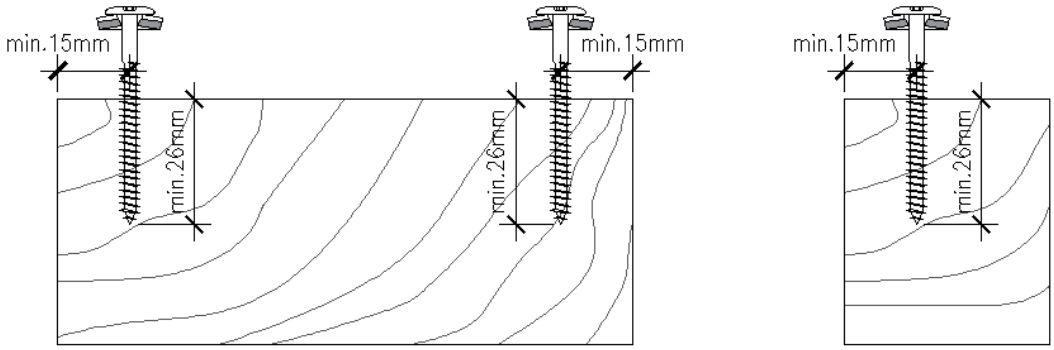


Figura 2.3.21 – Distancia mínima de los tornillos a los bordes de los rastreles

Cuando la estructura es de acero galvanizado, la distancia mínima al borde es de 10 mm (ver figura 2.3.22).

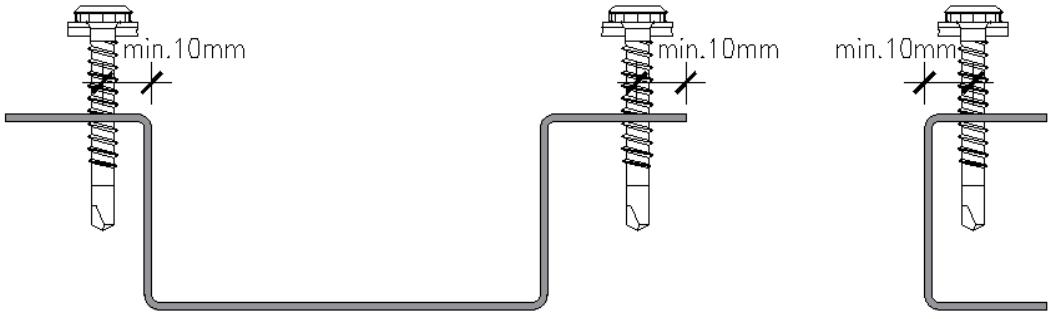


Figura 2.3.22 – Posicionamiento correcto de tornillos o remaches
(distancia mínima al borde del perfil 10 mm)

2.3.29 Herramientas auxiliares de montaje

Existen diversas herramientas auxiliares que pueden facilitar el montaje, como llaves para centrar agujeros y tornillos (ver figuras 2.3.23, 2.3.24 y 2.3.25).

Figura 2.3.23 – Llave para centrar tornillos

Figura 2.3.24 – Llave para centrar taladros

Figura 2.3.25 – Herramienta para centrar taladros

2.3.30 Tratamiento de juntas

Los paneles Viroc deben instalarse con una abertura entre 5 mm y 8 mm en las juntas verticales y horizontales. Las juntas pueden mantenerse abiertas o cerradas con un perfil, según la estética deseada.

2.3.31 Ventilación de la lámina de aire

La fachada ventilada, tal como se describe en este Dossier Técnico, crea una capa de aire continua entre la parte posterior del panel y el aislamiento térmico. El grosor mínimo para la ventilación de la capa de aire debe ser de 20 mm, y esta distancia debe mantenerse, incluso en áreas donde puedan ocurrir obstrucciones.

En la base de la fachada, esta abertura debe ser protegida por una rejilla o chapa perforada, para impedir la entrada de aves o roedores (ver figura 2.3.26).

Figura 2.3.26 – Perfil perforado anti-roedores

2.3.32 Remate Superior de Fachada

En la parte superior de la fachada, la abertura debe protegerse con un remate (rufo) para evitar la entrada directa de agua en la cámara de aire y evitar el escurrimiento sobre los paneles. La instalación de estos remates es fundamental para impedir la aparición de marcas de escurrimiento con el paso del tiempo (ver Figuras 2.3.41 y 2.3.56).

2.3.33 Compartimentación de la cámara de aire

La cámara de aire debe compartimentarse tanto vertical como horizontalmente, sin impedir la libre circulación del aire. El objetivo de esta compartimentación es evitar la propagación del fuego entre diferentes plantas o fachadas en caso de incendio. Esta compartimentación puede realizarse mediante chapas de acero galvanizado o de aluminio (ver Figuras 2.3.36, 2.3.37, 2.3.44, 2.3.51, 2.3.52, 2.3.53 y 2.3.60).

2.3.34 Perfiles de Ángulo

Algunos fabricantes de elementos accesorios para fachadas ofrecen perfiles auxiliares para los remates de las esquinas de la fachada. El uso de estos perfiles es opcional (ver figuras 2.3.27 y 2.3.28).

Figura 2.3.27 – Perfiles de ángulos cóncavos

Figura 2.3.28 – Perfiles de ángulos obtusos

2.3.35 Limpieza de los Paneles después de la Aplicación

La limpieza de los paneles se puede realizar durante la vida de la obra mediante chorro de agua con detergente neutro.

2.3.36 Sustitución de un Panel

Para sustituir un panel de fachada, es necesario retirar el panel existente. Antes de instalar el nuevo panel, se debe verificar que la estructura de soporte está en condiciones adecuadas para recibir el panel. La estructura debe

estar correctamente alineada y en buen estado. Si la zona donde se colocarán los nuevos tornillos está dañada, será necesario repararla antes de iniciar el montaje del nuevo panel.

2.3.37 Resistencia al Impacto

Energía de Impacto de Cuerpo Duro EN 1128

12 mm, E = 12.9 Joules, Energía de Ruptura

16 mm, E = 12.8 Joules, Energía de Ruptura

Ensayo de Impacto según la ETAG 034

Panel de 12 mm de espesor

Tipo de Impacto	Energía	Resultado
Cuerpo Duro	1 J	Sin daños (Pass)
	3 J	Sin daños (Pass)
Cuerpo Blando	20 J	Sin daños (Pass)
	60 J	Sin daños (Pass)
	100 J	Sin daños (Pass)
	130 J	Sin daños (Pass)
	300 J	Ruptura (Fail)

2.3.38 Acción del Viento

La exposición del panel a la acción del viento, en dirección perpendicular a su plano, genera una presión o depresión (medida en kN/m²).

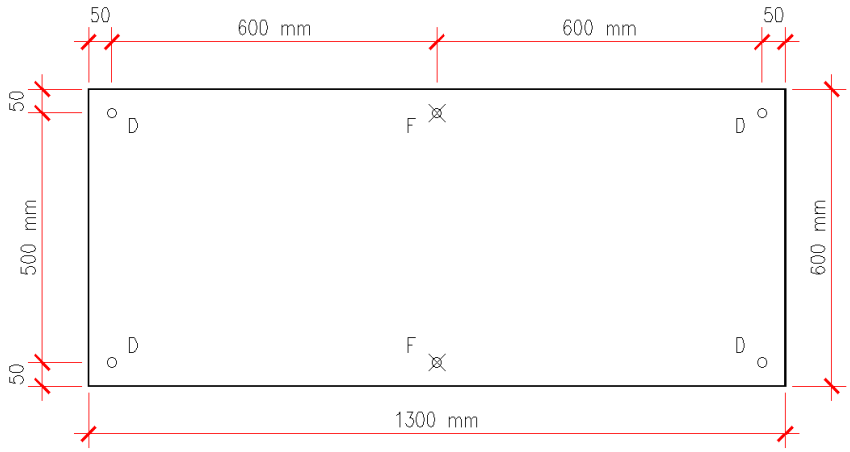
El valor de resistencia de dimensionado a esas fuerzas está especificado en las Tablas 1, 2, 3 y 4.

2.3.39 Verificación de la Seguridad al Viento

La cuantificación de las acciones del viento se realiza de acuerdo con el Anexo Nacional del Eurocódigo 1, que define las normas para la evaluación de las fuerzas del viento en edificios y otras estructuras. Las tablas de resistencia al viento se han desarrollado basándose en ensayos experimentales realizados para la situación más crítica de resistencia del panel a las fuerzas del viento, considerando la acción de succión.

2.3.40 Ejemplo de Verificación de la Seguridad de un Panel Viroc ante Cargas de Viento

Considerando un panel Viroc de 12 mm de espesor con la configuración especificada a continuación, ¿cuál es la carga máxima de viento a la que el panel puede resistir, sin comprometer su seguridad estructural?



Número de tornillos en la horizontalmente: 3

Número de tornillos en la verticalmente: 2

Configuración: 3x2, utilizamos la Tabla 3x2

Distancia entre tornillos en la horizontalmente: 600 mm => Ver Tabla 4

Distancia entre tornillos en la verticalmente: 500 mm

Distancia horizontal entre tornillos 600mm (24")									
Espesor del panel	(H x V)	Distancia vertical entre tornillos							
		300mm	12"	400mm	16"	500mm	20"	600mm	24"
		kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf
12 mm 1/2"	2 x 2	1,4	29	1,4	29	1,4	29	1,2	25
	2 x 3	1,4	29	1,4	29	1,2	24	1,0	20
	2 x N	1,4	29	1,4	29	1,2	24	1,0	20
	3 x 2	1,7	36	1,4	28	1,1	24	1,0	20
	N x 2	1,7	36	1,4	28	1,1	24	1,0	20
	3 x 3	1,5	32	1,2	24	0,9	19	0,8	16
	3 x N	1,5	32	1,2	24	0,9	19	0,8	16
	N x 3	1,5	32	1,2	24	0,9	19	0,8	16
16 mm 5/8"	2 x 2	3,3	69	3,3	69	3,0	62	2,5	53
	2 x 3	3,3	69	3,1	64	2,5	52	2,1	43
	2 x N	3,3	69	3,1	64	2,5	52	2,1	43
	3 x 2	3,6	75	2,9	60	2,4	50	2,1	43
	N x 2	3,6	75	2,9	60	2,4	50	2,1	43
	3 x 3	1,7	35	1,3	27	1,0	21	0,8	18
	3 x N	1,7	35	1,3	27	1,0	21	0,8	18
	N x 3	1,7	35	1,3	27	1,0	21	0,8	18

Tabla 4 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 600 mm

El valor de resistencia de cálculo del panel Viroc a la presión del viento (w_{Rd}) es de 1,1 kN/m² (24 psf).

Nota: La acción del viento ejerce una presión o succión sobre el panel. Esta acción es particularmente crítica cuando actúa como succión, ya que el panel queda fijado únicamente por la cabeza de los tornillos, lo que puede provocar la rotura del panel por corte o punzonamiento en las zonas de fijación.

2.3.41 Escurrimientos

Durante los ciclos de humedad y secado de los paneles, provocados por la acción de la lluvia, puede producirse la migración de sales presentes en el cemento hacia la superficie, originando eflorescencias. Estas eflorescencias pueden, a su vez, dar lugar a escurrimientos – marcas o rayas visibles causadas por el goteo del agua cargada de sales sobre los paneles.

La formación de estos escurrimientos puede reducirse mediante las siguientes medidas preventivas:

- Evitar el almacenamiento de los paneles en el exterior;
- Realizar el pulido de los paneles antes de la instalación;
- Si aparecen eflorescencias, realizar un nuevo pulido de la superficie;
- Prever la instalación de goterones, para evitar el escurrimiento directo del agua de lluvia sobre los paneles de fachada.

Nota:

Los paneles pulidos en fábrica no necesitan pulirse in situ, siempre que se almacenen correctamente.

2.3.42 Deformación de la Superficie

Como el panel no está sellado, puede sufrir variaciones dimensionales más acentuadas, tanto en el plano como fuera del plano de la fachada. Estas deformaciones pueden agravarse si los paneles están fijados únicamente con dos líneas de tornillos, ya sea en sentido vertical o horizontal (véase la figura 2.3.29, a la derecha).

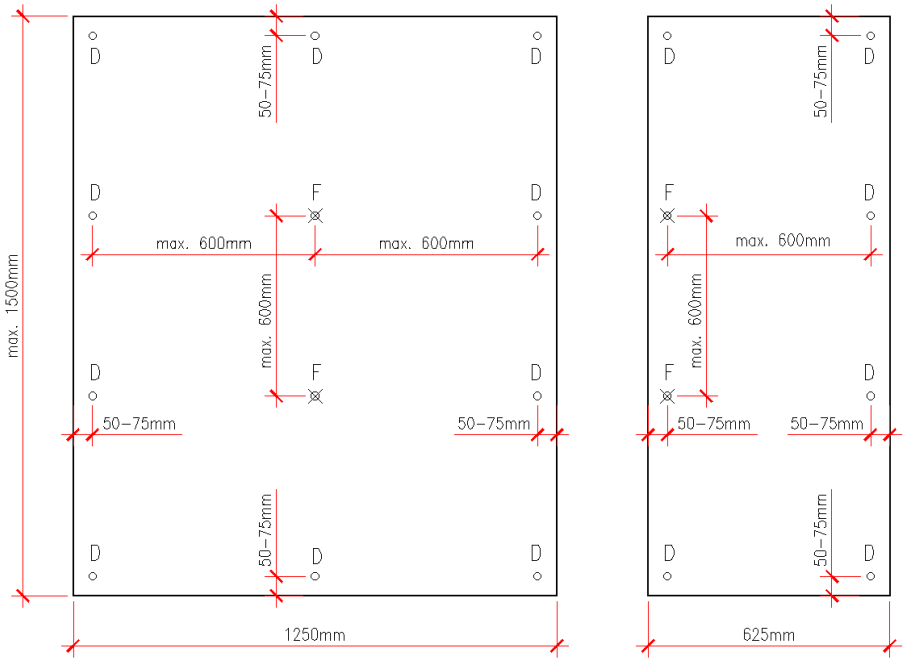


Figura 2.3.29 – Fijación de los paneles con 3 y 2 filas de tornillos

2.3.43 Cambio de Color de los Paneles

Con el tiempo, la exposición a la radiación solar puede provocar una ligera alteración en la tonalidad original de los paneles, manifestándose en un aclaramiento gradual. Este fenómeno es natural y su intensidad varía según el color inicial del panel, siendo más visible en los tonos más oscuros. En el caso de los paneles Viroc, al no estar barnizados, este cambio de color tiende a ser más acentuado. Se trata de un proceso típico en materiales expuestos a condiciones climáticas, que no afecta a las propiedades mecánicas de los paneles.

2.3.44 Almacenamiento

Los paneles Viroc deben almacenarse obligatoriamente en un lugar cubierto y seco, protegido de la exposición directa a la luz solar y a la lluvia, incluso en la propia obra. Los palés deben colocarse sobre una base plana y horizontal, apoyados en travesaños con una altura mínima de 8 cm, para permitir la manipulación con carretilla elevadora u otro equipo de elevación.

Nota:

Está expresamente prohibido almacenar los paneles en el exterior. La exposición a la radiación solar y a la lluvia provoca la formación de eflorescencias y manchas superficiales, que pueden no ser visibles de inmediato, pero que aparecerán al cabo de un tiempo, afectando negativamente al aspecto final de la fachada.

2.3.45 Aclimatación

Para garantizar unas condiciones adecuadas de instalación, los paneles Viroc deben aclimatarse previamente al ambiente donde se vayan a instalar, teniendo en cuenta la temperatura y la humedad relativa del lugar.

El proceso de aclimatación debe seguir los siguientes pasos:

- Retirar las cinchas que envuelven los palets;
- Quitar la película plástica de protección;
- Dejar los paneles expuestos al ambiente de la obra durante al menos 72 horas antes de su instalación.

Durante este período, es normal que los paneles situados en la parte superior del palet, ya sin cinchas, presenten deformaciones, adoptando una forma cóncava con la curvatura hacia arriba. Este fenómeno ocurre debido a una pérdida diferencial de humedad entre ambas caras del panel.

Este tipo de deformación es temporal y reversible. Para recuperar la forma plana del panel, se recomienda:

- Colocar el reverso del panel hacia arriba, permitiendo que ambas caras alcancen un equilibrio higrométrico.

Este procedimiento permite que los paneles recuperen su forma original y estén en condiciones óptimas para la instalación.

2.3.46 Detalles, Estructura de Madera

Las figuras 2.3.30 a 2.3.44 muestran ejemplos de diversos detalles y zonas singulares de la fachada.

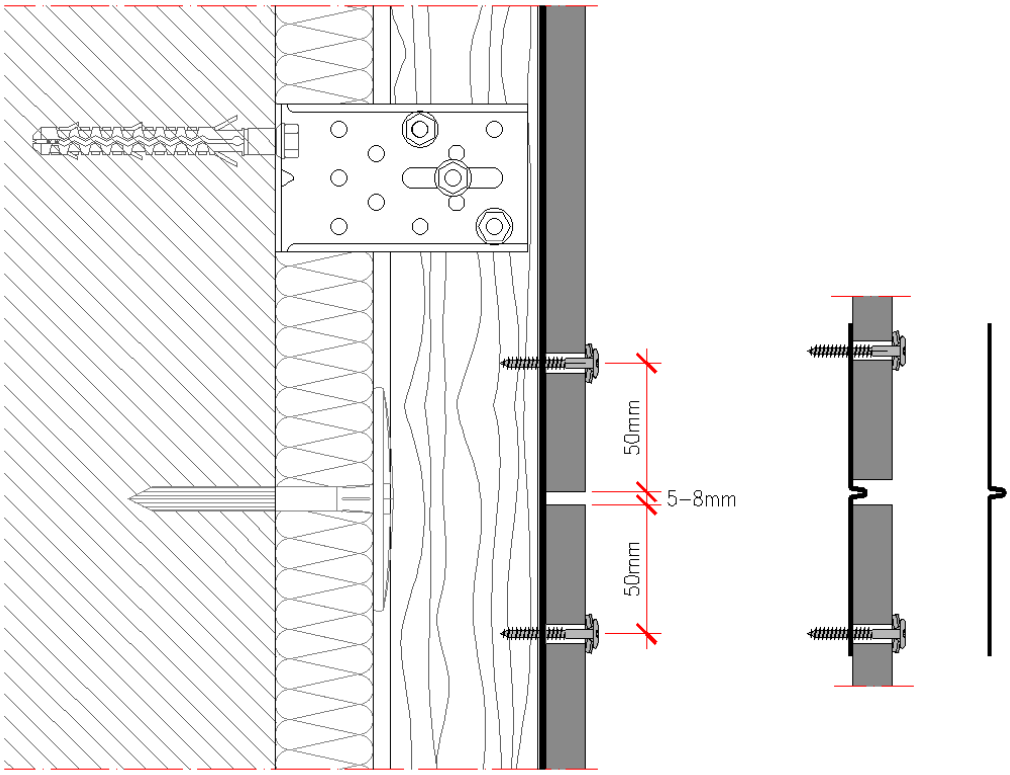


Figura 2.3.30 – Sección vertical, junta entre paneles

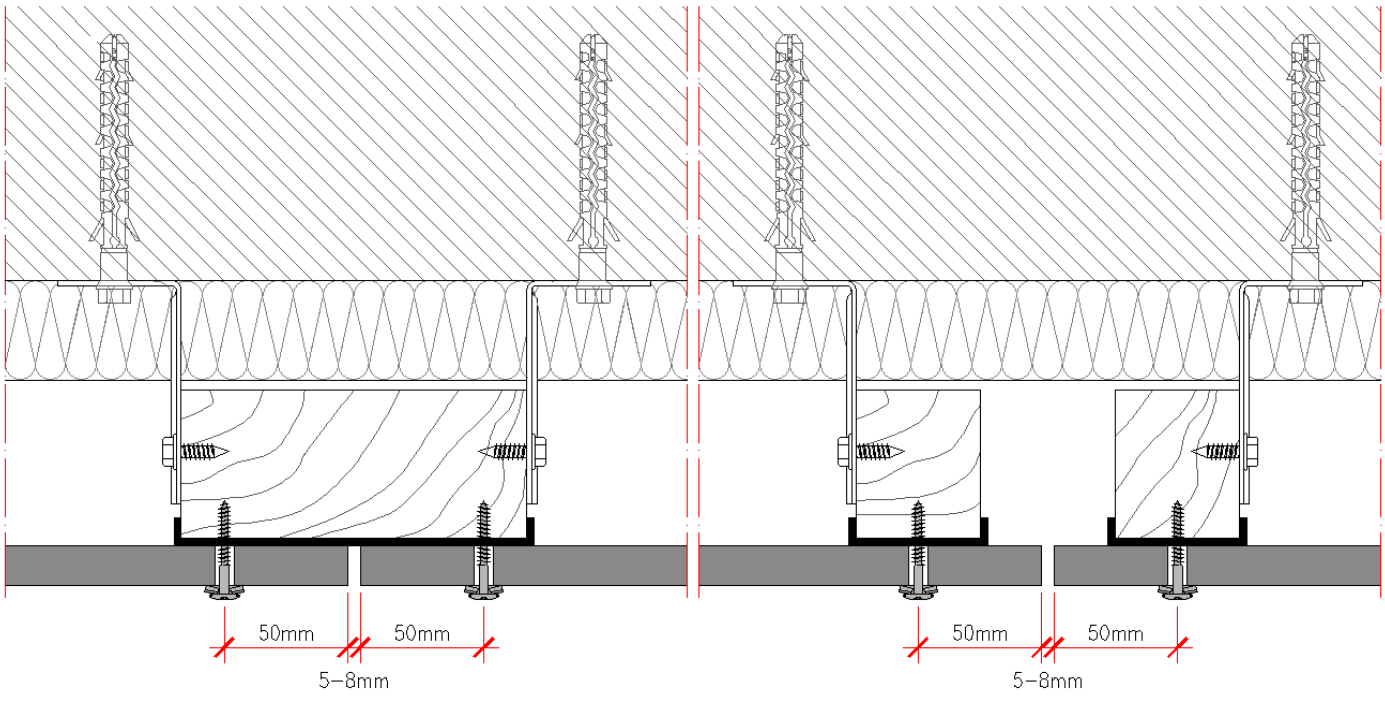


Figura 2.3.31 – Sección horizontal, junta entre paneles

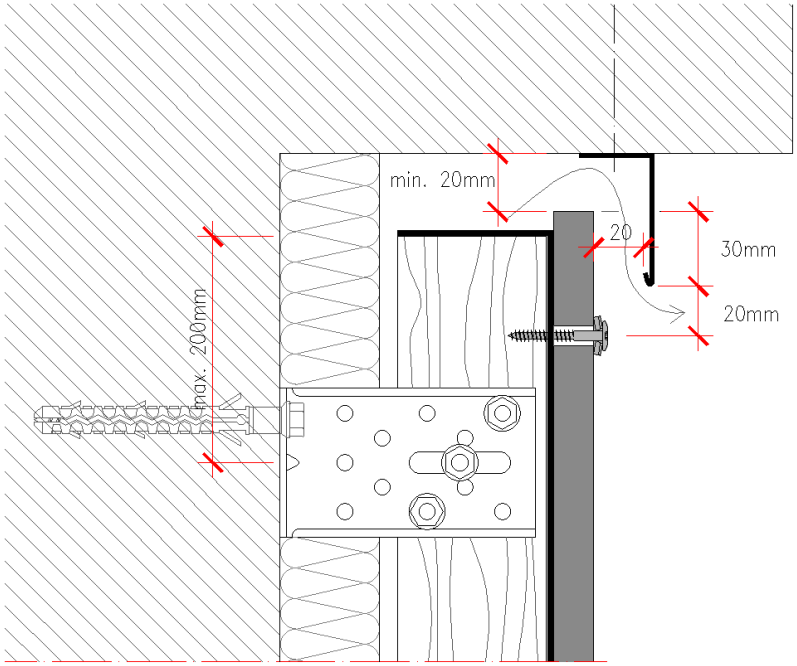


Figura 2.3.32 – Detalle bajo el balcón

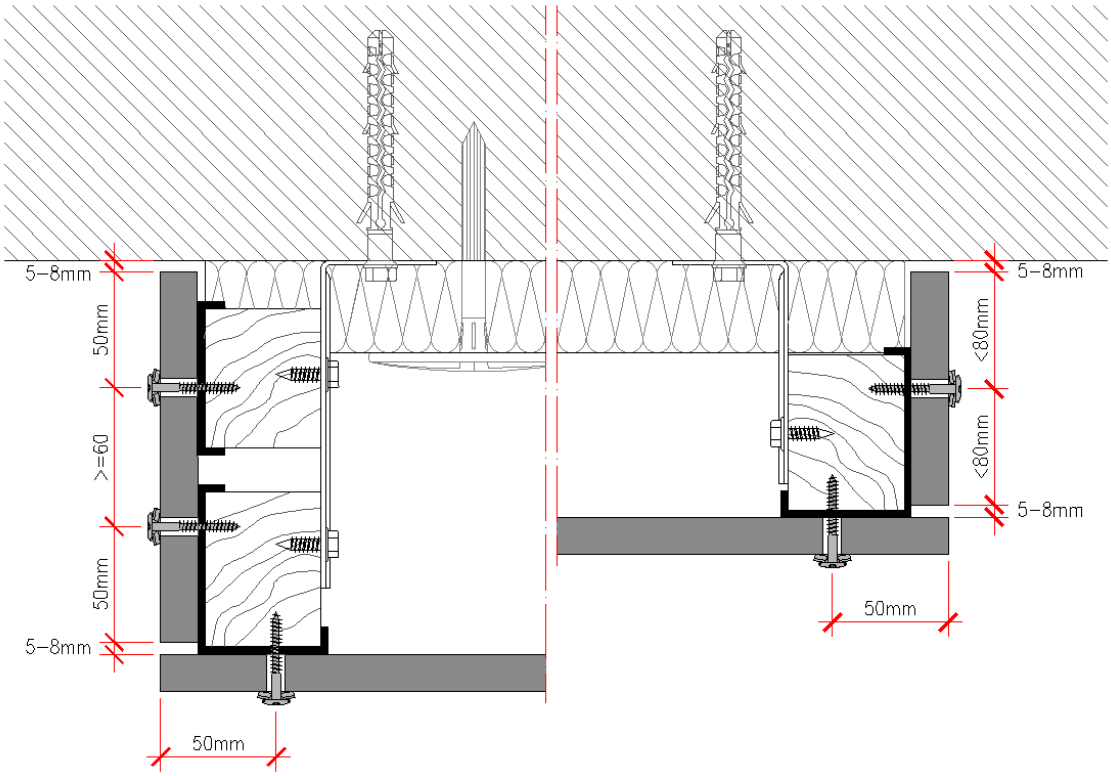


Figura 2.3.33 – Detalle del lateral

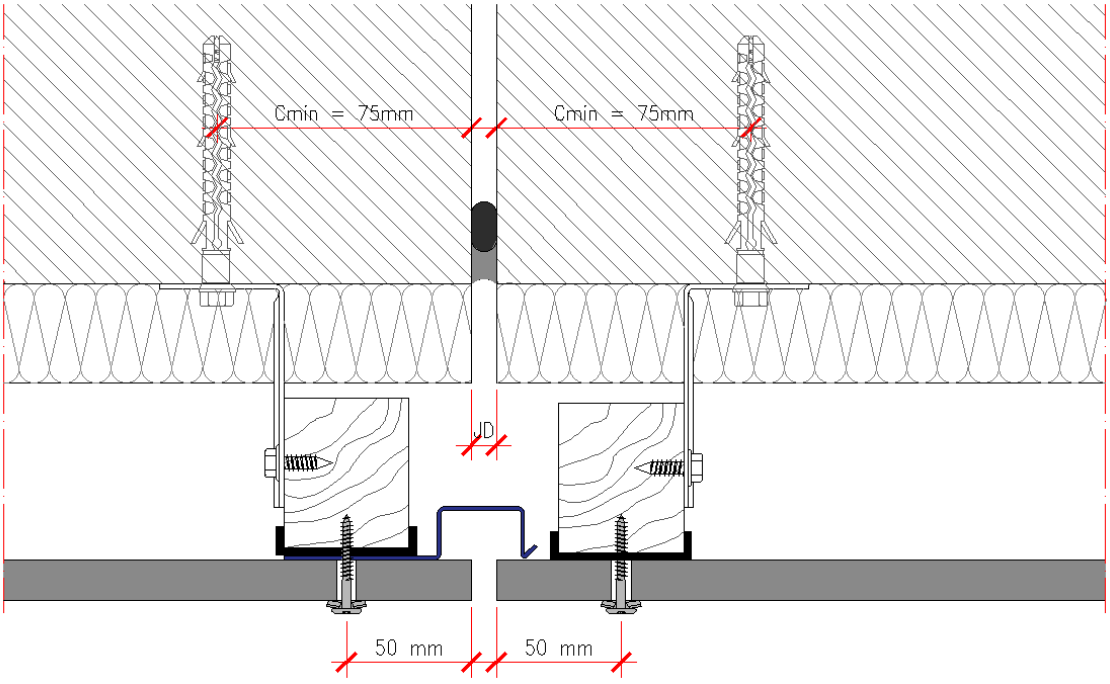


Figura 2.3.34 – Junta de dilatación

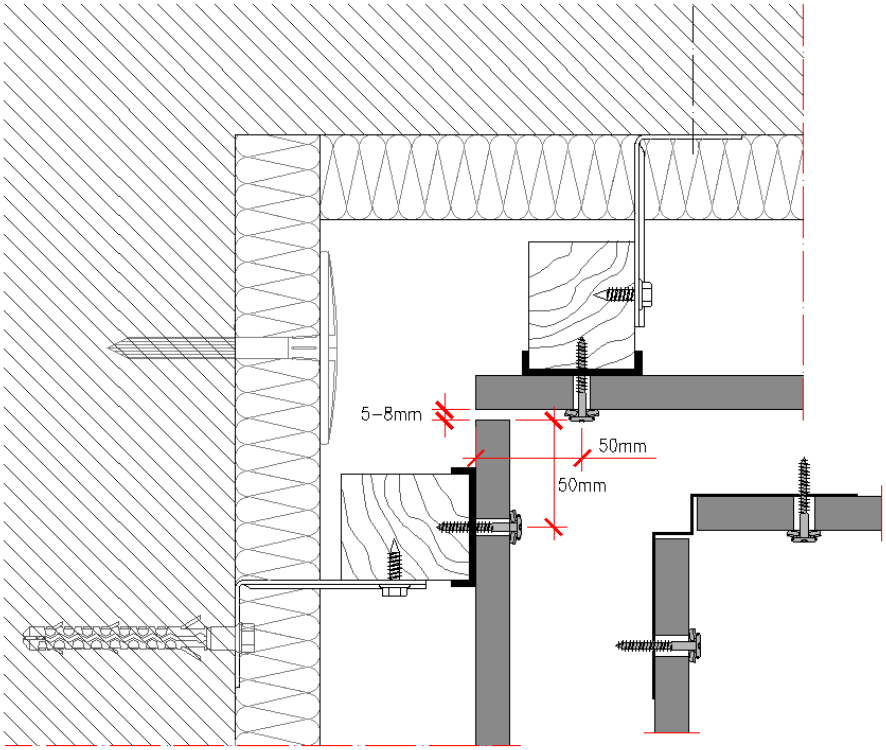
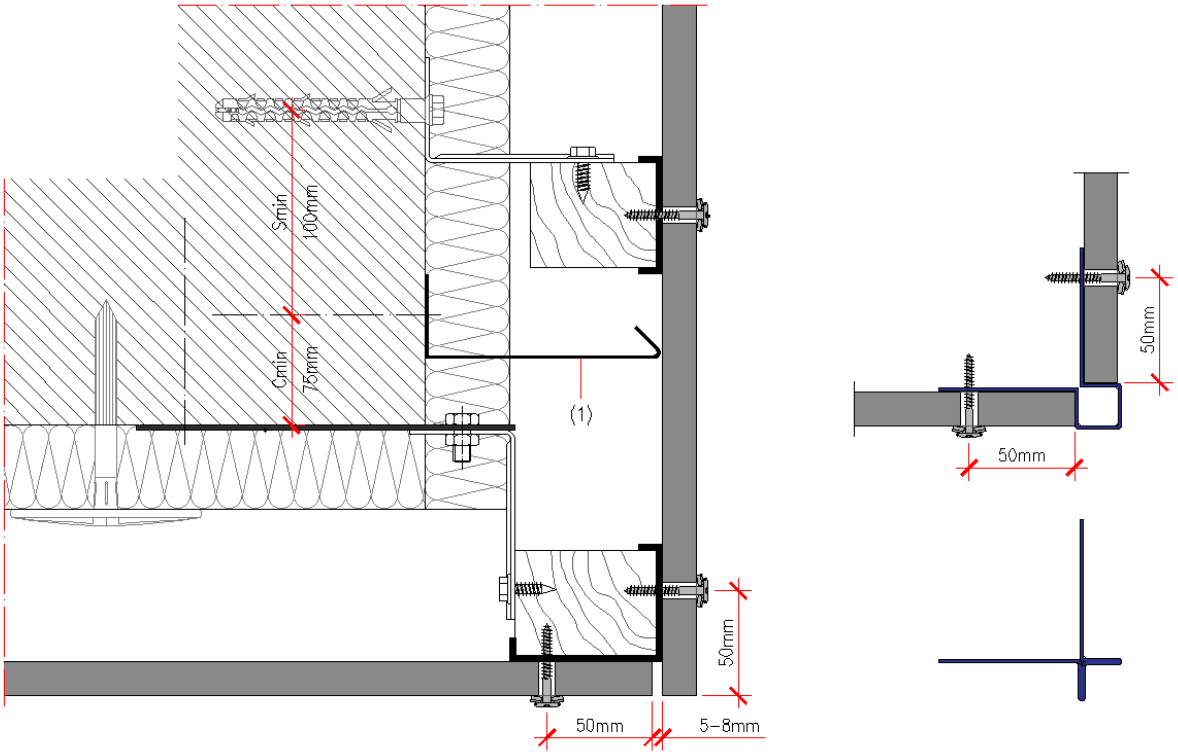


Figura 2.3.35 – Ángulo reentrante



Compartimentación de la lámina de aire (1)

Figura 2.3.36 – Ángulo saliente

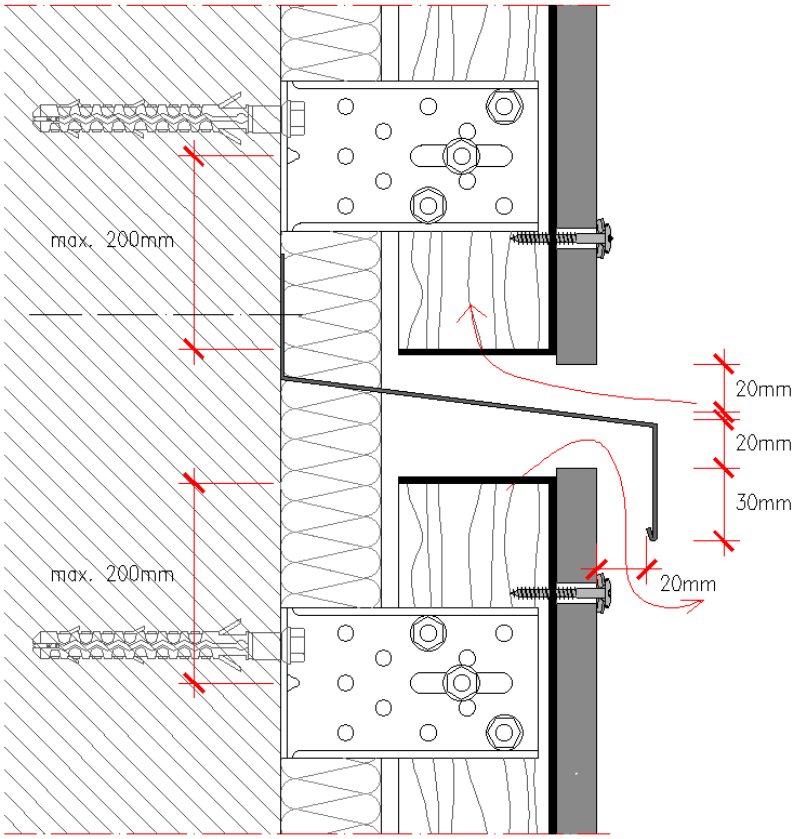


Figura 2.3.37 - Compartimentación horizontal de la lámina de aire

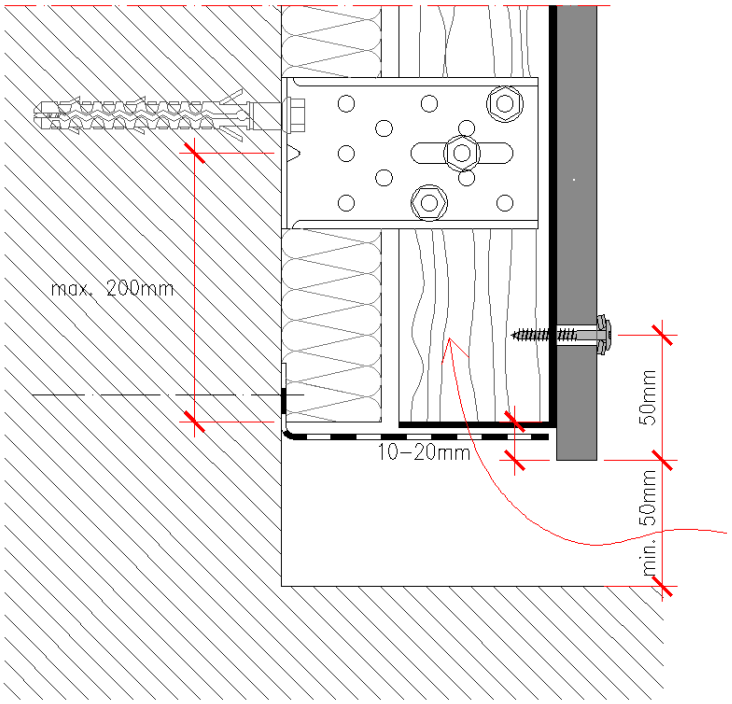


Figura 2.3.38 – Detalle de la base, rejilla anti-roedores

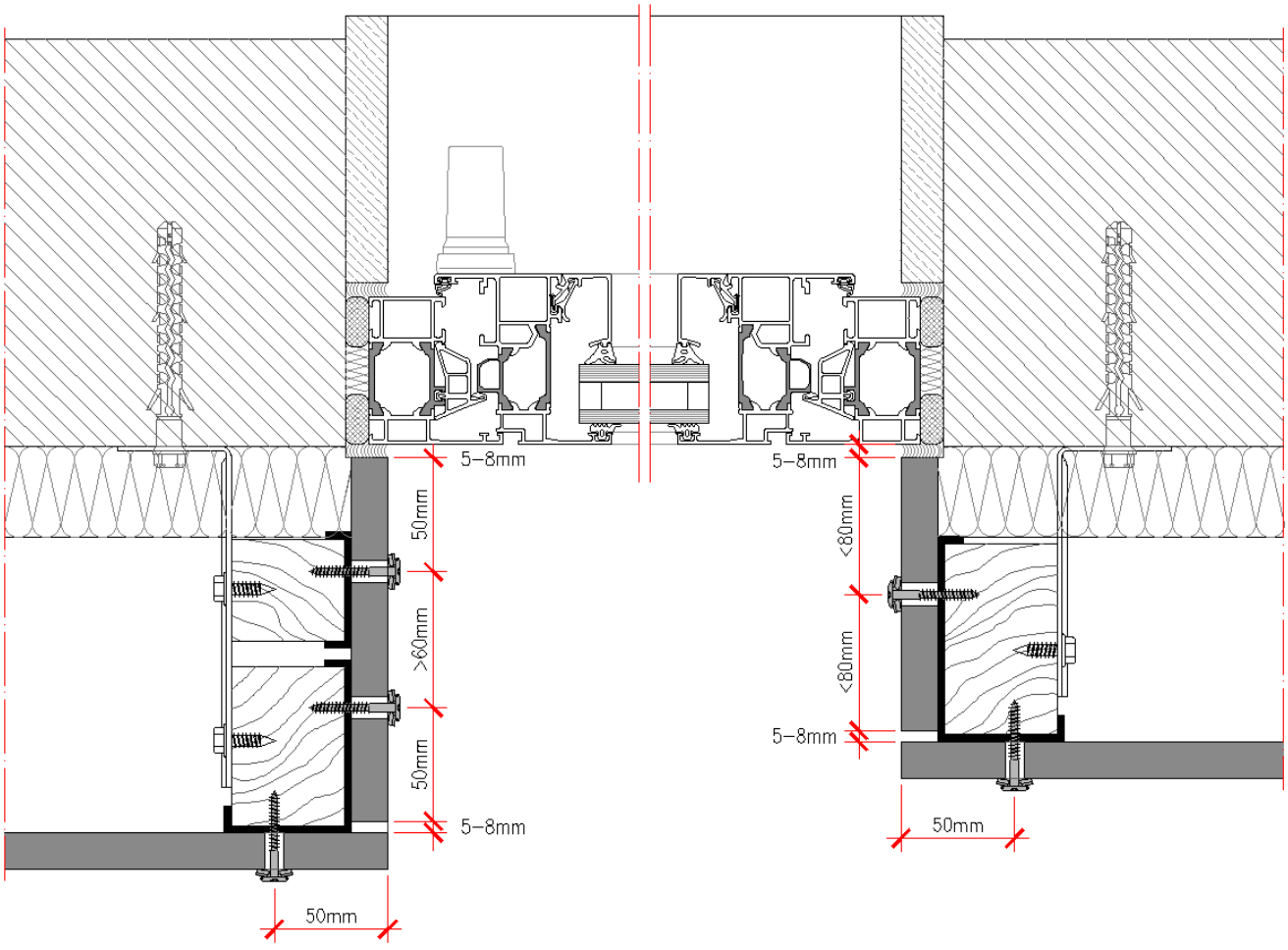


Figura 2.3.39 – Sección horizontal, abertura de ventana

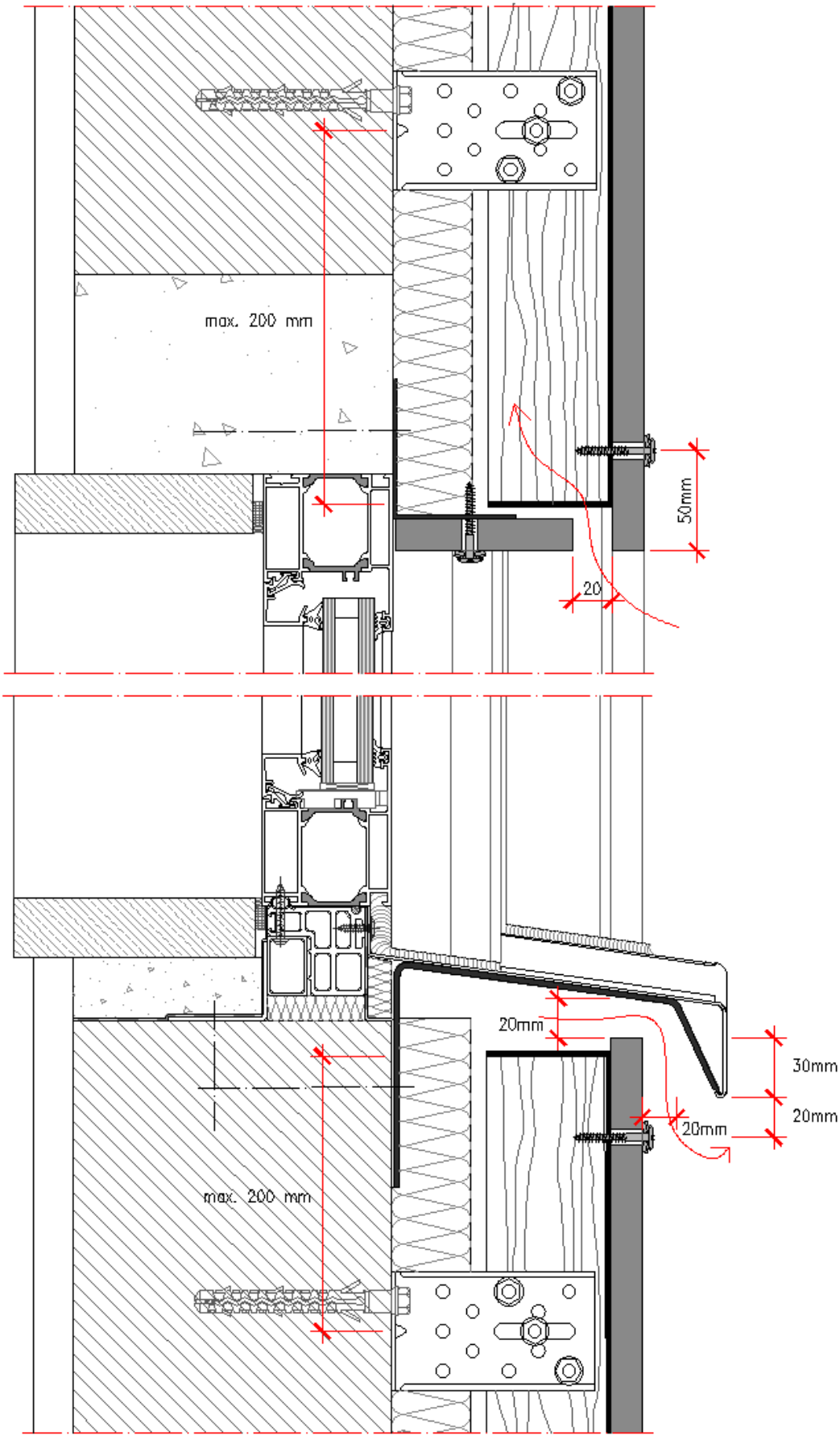


Figura 2.3.40 – Sección vertical, abertura de ventana

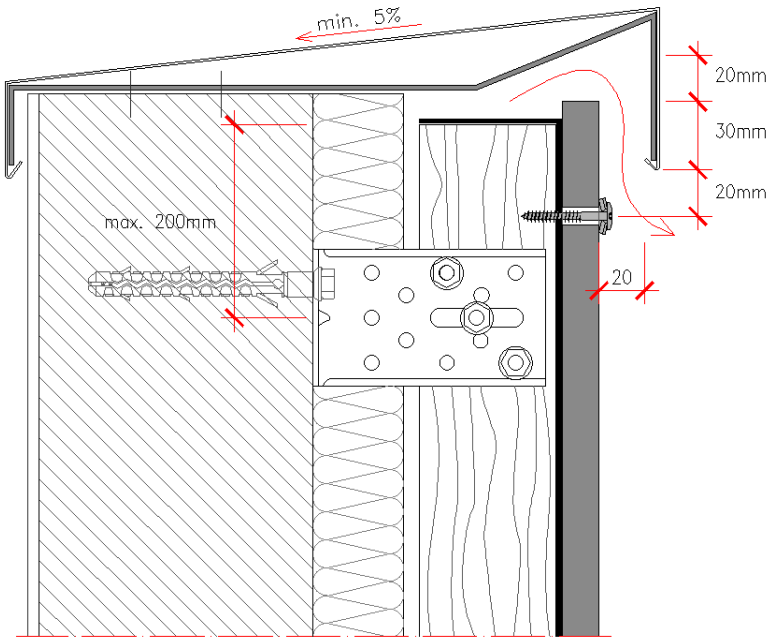


Figura 2.3.41 – Detalle de la parte superior
(Su existencia es esencial para evitar la escorrentía)

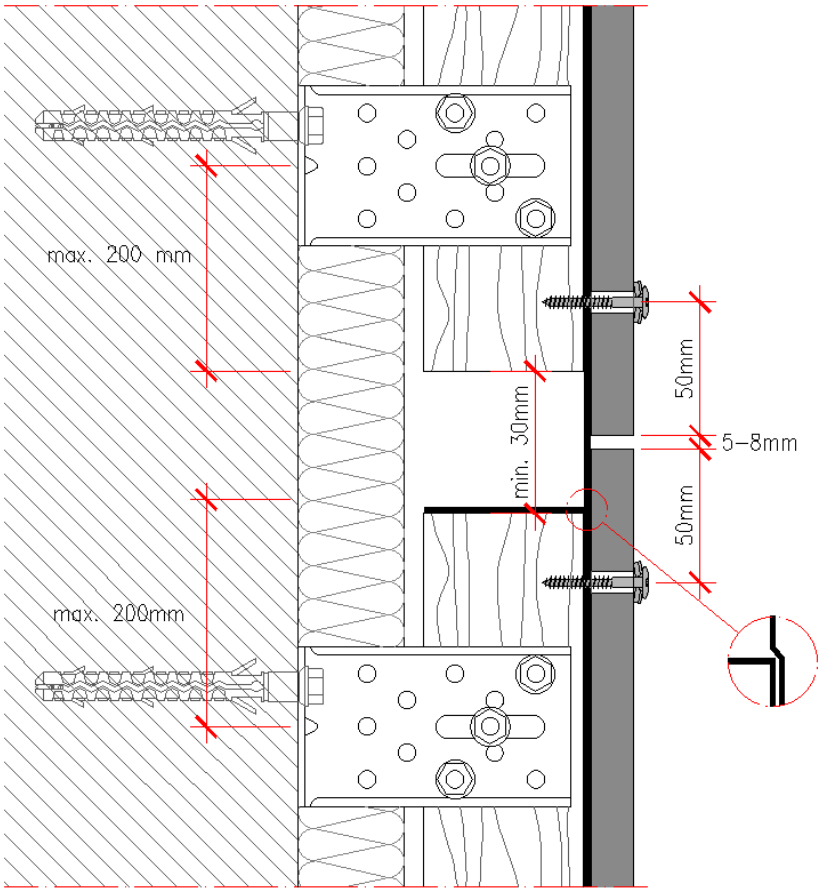


Figura 2.3.42 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud ≤ 6 m

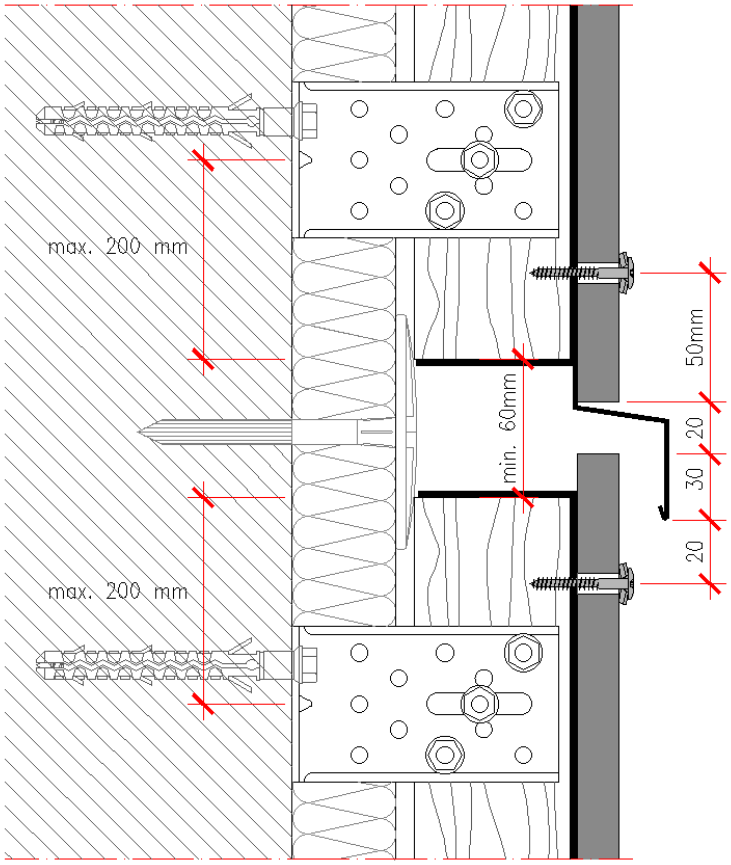
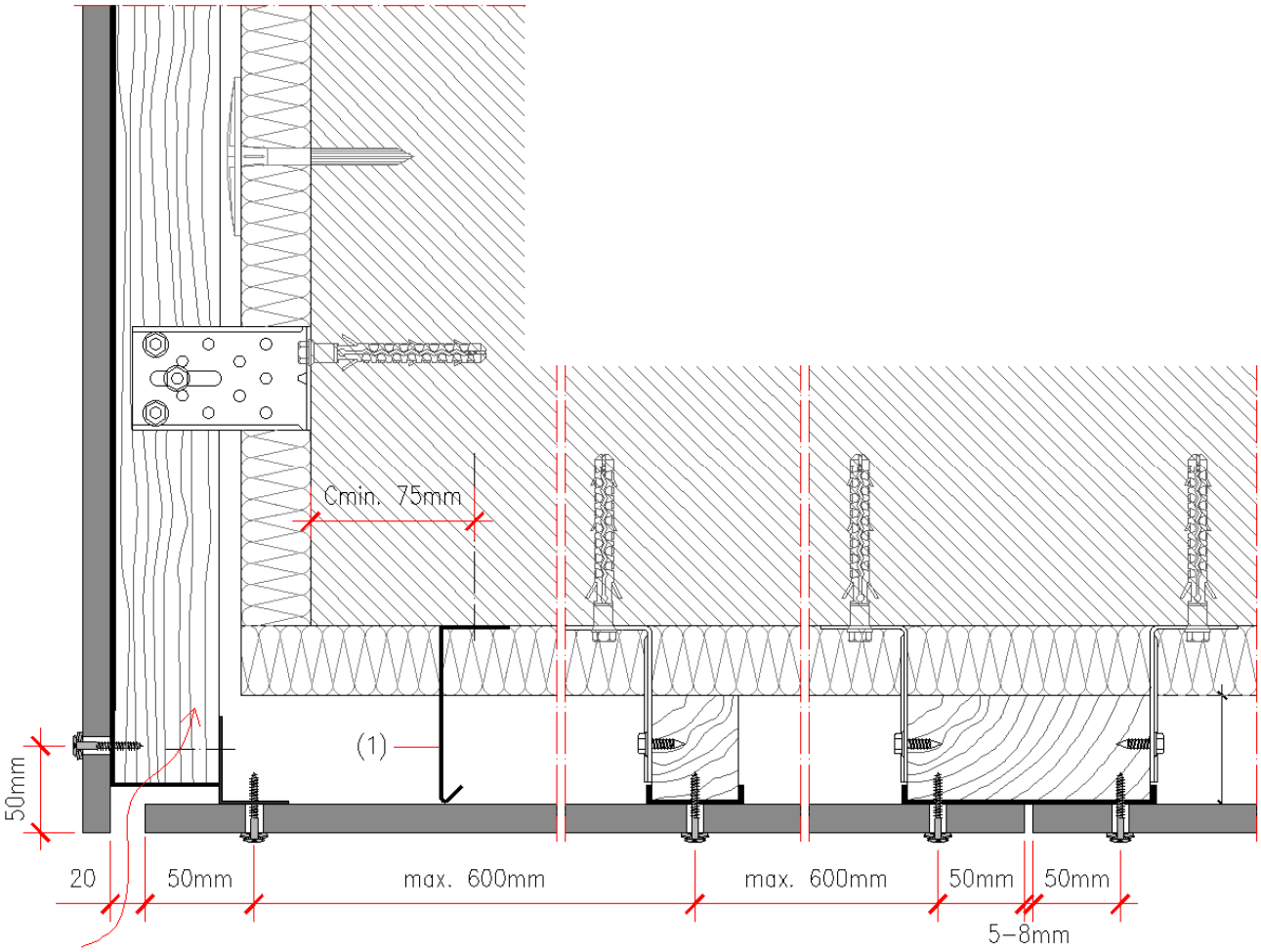


Figura 2.3.43 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud > 6 m



Compartimentación de la lámina de aire (1)

Figura 2.3.44 – Detalle de la conexión entre la fachada y el falso techo

2.1.47 Detalles, estructura de acero galvanizado

Las figuras 2.3.45 a 2.3.60 muestran ejemplos de diversos detalles y zonas singulares de la fachada.

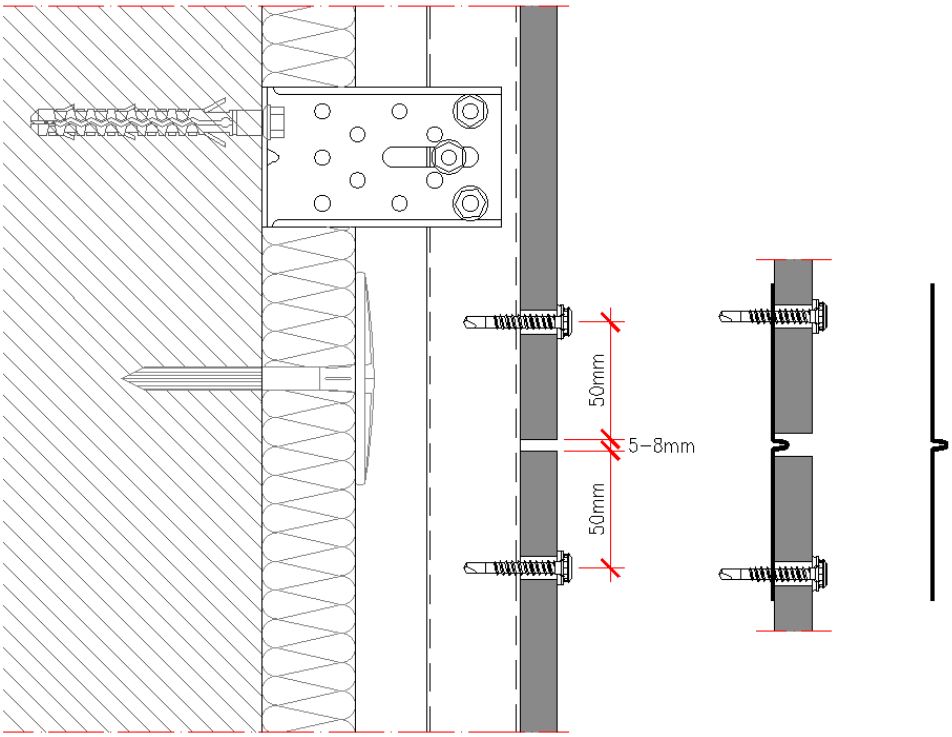


Figura 2.3.45 – Sección vertical, junta entre paneles

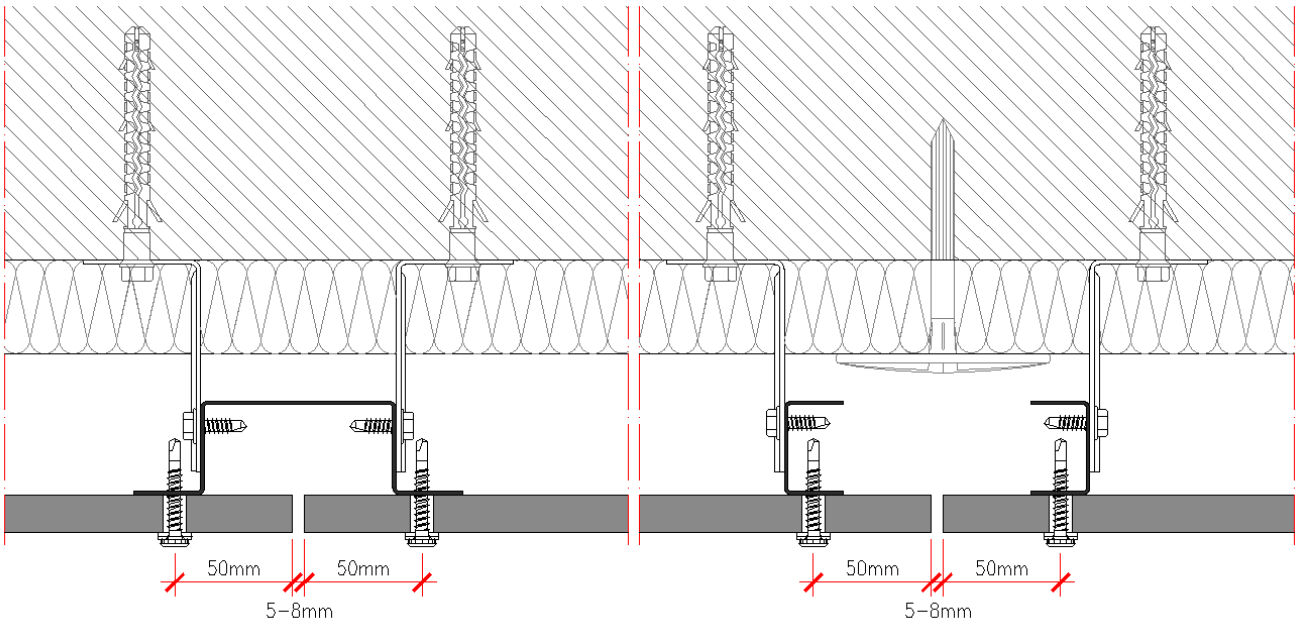


Figura 2.3.46 – Sección horizontal, junta entre paneles

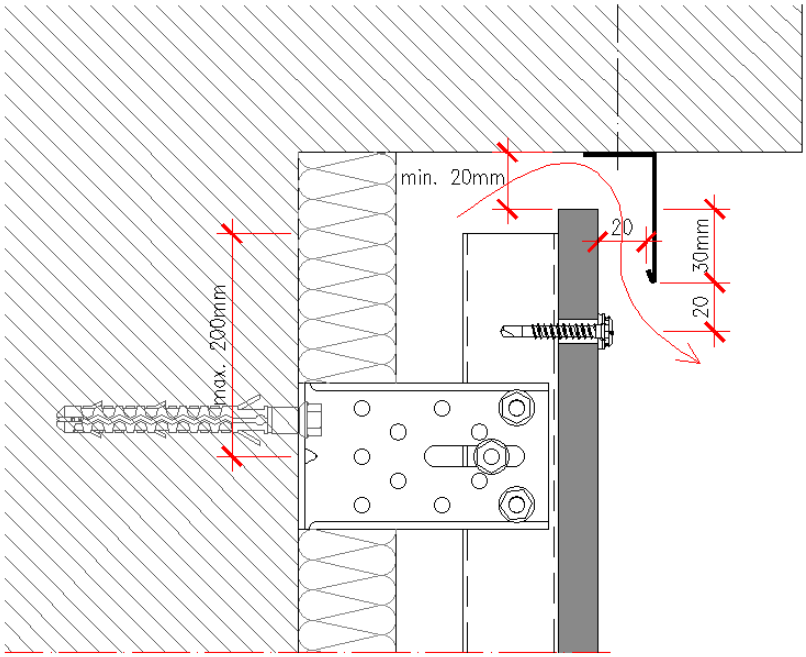


Figura 2.3.47 – Detalle bajo el balcón

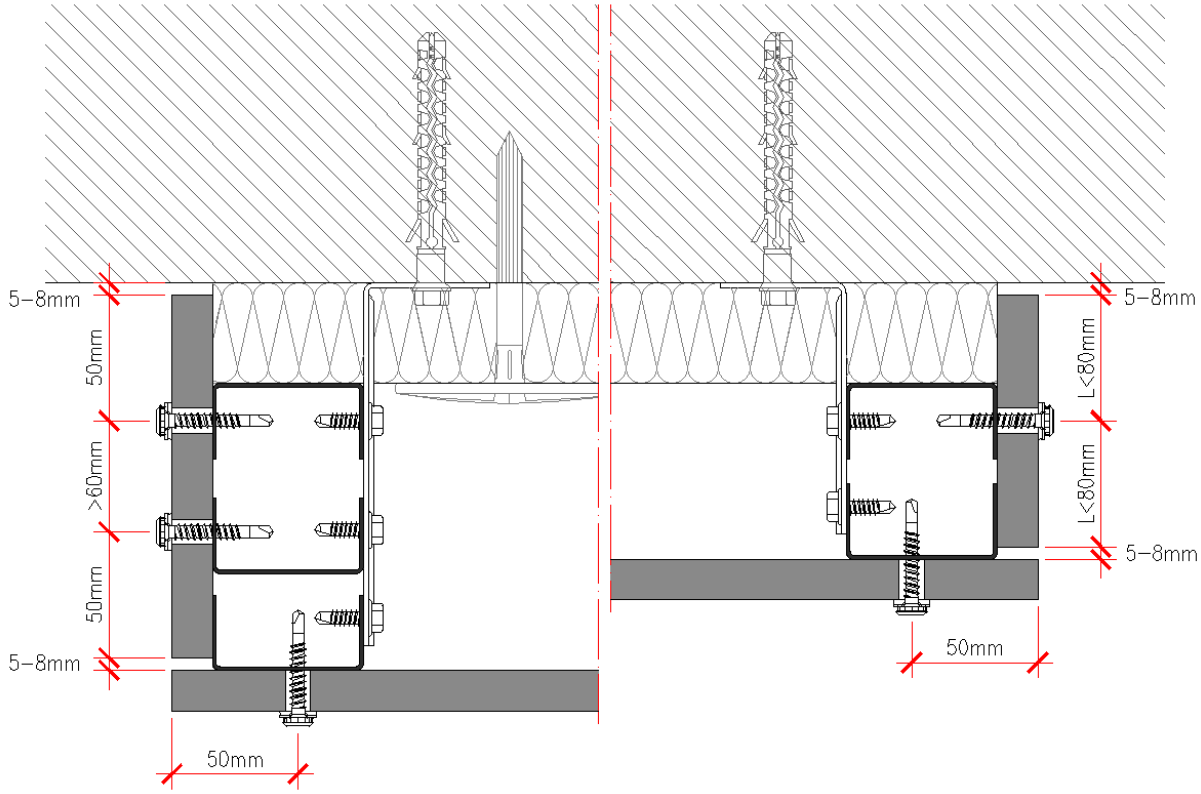


Figura 2.3.48 – Detalle del lateral

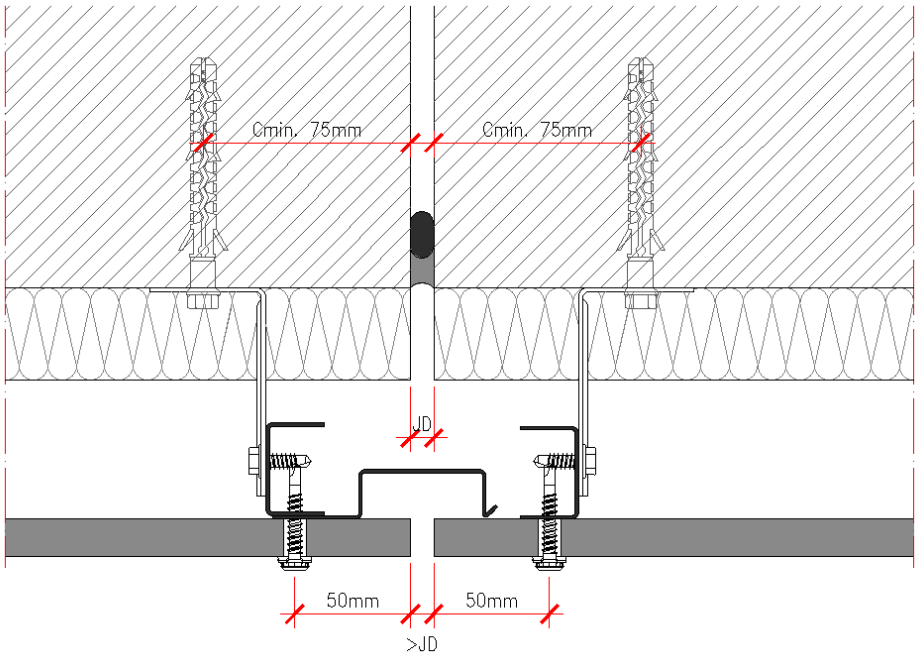


Figura 2.3.49 – Junta de dilatación

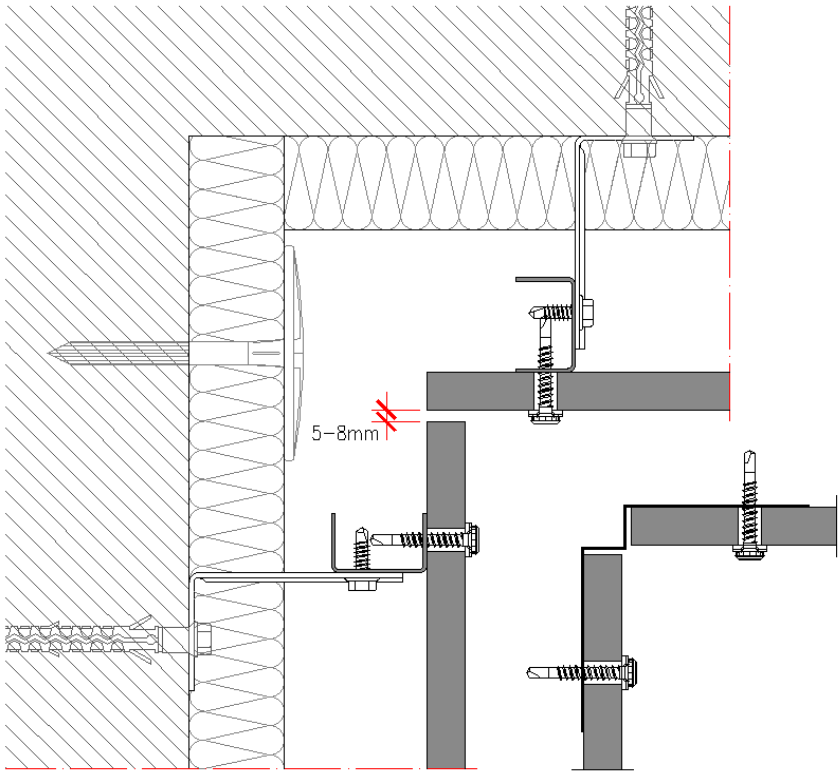
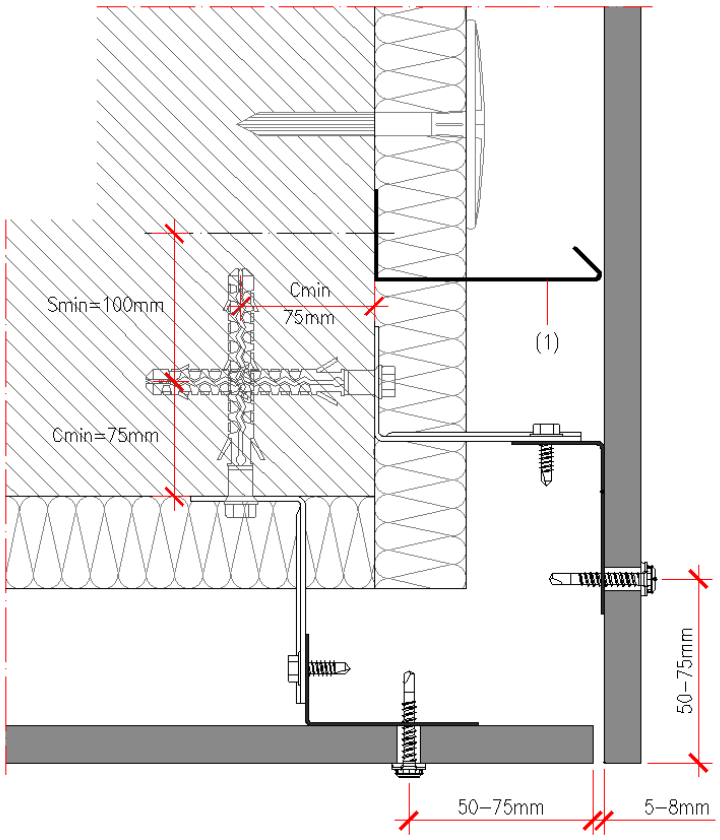
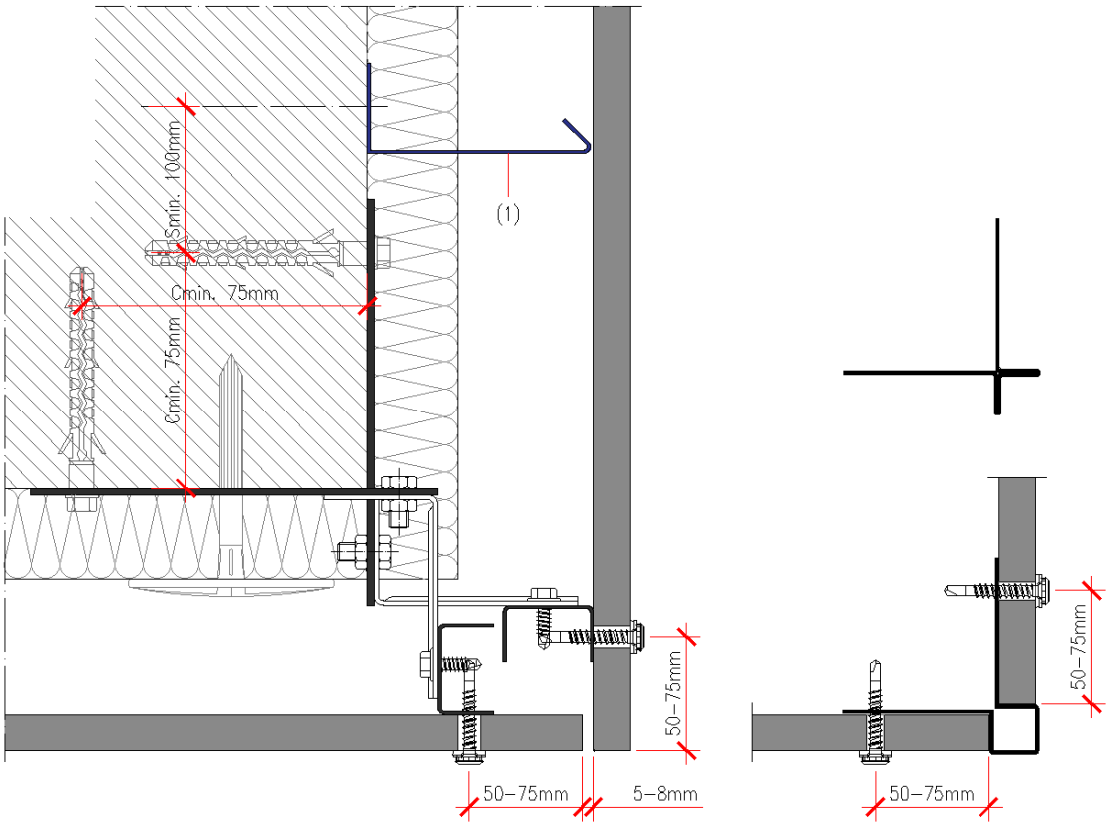


Figura 2.3.50 – Ángulo reentrante



Compartimentación de la lámina de aire (1)

Figura 2.3.51 – Ángulo saliente



Compartimentación de la lámina de aire (1)

Figura 2.3.52 – Ángulo saliente, variante

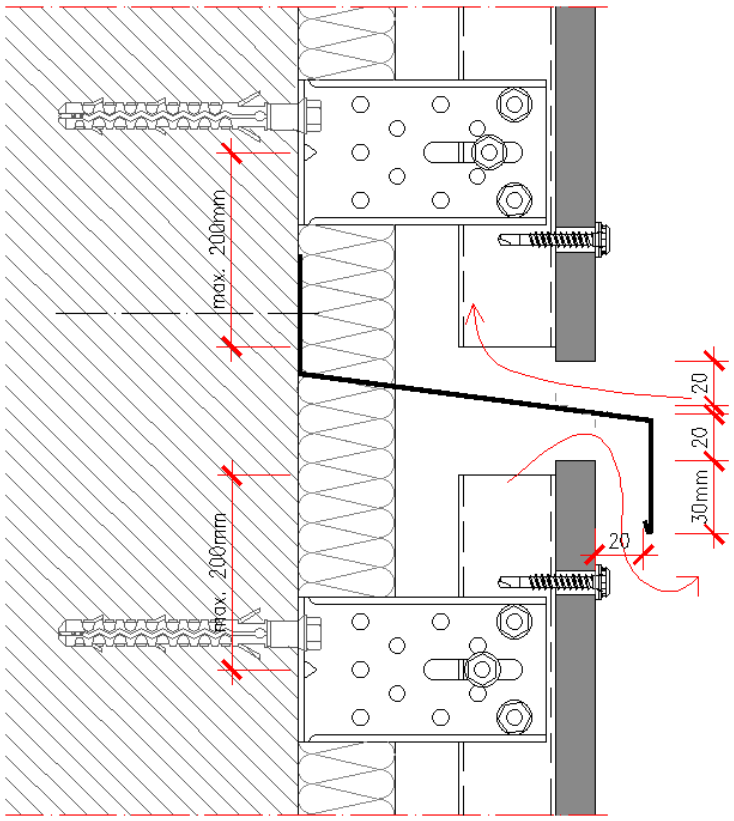


Figura 2.3.53 – Compartimentación horizontal de la lámina de aire

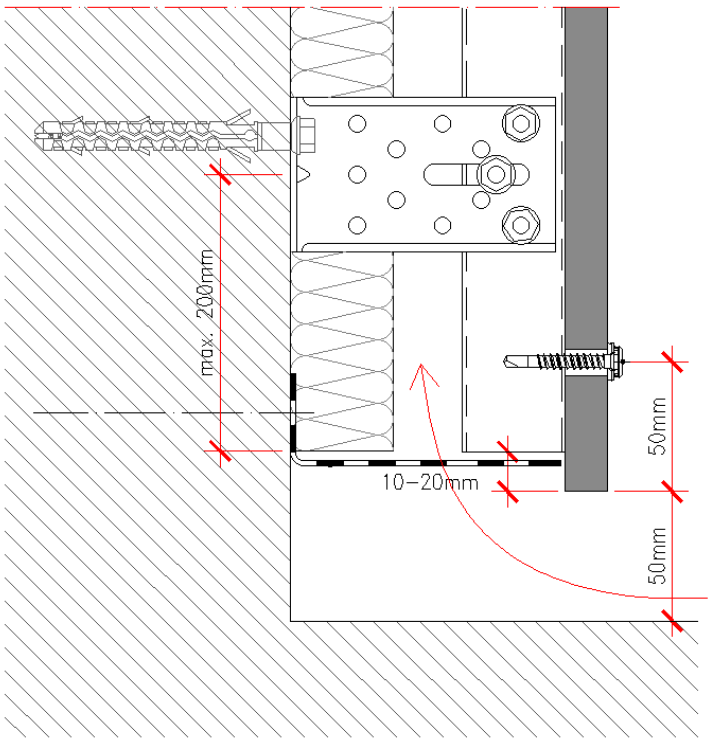


Figura 2.3.54 – Detalle de la base, rejilla anti-roedores

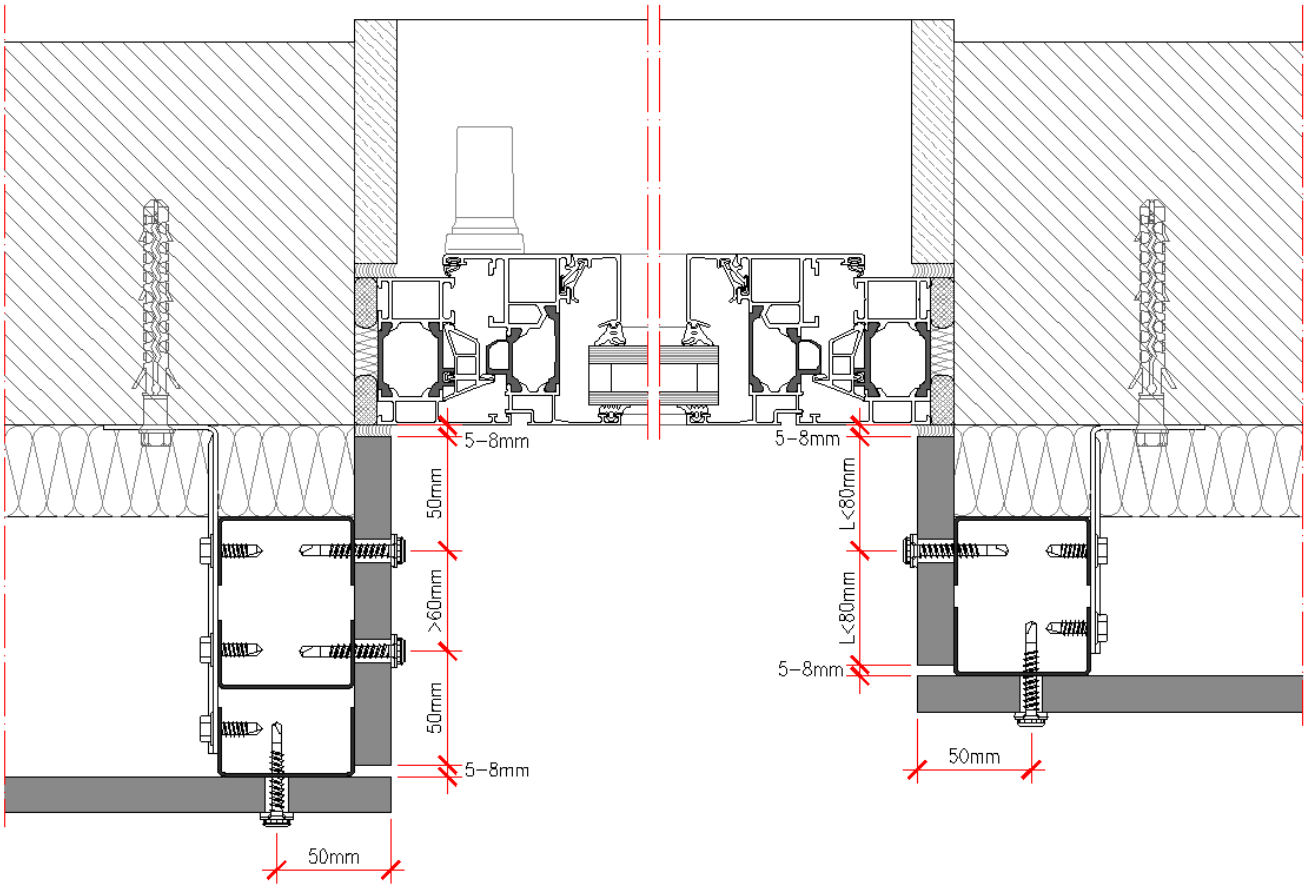


Figura 2.3.55 – Sección horizontal, abertura de ventana

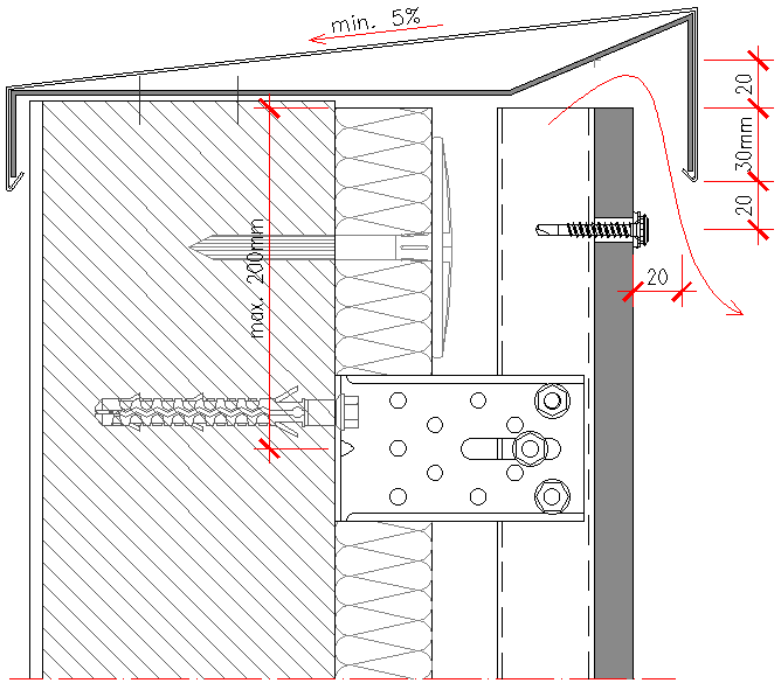


Figura 2.3.56 – Detalle de la parte superior
(Su existencia es esencial para evitar la escorrentía)

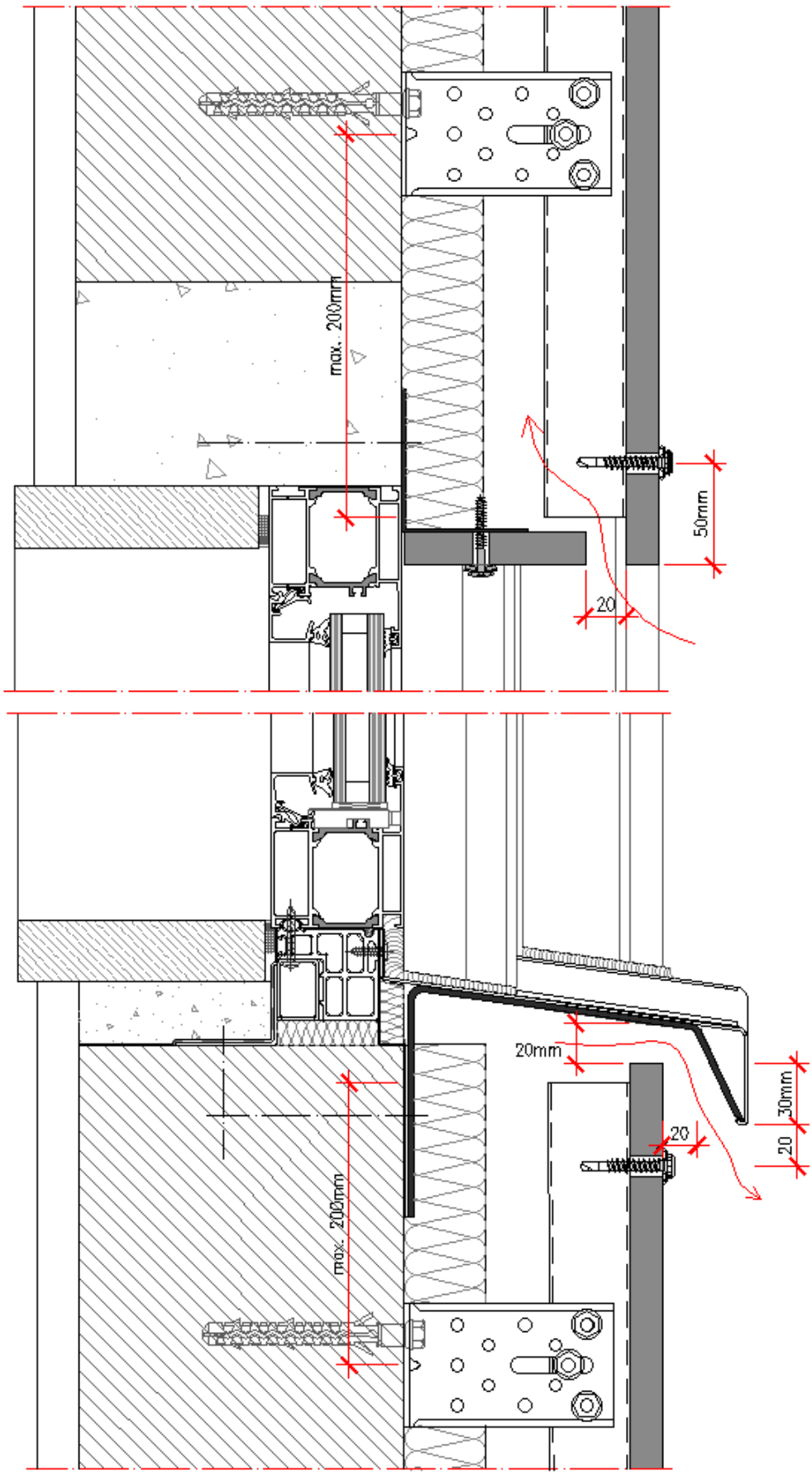


Figura 2.3.57 – Sección vertical, abertura de ventana

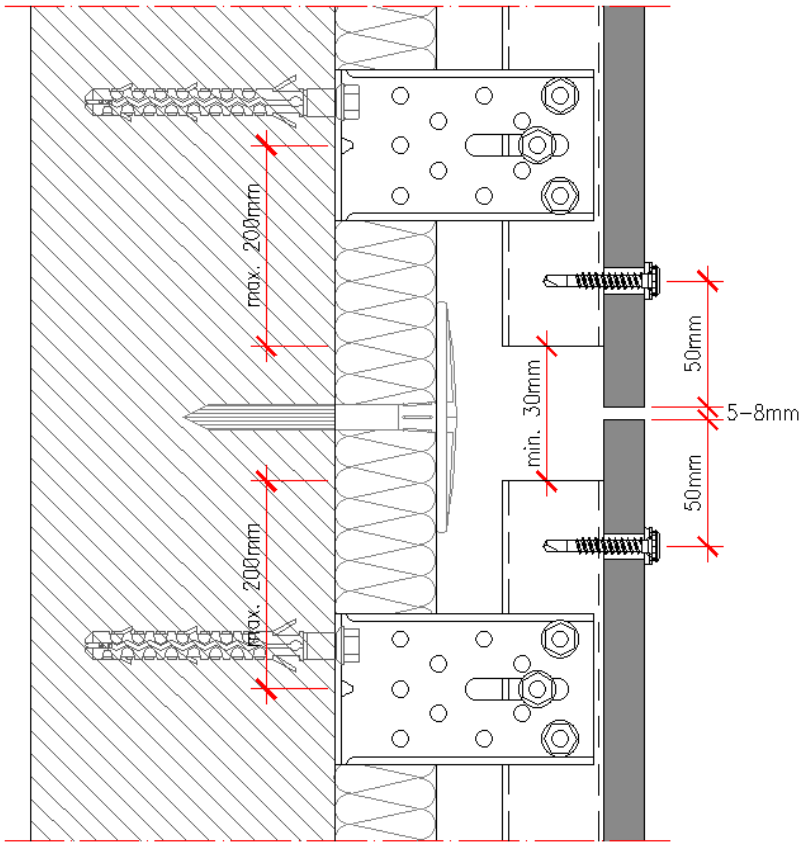


Figura 2.3.58 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud ≤ 6 m

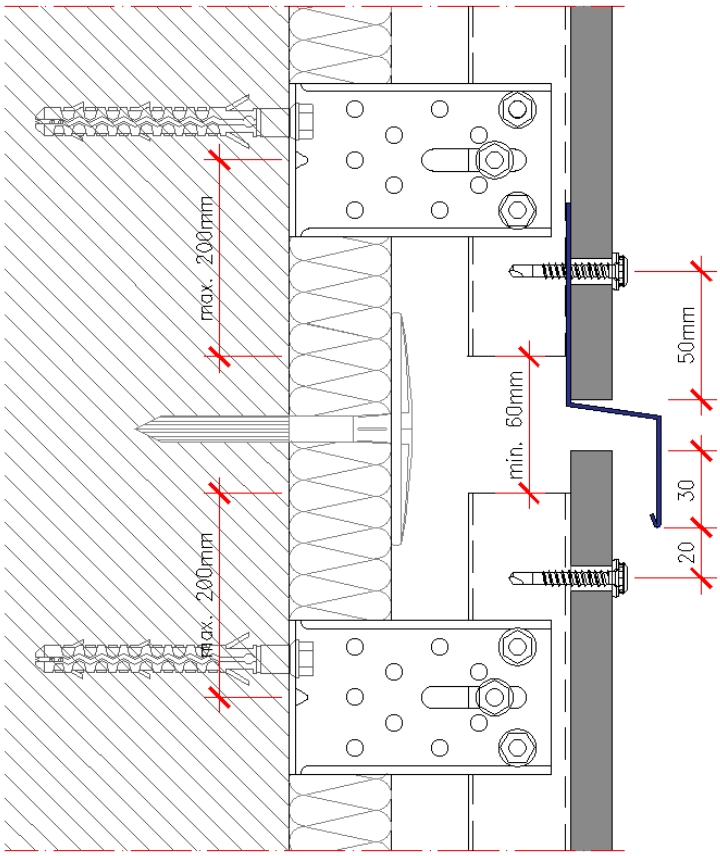
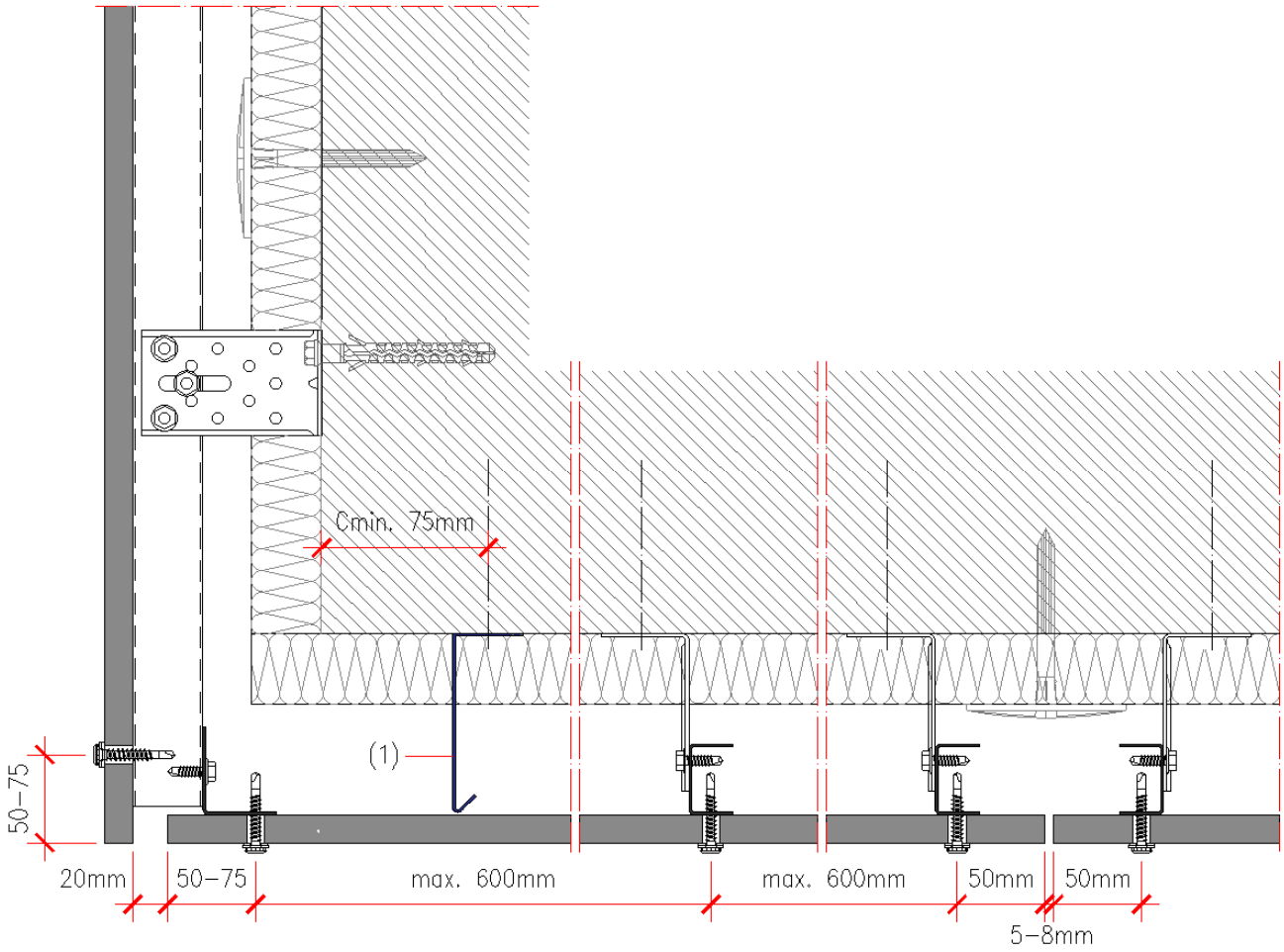


Figura 2.3.59 – Fraccionamiento de la estructura: Perfiles con longitud > 6 m



Compartimentación de la lámina de aire (1)

Figura 2.3.60 – Detalle de la conexión entre la fachada y el falso techo

TABLAS DE CARGAS DE VIENTO

Presión máxima admisible en los paneles cuando están sometidos a la acción del viento (succión)

Distancia horizontal entre tornillos 300mm (12")									
Espesor del panel	(H x V)	Distancia vertical entre tornillos							
		300mm	12"	400mm	16"	500mm	20"	600mm	24"
		kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf
12 mm 1/2"	2 x 2	3,7	78	3,0	62	2,0	42	1,4	29
	2 x 3	3,4	71	2,6	53	2,0	43	1,7	36
	2 x N	3,4	71	2,6	53	2,0	43	1,7	36
	3 x 2	3,4	71	2,7	57	2,0	42	1,4	29
	N x 2	3,4	71	2,7	57	2,0	42	1,4	29
	3 x 3	3,1	64	2,3	48	1,8	39	1,5	32
	3 x N	3,1	64	2,3	48	1,8	39	1,5	32
	N x 3	3,1	64	2,3	48	1,8	39	1,5	32
16 mm 5/8"	2 x 2	7,8	163	6,2	130	4,7	99	3,3	69
	2 x 3	7,2	150	5,4	113	4,3	90	3,6	75
	2 x N	7,2	150	5,4	113	4,3	90	3,6	75
	3 x 2	7,2	150	5,8	120	4,7	99	3,3	69
	N x 2	7,2	150	5,8	120	4,7	99	3,3	69
	3 x 3	3,4	71	2,5	53	2,0	43	1,7	35
	3 x N	3,4	71	2,5	53	2,0	43	1,7	35
	N x 3	3,4	71	2,5	53	2,0	43	1,7	35

Tabla 1 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 300 mm

Distancia horizontal entre tornillos 400mm (16")									
Espesor del panel	(H x V)	Distancia vertical entre tornillos							
		300mm	12"	400mm	16"	500mm	20"	600mm	24"
		kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf
12 mm 1/2"	2 x 2	3,0	62	2,4	50	2,0	42	1,4	29
	2 x 3	2,7	57	2,0	43	1,6	34	1,4	28
	2 x N	2,7	57	2,0	43	1,6	34	1,4	28
	3 x 2	2,6	53	2,0	43	1,7	36	1,4	29
	N x 2	2,6	53	2,0	43	1,7	36	1,4	29
	3 x 3	2,3	48	1,7	36	1,4	29	1,2	24
	3 x N	2,3	48	1,7	36	1,4	29	1,2	24
	N x 3	2,3	48	1,7	36	1,4	29	1,2	24
16 mm 5/8"	2 x 2	6,2	130	5,0	104	4,2	87	3,3	69
	2 x 3	5,8	120	4,3	90	3,5	72	2,9	60
	2 x N	5,8	120	4,3	90	3,5	72	2,9	60
	3 x 2	5,4	113	4,3	90	3,6	75	3,1	64
	N x 2	5,4	113	4,3	90	3,6	75	3,1	64
	3 x 3	2,5	53	1,9	40	1,5	32	1,3	27
	3 x N	2,5	53	1,9	40	1,5	32	1,3	27
	N x 3	2,5	53	1,9	40	1,5	32	1,3	27

Tabla 2 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 400 mm

Distancia horizontal entre tornillos 500mm (20")									
Espesor del panel	(H x V)	Distancia vertical entre tornillos							
		300mm	12"	400mm	16"	500mm	20"	600mm	24"
		kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf
12 mm 1/2"	2 x 2	2,0	42	2,0	42	1,7	35	1,4	29
	2 x 3	2,0	42	1,7	36	1,4	28	1,1	24
	2 x N	2,0	42	1,7	36	1,4	28	1,1	24
	3 x 2	2,0	43	1,6	34	1,4	28	1,2	24
	N x 2	2,0	43	1,6	34	1,4	28	1,2	24
	3 x 3	1,8	39	1,4	29	1,1	23	0,9	19
	3 x N	1,8	39	1,4	29	1,1	23	0,9	19
	N x 3	1,8	39	1,4	29	1,1	23	0,9	19
16 mm 5/8"	2 x 2	4,7	99	4,2	87	3,5	72	3,0	62
	2 x 3	4,7	99	3,6	75	2,9	60	2,4	50
	2 x N	4,7	99	3,6	75	2,9	60	2,4	50
	3 x 2	4,3	90	3,5	72	2,9	60	2,5	52
	N x 2	4,3	90	3,5	72	2,9	60	2,5	52
	3 x 3	2,0	43	1,5	32	1,2	26	1,0	21
	3 x N	2,0	43	1,5	32	1,2	26	1,0	21
	N x 3	2,0	43	1,5	32	1,2	26	1,0	21

Tabla 3 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 500 mm

Distancia horizontal entre tornillos 600mm (24")									
Espesor del panel	(H x V)	Distancia vertical entre tornillos							
		300mm	12"	400mm	16"	500mm	20"	600mm	24"
		kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf	kN/m2	psf
12 mm 1/2"	2 x 2	1,4	29	1,4	29	1,4	29	1,2	25
	2 x 3	1,4	29	1,4	29	1,2	24	1,0	20
	2 x N	1,4	29	1,4	29	1,2	24	1,0	20
	3 x 2	1,7	36	1,4	28	1,1	24	1,0	20
	N x 2	1,7	36	1,4	28	1,1	24	1,0	20
	3 x 3	1,5	32	1,2	24	0,9	19	0,8	16
	3 x N	1,5	32	1,2	24	0,9	19	0,8	16
	N x 3	1,5	32	1,2	24	0,9	19	0,8	16
16 mm 5/8"	2 x 2	3,3	69	3,3	69	3,0	62	2,5	53
	2 x 3	3,3	69	3,1	64	2,5	52	2,1	43
	2 x N	3,3	69	3,1	64	2,5	52	2,1	43
	3 x 2	3,6	75	2,9	60	2,4	50	2,1	43
	N x 2	3,6	75	2,9	60	2,4	50	2,1	43
	3 x 3	1,7	35	1,3	27	1,0	21	0,8	18
	3 x N	1,7	35	1,3	27	1,0	21	0,8	18
	N x 3	1,7	35	1,3	27	1,0	21	0,8	18

Tabla 4 – Presión admisible, distancia horizontal entre tornillos 600 mm