

# PRINCIPIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE ESTRUCTURAS DE ACERO

## 1. ¿Qué es un sistema estructural de acero?

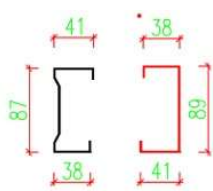
Este sistema es un sistema estructural portante integral destinado a la construcción de edificios residenciales, industriales y agrícolas.

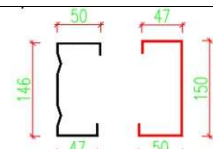
Se trata de un sistema portante de entramado (de paredes), cuyos componentes individuales —perfiles fabricados con chapa de acero galvanizado y de sección transversal en forma de «C»— se unen entre sí mediante elementos de fijación (tornillos autorroscantes y tornillos), formando así una estructura de pared relativamente rígida.

En la siguiente fase, el entramado resultante se rellena con aislamiento térmico de fibras minerales y se revisita por ambas caras con placas de yeso laminado, placas de fibra de yeso o tableros de virutas orientadas (OSB). De este modo se forma un núcleo rígido al que, en una fase posterior de la ejecución, se incorpora por el exterior un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) y, por el interior, un revestimiento de acabado, generalmente de yeso laminado (trasdosado interior).

Por tanto, el procedimiento de revestimiento es esencialmente el mismo que se utiliza en la construcción con entramado de madera. La única diferencia radica en el material empleado para el bastidor estructural: la mencionada chapa de acero.

Los perfiles se fabrican mediante el conformado progresivo de una bobina de acero en una máquina perfiladora. Suministramos dos tipos de perfiles en «C», correspondientes a la profundidad (anchura) de la propia estructura: **89 mm y 150 mm\***. La tabla siguiente recoge sus principales características técnicas.

| Perfil C 89                                                                         | Espesor de chapa | Calidad del acero | Peso por metro lineal (kg/m) | Recubrimiento superficial |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|
|  | 0,75 mm          | S 550             | 1,107                        | Z 275                     |
|                                                                                     | 0,95 mm          | S 550             | 1,402                        | Z 275                     |
|                                                                                     | 1,15 mm          | S 550 / 350       | 1,697                        | Z 275                     |
|                                                                                     | 1,55 mm          | S 350             | 2,287                        | Z 275                     |
|                                                                                     | 1,95 mm          | S 350             | 2,878                        | Z 275                     |

| Perfil C 150                                                                        | Espesor de chapa | Calidad del acero | Peso por metro lineal (kg/m) | Recubrimiento superficial |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------|
|  | 1,15 mm          | S 350             | 2,390                        | Z 275                     |
|                                                                                     | 1,95 mm          | S 350             | 4,005                        | Z 275                     |

## 2. Planeidad del soporte

### Requisitos de ejecución, resistencia y dimensiones de la cimentación de hormigón

Las normas ČSN y EN no establecen un procedimiento uniforme para la medición de la planeidad local de las superficies.

El presente documento establece los criterios y requisitos para medir la planeidad general y la planeidad local de las superficies de apoyo, teniendo en cuenta los requisitos de las siguientes normas: ČSN 73 0205, ČSN 73 0212-3, ČSN 74 4505, ČSN EN 13670 y DIN 18202.

La planeidad local de la superficie se comprueba tomando como referencia una longitud de 2 m. Se recomienda realizar la medición con una regla de 2 m.

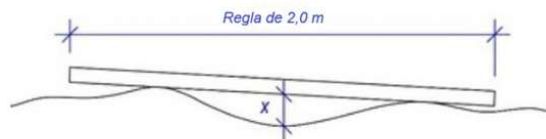
**Todos los requisitos de planeidad establecidos en este documento se expresan como valores máximos admisibles, mientras que los requisitos relativos a las dimensiones y la resistencia del soporte se expresan como valores mínimos.**

Los valores especificados para la cimentación de hormigón deberán cumplirse antes de comenzar los trabajos de montaje.

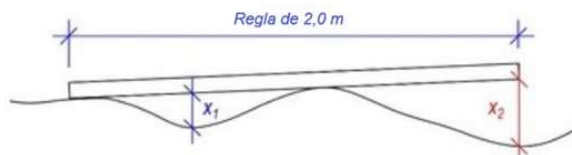
### 2.1 Requisitos de planeidad de la superficie de la cimentación de hormigón

La planeidad de la superficie superior de la cimentación deberá medirse en un mínimo de **5 puntos por cada 100 m<sup>2</sup>** de superficie de cimentación, concretamente en las zonas situadas bajo las futuras paredes de la estructura elevada, montada con perfiles de acero de paredes delgadas.

La planeidad del soporte se comprobará mediante una **regla de 2,0 m de longitud**, de acuerdo con los siguientes esquemas:



La desviación medida corresponde a la dimensión **x**



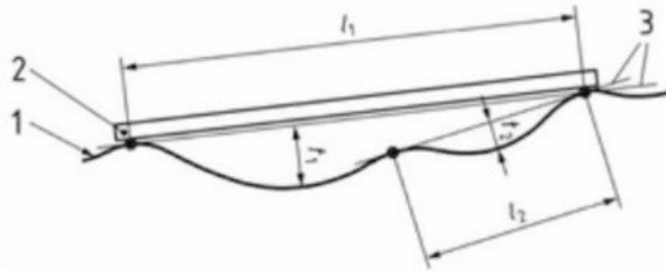
La desviación medida corresponde a la dimensión **x<sub>1</sub>**; la desviación **x<sub>2</sub>** no se tiene en cuenta

**Para la planeidad local del borde superior de la cimentación en una longitud de 2,0 m, se establecen los siguientes valores máximos admisibles de desviación:**

- **X = 3,0 mm**, cuando el perfil de arranque de la estructura montada se ancle a la cota del pavimento terminado.
- **X = 5,0 mm**, cuando el perfil de arranque de la estructura montada se ancle a la cota superior de la cimentación, antes de colocar el pavimento.

Para compensar pequeñas irregularidades, se recomienda instalar el perfil de arranque de la estructura montada sobre una banda de lámina bituminosa modificada.

Para la planeidad del borde superior de la cimentación en una longitud de 10,0 m, se establece la desviación límite máxima admisible entre los extremos de la regla.



**Leyenda**

1 Superficie de la zona medida

2 Regla de medición

3 Plano de la cara inferior de la regla de medición

$l_1, l_2$  Longitud de la regla de medición

$t_1, t_2$  Magnitud de la desviación entre la superficie medida y la cara inferior de la regla de medición

**Desviación máxima admisible en una longitud de 10 m:**

- **t = 20 mm** para una superficie superior de la cimentación sin terminar (superficie rugosa).
- **t = 15 mm** para una superficie superior de la cimentación terminada (superficie de hormigón lisa).
- **t = 12 mm** para una superficie con el pavimento terminado.

## 2.2 Requisitos de resistencia de la superficie de la cimentación de hormigón

El hormigón de la cimentación deberá tener una **resistencia mínima a compresión de 25 MPa**.

## 2.3 Requisitos de espesor de la cimentación de hormigón

**El espesor mínimo requerido de la cimentación es de 180 mm.**

El espesor de la cimentación viene determinado por la necesidad de anclar la estructura sobre rasante mediante anclajes mecánicos o químicos de Ø10 mm o Ø12 mm. El técnico calculista determinará las dimensiones y la longitud de los anclajes.

El espesor de la cimentación será definido por el técnico calculista en función de la capacidad portante requerida; no obstante, el espesor mínimo deberá ser de **180 mm**.

Para optimizar el anclaje y aumentar la capacidad de carga de los anclajes (o, en su caso, permitir el uso de anclajes más cortos), se recomienda disponer armadura de refuerzo en ambas caras de la cimentación, tanto en la cara inferior como en la superior.

### 3. Principios de diseño estructural del sistema de acero

Como se ha indicado anteriormente, una vez ensamblados entre sí los distintos perfiles (véase la Fig. 1), se forman bastidores planos (2D): paredes y cerchas de forjado o de cubierta (véase la Fig. 2).

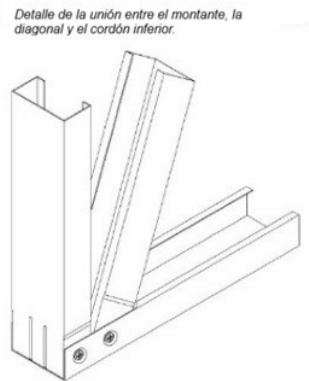


*Fig. 1 – Detalle de la unión de perfiles en la esquina de un bastidor de pared*

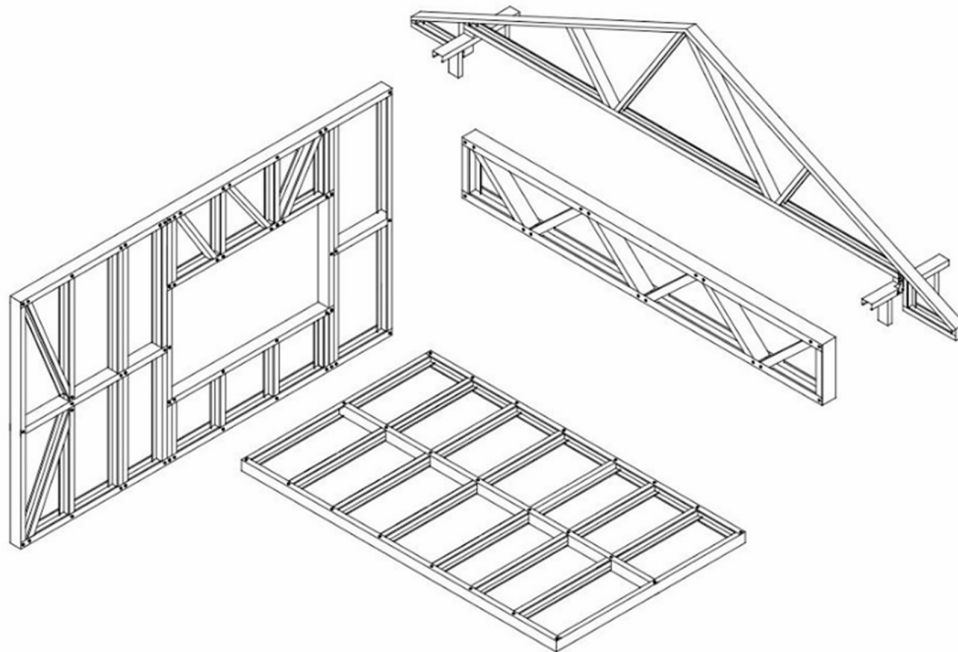


*Fig. 2 – Gama de elementos de bastidor (2D): paredes, cerchas de forjado y de cubierta, smartpanels, etc.*

Los distintos bastidores se unen entre sí mediante elementos de unión planos (placas de unión) (véase la Fig. 3) o mediante tornillos, formando así estructuras tridimensionales (3D) que adquieren una elevada rigidez una vez revestidas con paneles estructurales (OSB o placas de fibra de yeso).

Por lo general, estas estructuras pueden diseñarse para edificios de varias plantas, de hasta 6 plantas sobre rasante. No obstante, la solución estructural concreta y la selección de la serie de perfiles deberán determinarse siempre mediante el correspondiente cálculo estructural.

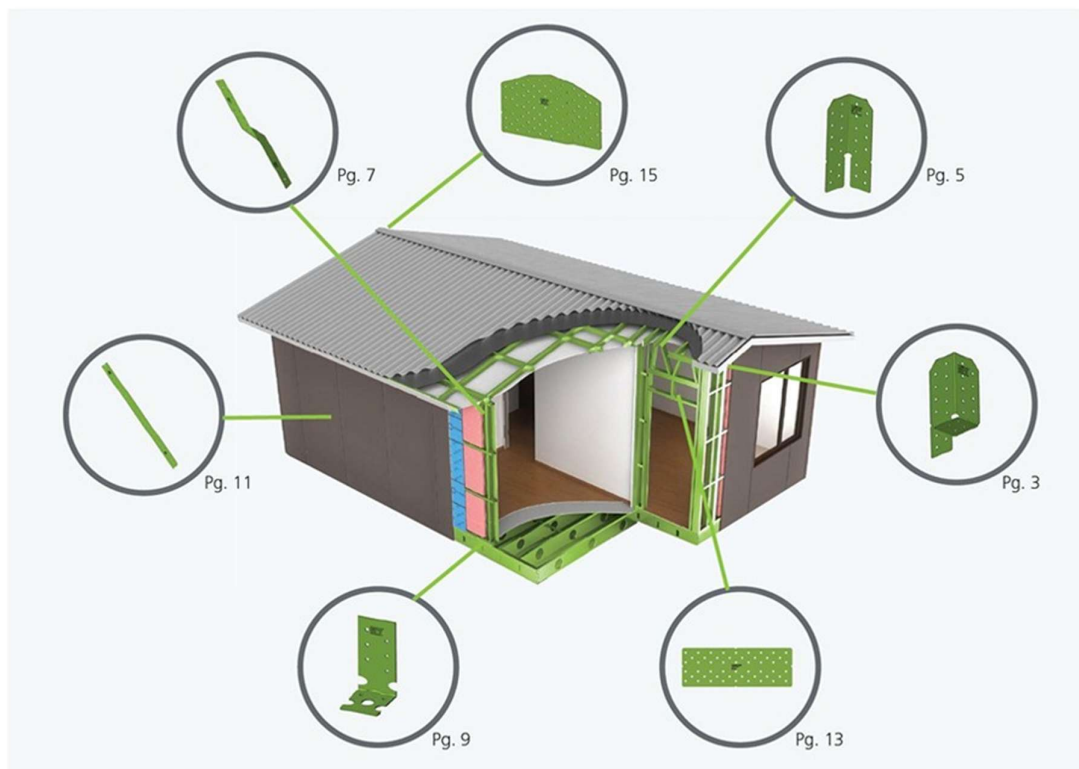
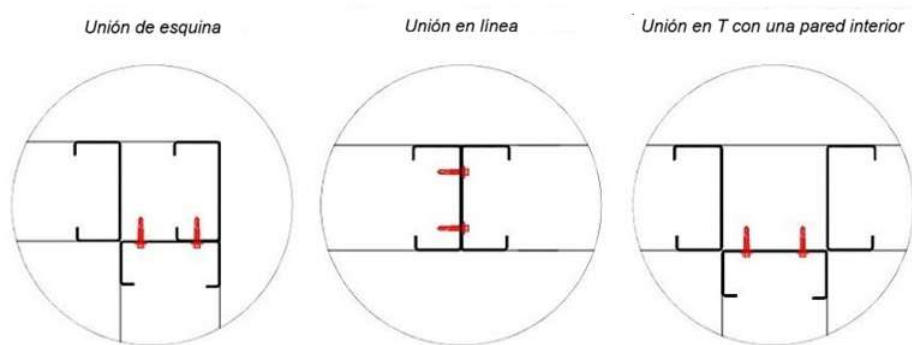


*Fig. 3 – Gama de herrajes originales de unión mediante placas de conexión 2D y 3D suministrados por Framacad*



*En todas las configuraciones mostradas a continuación, los distintos bastidores de pared se unen mediante un mínimo de 6 tornillos por unión*

*Fig. 4 – Detalle de una unión típica entre bastidores de pared mediante tornillos autorroscantes*

Esta solución permite utilizar el sistema estructural de entramado triangulado para construir pilares, paredes, forjados, cubiertas y pórticos para edificios tipo nave.

## Anclaje de las paredes al soporte

Los bastidores de pared deben anclarse siempre a un soporte resistente (de hormigón o de hormigón armado) mediante escuadras de anclaje con arandela y los correspondientes anclajes para hormigón (véase la Fig. 5).

El tipo y el número de anclajes, así como su longitud de anclaje, serán determinados individualmente por el técnico calculista para cada proyecto y se especificarán en la documentación de fabricación correspondiente.

Como criterio general, las escuadras de anclaje con arandela y los anclajes para hormigón se colocarán junto al alma (montante) de los bastidores de pared, con una separación máxima de **900 mm** entre sí. Asimismo, deberán anclarse siempre los extremos de los bastidores de pared y ambos lados de los huecos de las puertas.

La distancia máxima entre un anclaje y el alma (montante) más próximo será de **90 mm**.

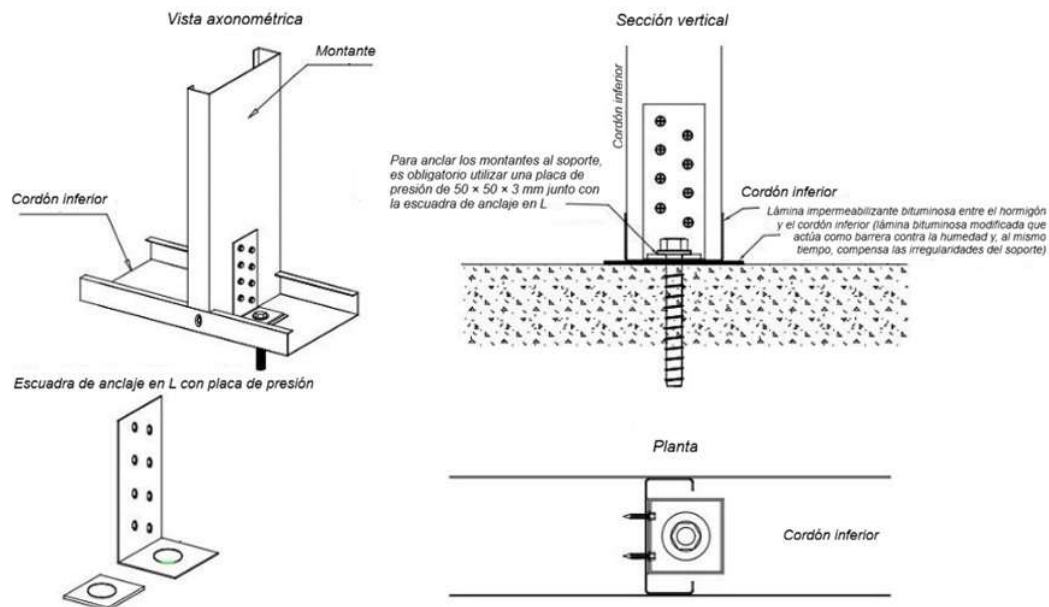


Fig. 5 – Vista axonométrica, sección vertical y planta del anclaje de los montantes de los bastidores de pared

## Bastidores de pared

Los bastidores de pared delimitan el perímetro del edificio y dividen el espacio interior en distintas zonas. Las dimensiones de cada bastidor se determinan individualmente para cada proyecto, teniendo en cuenta los siguientes límites:

### Dimensiones máximas de un bastidor portante de pared:

- **Longitud:** 6,0 m
- **Altura:** 3,0 m

Estas dimensiones máximas están limitadas por las condiciones de transporte, las restricciones de manipulación en el taller y en la obra y, especialmente, por las dimensiones de los paneles establecidas para la realización de los ensayos de resistencia al fuego en un laboratorio de ensayo acreditado, siendo la altura del panel el factor limitante.

Tanto el marco perimetral de la pared como los montantes verticales interiores están fabricados con perfiles en «C», dispuestos con una separación máxima entre ejes de **625 mm** (o inferior). Esta separación viene determinada por las dimensiones estándar de los paneles de revestimiento utilizados para revestir las paredes, los techos y las cubiertas de la estructura.

## Bastidores triangulados para forjados y cubiertas

Las estructuras trianguladas de los bastidores de forjados y cubiertas son, en esencia, similares a los bastidores de pared, aunque tienen una altura estructural considerablemente menor, que suele partir de aproximadamente 300 mm.

El marco perimetral de estos elementos, así como los montantes diagonales interiores, están fabricados también con perfiles en «C». La inclinación y el número de diagonales se determinan mediante el cálculo estructural.

La separación entre los distintos elementos triangulados apoyados sobre los bastidores de pared es también de **625 mm** o, preferiblemente, el doble, es decir, **1.250 mm**. En este último caso, los elementos se complementan con el denominado «**smartpanel**» (un elemento horizontal de bastidor unido a un bastidor triangulado, formando una estructura en «T»). De este modo, al duplicar la separación entre los bastidores, se consigue un arriostramiento óptimo del forjado o de la cubierta.

En el diseño de las estructuras trianguladas de los forjados y las cubiertas, se recomienda alinear los ejes de estos elementos con los ejes de los montantes de los bastidores de pared, para garantizar una transmisión óptima de los esfuerzos internos.

### Unión de los bastidores triangulados

Como se ha indicado en el apartado anterior, la elevada rigidez de la propia estructura portante de acero se consigue mediante los herrajes de unión con placas de conexión, que permiten unir los distintos elementos del bastidor, junto con los correspondientes elementos de fijación.

Las figuras 6, 7 y 8 muestran de forma clara el conjunto de componentes y los detalles de unión entre los distintos elementos.

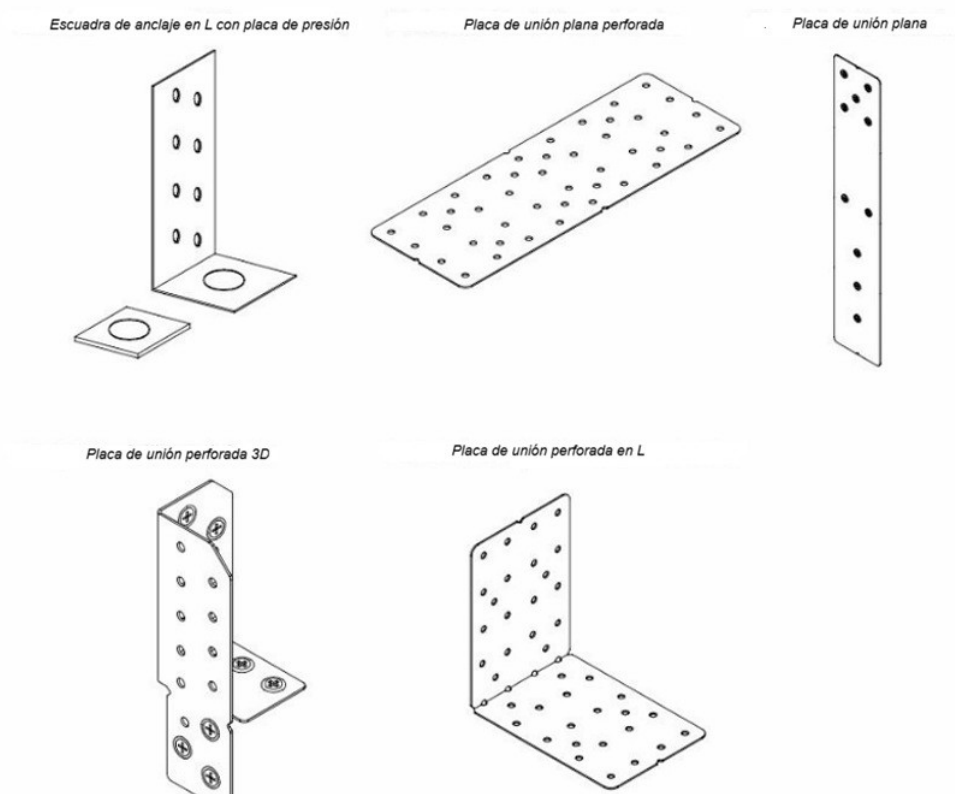


Fig. 6 – Detalle de la gama de herrajes de unión mediante placas de conexión suministrados por Framacad

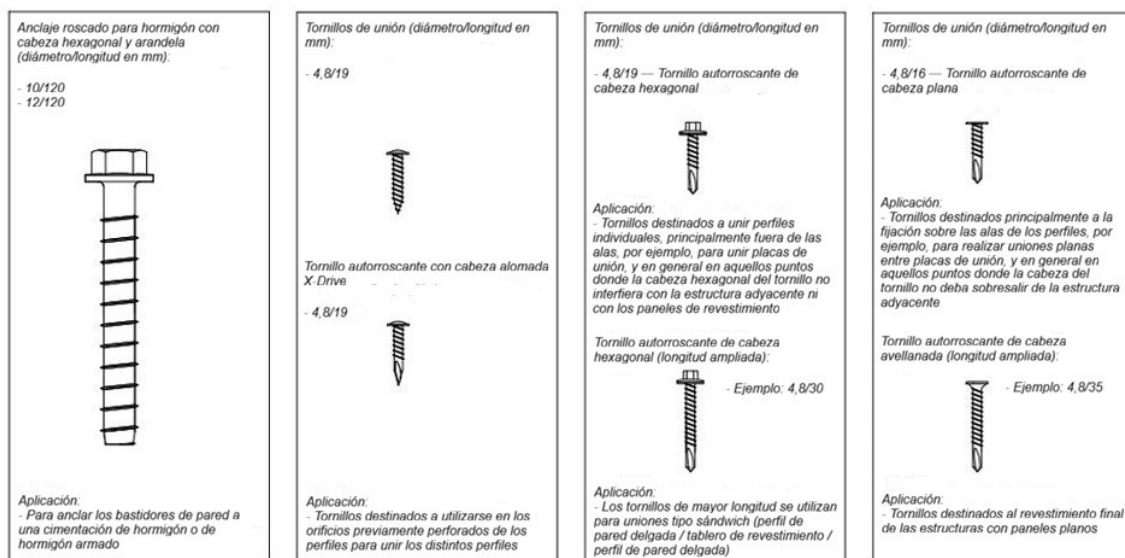


**Fig. 7 – Gama de elementos de fijación para los componentes de los bastidores y de herrajes de unión mediante placas de conexión**

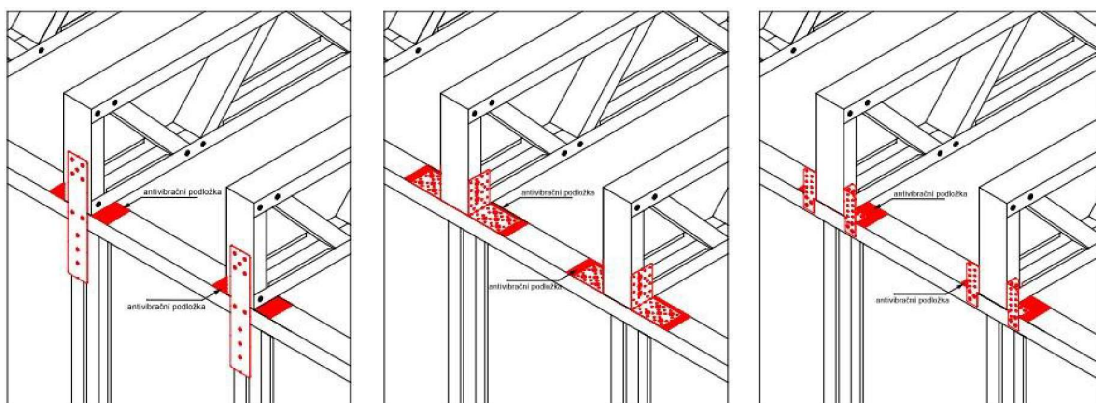


**Fig. 8 – Posibles aplicaciones de los herrajes de unión mediante placas de conexión para unir las cerchas de forjado o de cubierta a los bastidores de pared**

## Dimensionamiento de los bastidores triangulados de forjados y cubiertas

La siguiente tabla presenta las dimensiones orientativas (altura) de los bastidores triangulados de forjado o de cubierta para cubrir luces determinadas del edificio. Las dimensiones definitivas de los elementos estructurales deberán comprobarse siempre mediante el correspondiente cálculo estructural.

*Las cargas expresadas en kPa corresponden a cargas lineales por metro de longitud del bastidor, incluyendo tanto las cargas permanentes como las cargas variables (nieve).*

| Carga permanente (kPa) | Carga variable (kPa) | Anchura (profundidad) del sistema (mm) | Espesor del material / calidad del acero | Separación entre cerchas (mm) | Luz del edificio (m) | Altura de la cercha (mm) |
|------------------------|----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 1                      | 2                    | 89                                     | 1.15 / 350                               | 625                           | 6                    | 300                      |
| 1                      | 2                    | 89                                     | 1.15 / 350                               | 625                           | 7                    | 350                      |
| 1                      | 2                    | 89                                     | 1.15 / 350                               | 625                           | 8                    | 450                      |
| 1                      | 2                    | 89                                     | 1.15 / 350                               | 625                           | 9                    | 600                      |
| 1                      | 2                    | 150                                    | 1.15 / 350                               | 625                           | 8                    | 450                      |
| 1                      | 2                    | 150                                    | 1.15 / 350                               | 625                           | 9                    | 550                      |
| 1                      | 2                    | 150                                    | 1.15 / 350                               | 625                           | 10                   | 650                      |
| 1                      | 2                    | 150                                    | 1.15 / 350                               | 625                           | 11                   | 750                      |
| 1                      | 2                    | 150                                    | 1.15 / 350                               | 625                           | 12                   | 900                      |

\*Las alturas de las cerchas indicadas corresponden a cerchas con los cordones superior e inferior reforzados.