

Estructuras de construcciones en sistema *Steel Framing*

GABRIEL BOCCARATO

Arquitecto. Integrante de la Comisión de Calidad y Patologías de la Sociedad de Arquitectos del Uruguay y del Registro Único de Peritos de la Suprema Corte de Justicia. Asociado a la Asociación Uruguaya de Peritos. Miembro fundador del Instituto Uruguayo de Construcción en Seco, donde se ha desempeñado como docente de cursos introductorios de *Steel Framing* y coordinador de contenidos técnicos de manuales relativos al sistema.

El sistema constructivo *Steel Framing* es un sistema relativamente nuevo en nuestro medio, si bien su aparición data de hace casi tres décadas. En otros mercados, como el norteamericano, es el sistema más desarrollado y adoptado, constituyéndose en el sistema tradicional de construcción. Esto ha logrado un importante desarrollo de los ensayos de productos, la normativa de aplicación y los códigos de edificación específicos para este sistema.

Debido a sus múltiples ventajas como la rapidez de ejecución, certificación de los productos componentes del sistema, elevada industrialización de los procesos de fabricación, un alto desempeño acústico, eficiencia energética, elevada vida útil y «reciclabilidad», entre muchas otras, ha sido acogido masivamente en los últimos tiempos.

La adopción de tecnologías foráneas, sin la consideración de las particularidades locales o el imprescindible conocimiento de sus buenas prácticas, ha generado la aparición de varios tipos de patologías, principalmente en construcciones apartadas de los procesos formales de construcción.

Es con esta finalidad que se ha creado, hace algunos años, el Instituto Uruguayo de Construcción en Seco [Iucose], con el múltiple propósito de difundir las buenas prácticas constructivas del sistema, capacitar técnicos del medio y promover la adopción de normativa internacional en diferentes aspectos del proceso constructivo, entre otros objetivos.

El presente trabajo se enfocará en aspectos esenciales de los componentes estructurales del sistema.

Para el cálculo estructural de obras en *Steel Framing* se utiliza el reglamento *Cirsoc 303 – Reglamento argentino de elementos estructurales de acero de sección abierta conformados en frío*. Asimismo, es aplicable el reglamento del AISI [American Iron and Steel Institute], *Especificaciones para el diseño de miembros estructurales de acero conformado en frío*, que integra dos métodos de diseño: el Diseño por Tensiones Admisibles [ASD] y el Diseño por Factores de Carga y Resistencia [LRFD].¹ Existen otros métodos de cálculo igualmente válidos. En nuestro medio no hay una normativa específica aplicable al diseño de estructuras en *Steel Framing*, razón por la cual se utiliza normativa extranjera.

Las edificaciones están sometidas a cargas de diversa índole. Hay cargas de origen natural y cargas provocadas por la actividad humana, tomando en cuenta el uso para el cual el edificio ha sido concebido.

Carga de viento W (Wind)

Los sistemas livianos deben considerar especialmente la acción de la carga de viento, verificando las estructuras a esta solicitación, tanto por resistencia como por deformaciones. En los componentes edificios pueden generarse tanto presiones positivas como negativas.

Los esfuerzos de succión pueden generar fuerzas ascendentes que superen el peso propio de la cubierta y, eventualmente, otros elementos. De esta manera, la succión provocada por la carga de viento puede sobrepasar el peso propio, siendo necesario anclar correctamente los distintos elementos componentes de la cubierta para evitar que se vuele, literalmente. Los anclajes deben, por lo tanto, diseñarse y especificarse claramente en lo que respecta a tipos, capacidad resistente y ubicación, quedando determinados en el cálculo estructural.

Del mismo modo, componentes que se encuentran traccionados, mientras no actúa la fuerza de viento, podrían quedar sometidos a compresión ante la ocurrencia de esta acción. En este sentido, hay que asegurarse que los cordones inferiores de las cabriadas, sometidos a tracción en condiciones sin carga de viento, no tengan problemas de pandeo al actuar dicha carga.

Para determinar la intensidad de la carga de viento, en nuestro país es aplicable la norma *UNIT 50-84: Acción del viento sobre las construcciones*, la cual establece el procedimiento a seguir para determinar la intensidad de la carga de viento en función de diferentes factores, como rugosidad del terreno, altura, grado de seguridad requerido, ubicación geográfica, características topográficas, etcétera, y los coeficientes de seguridad aplicables. Esta norma es del año 1984. No corresponde analizar en este artículo si dicha norma contempla la realidad actual de los vientos en nuestro país.

Si bien prácticamente no existen limitaciones al diseño —ya que es posible construir prácticamente cualquier proyecto—, las decisiones que adopte el proyectista tendrán marcada incidencia en la resolución y complejidad de la

estructura resistente del edificio, así como en la economía de la construcción y el riesgo de aparición de patologías.

En este sentido, el uso de ventaneos con grandes luces, la desmaterialización de las esquinas, que elimina zonas comprometidas estructuralmente, o la múltiple altura de cerramientos, que produce perfiles de doble o mayor altura y genera un aumento de sus secciones, originan complejidades en las estructuras y aumento de la cuantía de acero del edificio, lo que incrementa el valor de la obra.

En el otro extremo de las posibilidades proyectuales, las formas compactas, la eliminación de grandes ventaneos, sustituyéndolos por aberturas de menor dimensión, agrupadas, y la materialización de la esquina ciega son elecciones más favorables para resistir las acciones provocadas por el viento, con la correspondiente simplificación de la estructura y, por ende, una disminución de los costos de obra.

Cabe acotar que todos los conceptos anteriores son aplicables a cualquier sistema constructivo.

Ahora bien, ¿por qué es necesario agregar elementos de arriostramiento a las estructuras de *Steel Framing*? Las uniones de los elementos estructurales —entre montantes y soleras de muros o entre vigas y cenefas en el caso de entresijos y cubiertas—, conectados por tornillos apropiados, permiten el giro en la conexión, generando que toda la estructura se deforme en presencia de cargas laterales. Las uniones se consideran articuladas, por lo que no permiten tomar momentos flectores.

Es necesario, entonces, que, frente a la aparición de cargas laterales, como la carga de viento, la estructura cuente con elementos de arriostramiento a fin de mantener la deformación dentro de los límites preestablecidos (fig. 1).

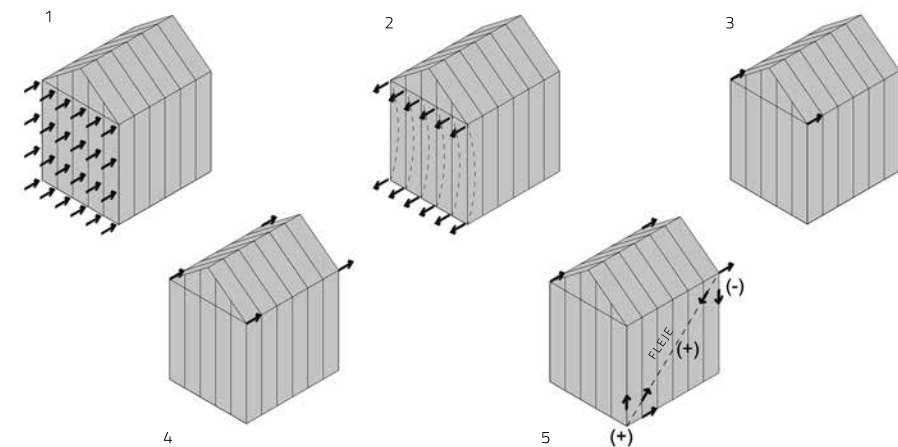


FIGURA 1. ACCIONES PROVOCADAS POR LA CARGA DE VIENTO. FUENTE: *MANUAL IUCOSE* (2017, P.75).

1. Las siglas responden a las denominaciones en inglés *Allowable Stress Design y Load and Resistance Factor Design*, respectivamente.

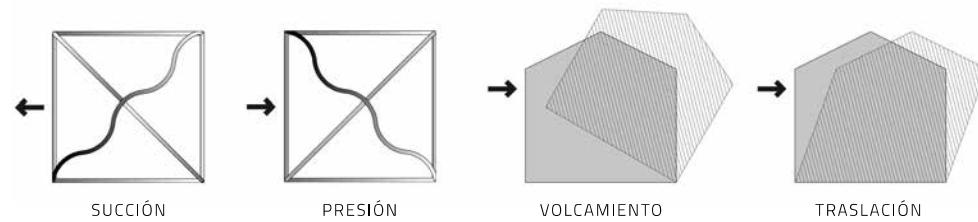


FIGURA 2. ARRIOSTRAMIENTO LATERAL DE LA ESTRUCTURA. FUENTE: MANUAL IUPOSE (2017, P.73).

También debe diseñarse adecuadamente la forma de vinculación de la edificación a la fundación: tipo, cantidad y ubicación de conectores y anclajes, cantidad de tornillos que aseguren la transmisión de esfuerzos de un elemento a otro, etcétera.

El arriostramiento lateral de la estructura puede lograrse mediante cruces de San Andrés o diafragmas de rigidización. Ambos elementos son parte componente de la estructura.

Las cruces de San Andrés consisten en flejes metálicos, cuyo ancho y calibre se determinan según cálculo estructural, vinculados a la estructura en determinados puntos fijos y singulares, generalmente, a través de piezas compuestas. Frente a la acción de cargas laterales, trabajando a la tracción, mantendrán la estructura dentro de deformaciones controladas, sin superar los límites admitidos en el cálculo estructural.

Es imprescindible, para su correcto funcionamiento, que los flejes se dispongan perfectamente tensados al fijarlos a la estructura. De este modo, actuarán inmediatamente actúen las cargas laterales. En caso de que los flejes se encuentren flojos, permitirán un desplazamiento de la estructura en tanto los mismos lleguen a tensarse. Este desplazamiento seguramente generará patologías en distintos componentes del sistema como, por ejemplo, fisuración en los empujados de terminación interior y exterior.

Además de los flejes, la solución requiere de elementos de fijación —tornillos en tipo y cantidad según cálculo— para la correcta vinculación entre los flejes y la estructura. En general, es necesaria la incorporación de cartelas metálicas, de manera de contar con mayor área en la zona de transmisión de esfuerzos, posibilitando la colocación de mayor cantidad de fijaciones.

Los diafragmas de rigidización son paneles que aportan rigidez al plano frente a la acción de cargas laterales. Cumplen esta función estructural los paneles de madera multilaminada o del tipo Oriented Strand Board [OSB], ambos fabricados con colas fenólicas resistentes a la humedad, que son fijados lateralmente a los paneles que conforman la estructura metálica de la construcción, generando un plano rígido lateral capaz de tomar las cargas laterales de viento.

La capacidad resistente de esta solución estará dada no solo por la capacidad de carga del propio diafragma, obviamente, sino por el tipo y separación

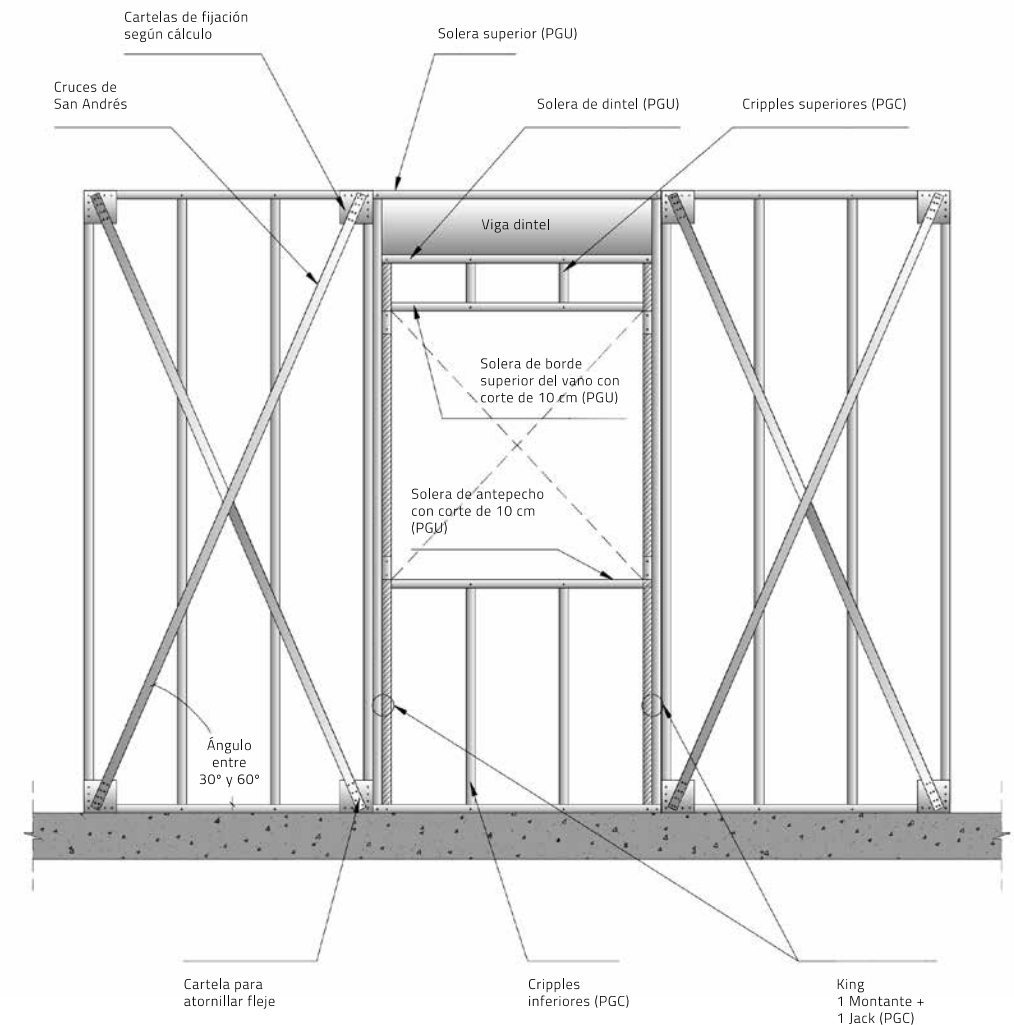


FIGURA 3. ARRIOSTRAMIENTO LATERAL MEDIANTE CRUCES DE SAN ANDRÉS. FUENTE: MANUAL IUPOSE (2017, P.134).

de tornillos de fijación del diafragma, la ubicación y tamaño de los vanos, entre otros factores.

Además de dotar a la estructura del arriostramiento lateral indicado, estos diafragmas ofician de sustrato para la colocación de las capas exteriores del cerramiento, como barrera de agua y viento, aislamientos exteriores a la estructura, capas de terminación exterior, etcétera, constituyéndose en una solución muy adoptada en nuestro medio para la conformación de muros exteriores.

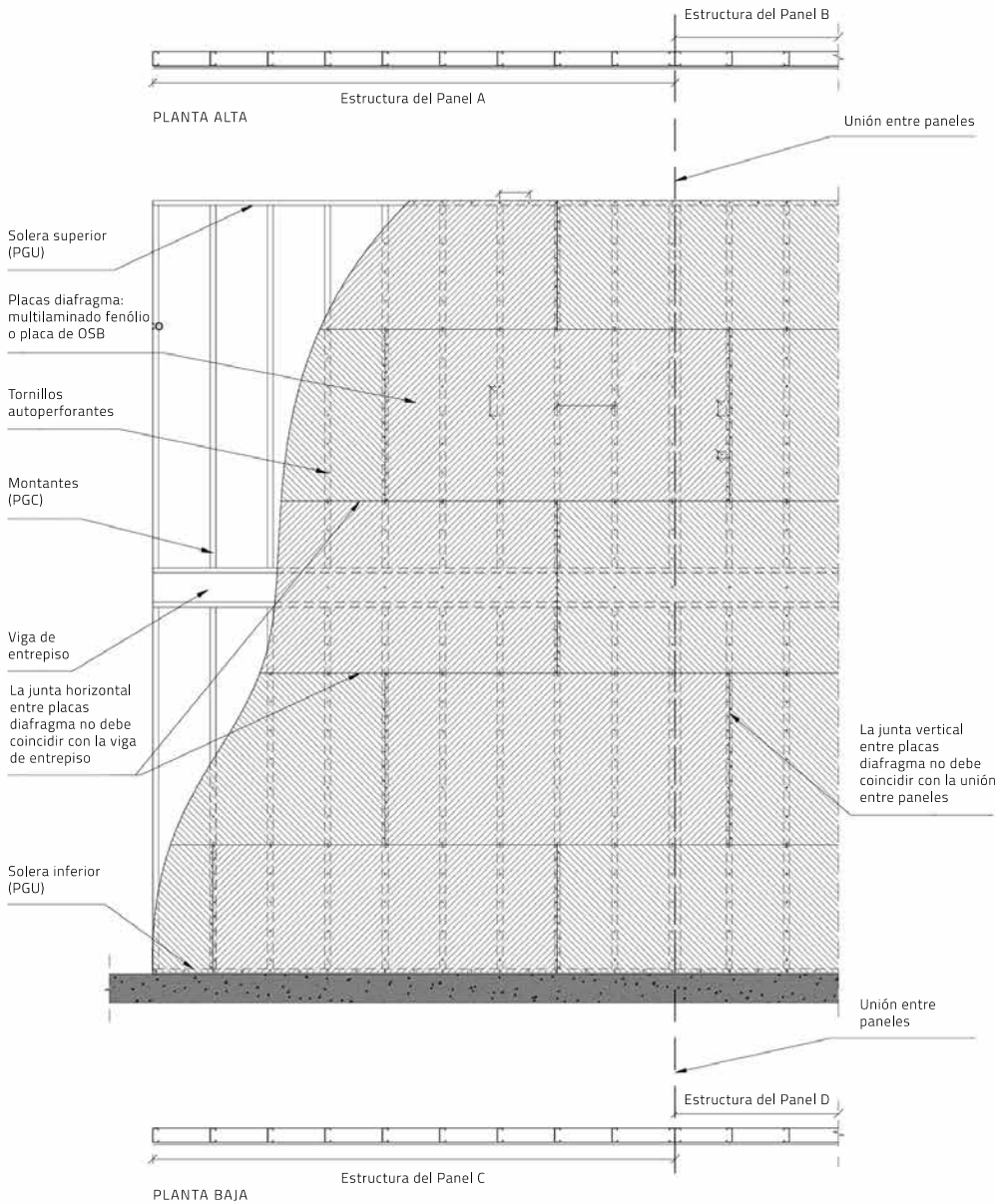


FIGURA 4. ARRIOSTRAMIENTO LATERAL MEDIANTE DIAFRAGMAS DE RIGIDIZACIÓN.
FUENTE: MANUAL IUCOSE (2017, P. 137)

CARGAS GRAVITATORIAS

Existen cargas gravitatorias, es decir, originadas por la fuerza de gravedad: se dividen en cargas permanentes y cargas de uso.

CARGAS PERMANENTES D (DEAD)

Están conformadas por el peso propio de todos los materiales de construcción que forman parte del edificio: estructuras, emplacados, aislantes, elementos de terminación, revestimientos, aberturas, etcétera.

A los efectos de determinar las cargas permanentes se contabilizan todos los componentes que actúan por unidad de superficie. Los proveedores de cada uno de los insumos podrán brindar la información necesaria para su determinación. Los siguientes valores son solo referenciales:

TABLA 1. PESO PROPIO DE LOS MATERIALES

PGC 90 x 0.90	1,38 kg/m
PGC 100 x 0.90	1,45 kg/m
PGC 150 x 0.90	1,89 kg/m
PGU 90 x 0.90	1,13 kg/m
PGU 100 x 0.90	1,2 kg/m
PGU 150 x 0.90	1,52 kg/m
PGO 37 x 0.90	0,99 kg/m
Placa de yeso estándar 12.5 mm	8,9 kg/m ²
Placa de yeso estándar 15 mm	10,7 kg/m ²
Placa cementicia 6 mm	9,7 kg/m ²
Placa cementicia 8 mm	13,2 kg/m ²
Placa cementicia 10 mm	16 kg/m ²
Placa cementicia 15 mm	24 kg/m ²
Placa fenólica u OSB espesor 10 mm	9 kg/m ²
Chapa de acero sinusoidal, espesor 0,52 mm	5,6 kg/m ²
Teja cerámica	45 kg/m ²
Lana de vidrio	5 kg/m ²
EPS (poliestireno expandido)	2 kg/m ²

FUENTE: MANUAL IUCOSE (2017, P. 67)

CARGAS DE USO L (LIVE)

Están ocasionadas por el uso del edificio. En nuestro medio, para la determinación de la sobrecarga de uso en función de la actividad prevista a desarrollar en cada ambiente, se aplica la norma UNIT 33-91.

En cubiertas, la sobrecarga de uso debe prever las cargas generadas durante tareas de mantenimiento, como personal, equipamiento, materiales actuando sobre la cubierta del edificio, así como situaciones particulares —por ejemplo, la

acumulación de agua sobre la superficie de la cubierta, provocada por la obstrucción del desagüe—.

Las cargas verticales actúan bajo la acción de la gravedad descargando a través del alma de los perfiles, los que constituyen el camino material para la transmisión de las cargas.

La descarga axial implica la coincidencia de almas de todos los elementos que componen la estructura desde la cubierta hasta la fundación: montantes, vigas de entrepisos, cabriadas, etcétera. Esto constituye lo que corrientemente se denomina «alma con alma», o *in line framing*.

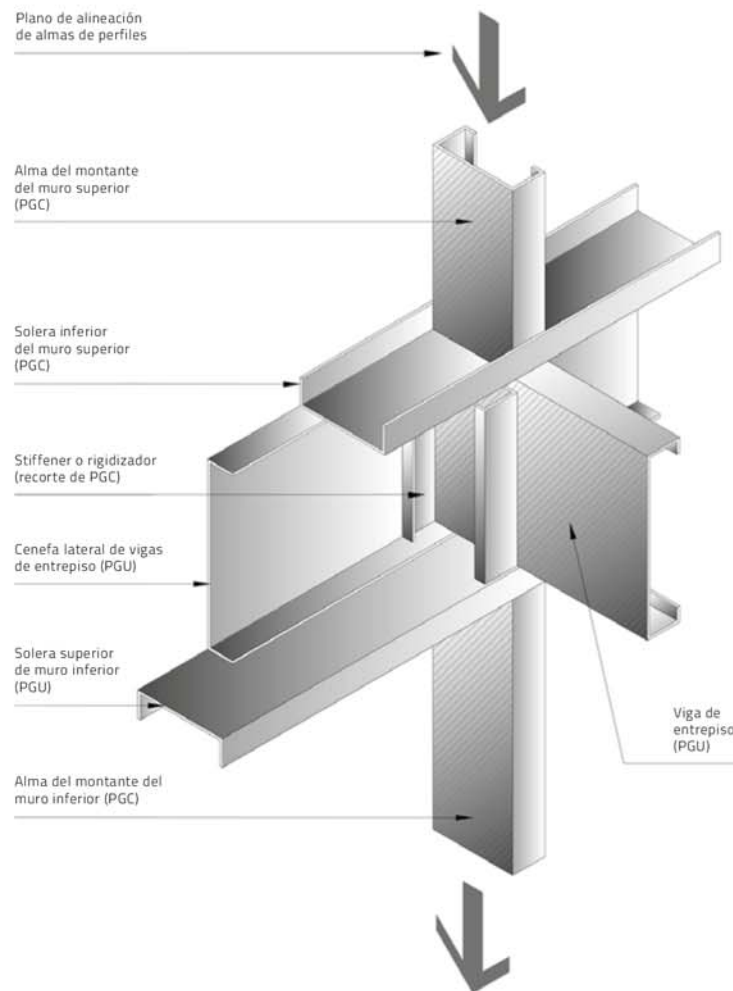


FIGURA 5. IN LINE FRAMING. FUENTE: MANUAL IUCOSE (2017, P.72)



FIGURA 6. INCORRECTA RESOLUCIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE CARGAS. FALTA DE ALINEACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES. FUENTE: MANUAL DE PROCEDIMIENTO (2015, P.59)

La cubierta, materializada mediante vigas PGC —cubierta plana— o cabriadas —cubierta inclinada de gran pendiente—, descarga sobre el muro de planta alta aplicando el concepto precedente. Del mismo modo, los muros de planta alta y los entrepisos descargan alineados con los montantes de los muros del piso inferior, los cuales transmiten la carga a la fundación en forma directa. La estructura debe poseer sus elementos alineados para no producir excentricidades.

Los perfiles PGU, que conforman superior e inferiormente los paneles, tienen únicamente una función constructiva y es la de mantener los montantes en su posición correcta. Por lo tanto, no son aptos para tomar cargas.

Cuando por razones de proyecto no coincidan las modulaciones entre los distintos elementos —por ejemplo, entre espaciado de cabriadas de cubierta y espaciado de montantes del muro que las soporta—, debe disponerse una viga de repartición de cargas, también llamada viga dintel, materializada por una viga tubo, la cual deberá ser dimensionada por cálculo.

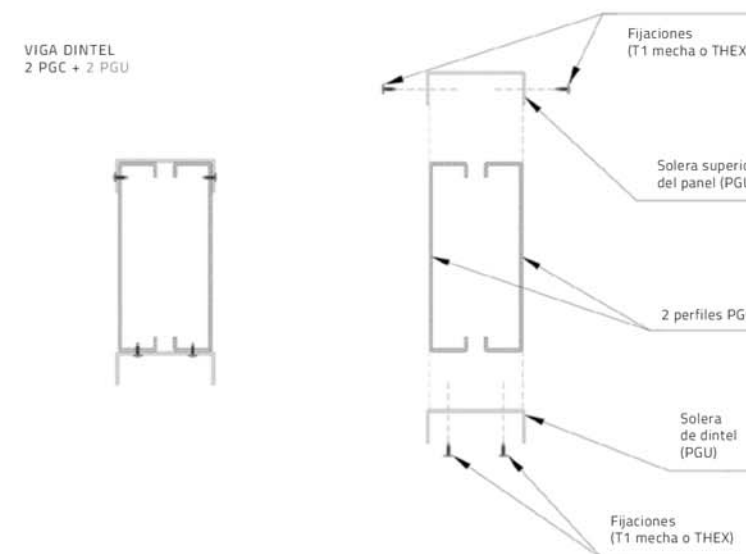


FIGURA 7. MATERIALIZACIÓN DE VIGA TUBO. FUENTE: MANUAL IUCOSE (2017, P.125).

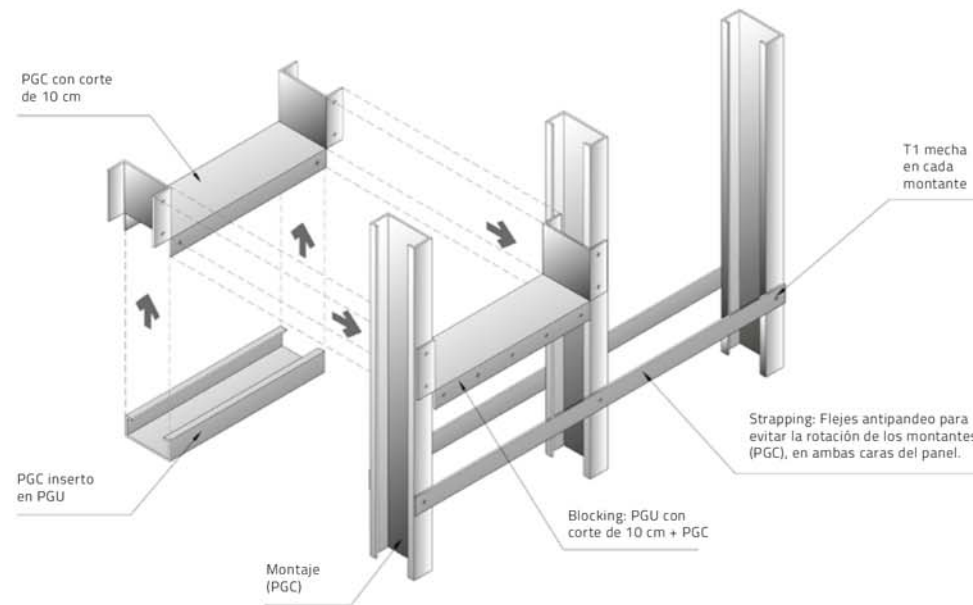


FIGURA 8. BLOCKING Y STRAPPING. FUENTE: MANUAL IUCOSE (2017, P.135).

ARRIOSTRAMIENTO DE LOS MONTANTES MEDIANTE BLOCKING Y STRAPPING

Los perfiles utilizados para la construcción de estructuras de *Steel Framing* son de sección abierta [PGC]. Estos perfiles esbeltos, sometidos a esfuerzos de compresión, sufren inestabilidad elástica —pandeo—. Es necesario colocar elementos que limiten la deformación, disminuyendo la longitud libre del perfil —longitud de pandeo—.

Para ello se disponen dos elementos al entramado de los paneles:

BLOQUEO SÓLIDO (BLOCKING)

Elemento tubular constituido por un perfil PGU con corte de 10 cm en ambos extremos que, con un perfil PGC inserto previamente en él, se fijará a puntos fijos de la estructura —piezas compuestas tales como montantes dobles o triples usados en el encuentro de los paneles, *kings*, etcétera—, vinculando firmemente dos perfiles montantes contiguos. Se colocará conjuntamente con el *strapping* y siempre a mitad de altura en paneles de hasta 2,60 m, o cada 1,30 m entre sí, como máximo.

FLEJE ANTIPANDEO (STRAPPING)

Estos elementos se materializan mediante flejes metálicos y su espaciado coincide con el de los bloqueos sólidos. El fleje metálico debe ser de acero galvanizado y su sección se determinará según cálculo. Como mínimo debe tener

30 mm de ancho y 0,90 mm de espesor. Se colocan horizontalmente en todo el largo del panel.

Los flejes utilizados para *strapping* se atornillan a todos los montantes [PGC] y se colocan en ambos lados del panel, a excepción de los paneles que en la cara externa llevan diafragma de rigidización, en cuyo caso se colocarán solo del lado interior.

Es de enorme importancia realizar una minuciosa inspección de la estructura luego de montados los paneles y colocados los elementos de fijación *in situ*, verificando que se hayan dispuesto rigurosamente todos los elementos especificados en la ingeniería del proyecto para asegurar el funcionamiento del edificio tal cual fue proyectado. Es por ello que se recomienda condicionar el avance de tareas posteriores de la obra —emplacados, colocación de aislantes, etcétera— a la aprobación de dicha etapa.

Bibliografía

- Iucose. (2017). *Manual de Recomendaciones para construir con Perfiles de Acero Galvanizado Liviano Conformados en Frío (Steel Framing)*. Montevideo: Iucose.
- ConsulSteel. (2015) *Manual de Procedimiento. Construcción con Acero Liviano*. Buenos Aires: ConsulSteel.