



Jesús Alfonso Medina Flores
jmedinaf@gmail.com

Ingeniero civil egresado en el año de 1985, especialista en obras civiles en 2007, estudiante en la XVII cohorte del Doctorado de Arquitectura en el programa Estudio para Graduados de la Universidad del Zulia, docente e investigador.



STEEL FRAMING COMO SISTEMA ESTRUCTURAL TIPO EXOESQUELETO PARA EDIFICACIONES

RESUMEN

El artículo presenta el sistema constructivo Steel Framing, más allá de su finalidad original de conformar los cerramientos que definen los espacios y la envolvente de la edificación, para utilizarlo como un sistema con capacidad portante y transmisora de las cargas actuantes. El objetivo fue mostrar los elementos que conforman el Steel framing para apreciar la factibilidad de adecuarlos al sistema estructural tipo exoesqueleto, al utilizar los perfiles de acero para formar una estructura externa que soporte la carga de la edificación. Se tomaron las bases teóricas de: Giedion (2009), Espacio, tiempo y arquitectura; Cruz (2015), Proyecto de estructuras de Steel Framing, Objetivos de Desarrollo Sostenible; Unión Internacional del Arquitecto. (1948). Metodológicamente, la investigación fue documental. Es parte inicial en la planificación metodológica de una investigación doctoral que actualmente está en ejecución, basada en una investigación preliminar de tipo no experimental y transaccional de carácter cualitativo. El resultado de este estudio permitió obtener un producto reflejado en un documento tangible que mostró y explicó las ventajas y aporte relevante del sistema Steel Framing. Se concluyó que los elementos que conforman este sistema pueden ser adaptados a la geometría del exoesqueleto, innovando su estructura técnica constructiva. De esta manera, se puede sumar de forma eficiente como sistema estructural sin detrimento de la calidad arquitectónica y las condiciones de seguridad, y se puede incorporar a la tecnología disponible para abordar con mayor calidad y economía la solución de los problemas del hábitat urbano de la ciudad.

Palabras clave: steel Framing, exoesqueletos, capacidad portante, innovación

STEEL FRAMING AS AN EXOSKELETON TYPE STRUCTURAL SYSTEM FOR BUILDINGS

ABSTRACT

The article presents the Steel Framing construction system, beyond its original purpose of forming the enclosures that define spaces and envelope of the building, to use it as a system with load-bearing capacity and transmitter of the acting loads. The purpose was to show the elements that define Steel framing to esteem the feasibility of adapting them to the exoskeleton-type structural system, by using steel profiles to form an external structure that supports the load of the building. The theoretical bases of Giedion (2009), Space, time and architecture; Cruz (2015), Steel Framing structure project, Sustainable Development Goals; International Union of Architects (1948), were taken into account. Methodologically, the research was documentary. It is an initial part in the methodological planning of a doctoral research that is currently in execution, based on a preliminary research of a non-experimental and transactional type of qualitative nature. The result of this study allowed obtaining a product reflected in a tangible document that showed and explained the advantages and relevant contribution of the Steel Framing system. It was concluded that the elements that make up this system can be adapted to the geometry of the exoskeleton, innovating its constructive technical structure. In this way, it can be efficiently added as a structural system without detriment to architectural quality and safety conditions, and can be incorporated into the available technology to address with greater quality and economy the solution of urban habitat problems in the city.

Keywords: Steel Framing, exoskeletons, load-bearing capacity, innovation

STEEL FRAMING COME SISTEMA STRUTTURALE TIPO ESOSCHELETO PER EDIFICAZIONI

RIASSUNTO

L'articolo presenta il sistema costruttivo Steel Framing al di là del suo scopo originario di formare le chiusure che definiscono gli spazi e l'involucro edilizio per utilizzarlo come sistema con capacità portante e trasmittente dei carichi agenti. L'obiettivo è stato quello di mostrare gli elementi che compongono l'intelaiatura in acciaio per valutare la fattibilità di adattarli al sistema strutturale di tipo esoscheletro, utilizzando i profili in acciaio per formare una struttura esterna che sostenga il carico dell'edificio. Le basi teoriche sono state tratte da: Giedion (2009), Space, Time and Architecture; Cruz (2015), Steel Framing Structures Project, Sustainable Development Goals; International Union of Architects (1948). Dal punto di vista metodologico, la ricerca è stata documentaria. Si tratta di una prima parte della pianificazione metodologica di una ricerca di dottorato attualmente in corso, basata su una ricerca preliminare non sperimentale e transazionale di natura qualitativa. Il risultato di questo studio ha permesso di ottenere un prodotto che si riflette in un documento tangibile che mostra e spiega i vantaggi e il contributo rilevante del sistema Steel Framing. Si è concluso che gli elementi che compongono questo sistema possono essere adattati alla geometria dell'esoscheletro, innovandone la struttura tecnica costruttiva. In questo modo, può essere efficacemente aggiunto come sistema strutturale senza pregiudicare la qualità architettonica e le condizioni di sicurezza, e può essere incorporato nella tecnologia disponibile per affrontare con maggiore qualità ed economia la soluzione dei problemi dell'habitat urbano della città.

Parole chiave: Steel Framing, esoscheletro, capacità portante, innovazione

1-INTRODUCCIÓN

La necesidad de encontrar sistemas eficientes para mejorar la productividad y obtener beneficios en la industria de la construcción, ha hecho que se implementen nuevas tecnologías para cubrir la demanda mundial de vivienda y espacios físicos en forma rápida y efectiva.

En ese sentido, existen diversos prototipos de sistemas estructurales entre los cuales se encuentran: el sistema "Balloon Framing", anteriormente denominado como tipología Wood Frame (piezas de madera aserrada de pequeña sección transversal formando la estructura), y el sistema "Light Steel Framing" (LGSF)¹, se debe decir que ambos modelos sirvieron como fundamento basal de novedosos sistemas estructurales que pudieran adaptarse y conceptualizarse estructuralmente con la familia de los "exoesqueletos" (frames). Mediante la extrapolación de esta idea conceptual llevada a idea técnica, ha sido posible construir desde trajes especiales para humanos hasta grandes edificios con armazones de madera y/o acero, apoyados sobre vigas y soportes ensamblados en forma triangular.

Es de destacar, que esta técnica constructiva conocida con el nombre de 'Diagrid' (por su acrónimo en inglés 'Diagonal grid' o "rejilla en diagonal"), exhibe una geometría que ofrece un excelente comportamiento estructural, en edificaciones de cierta envergadura.

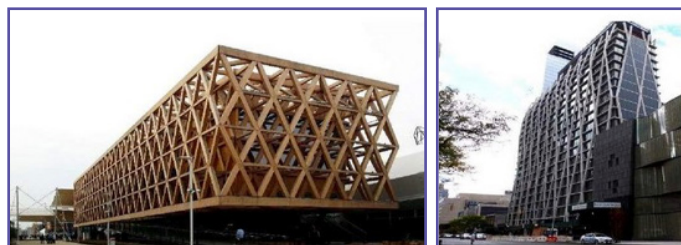


Figura 1 a) Pabellón de Chile Expo Milán 2015 (Cristián Undurraga) b) 170 Ámsterdam Avenue en Nueva York (Handel Architects).

Quiroz, Terán y Montserrat Serrano M. Revista de Ingeniería Sísmica No. 97 64-83 (2017), Ventajas sísmoresistentes y ambientales del sistema de rejillas rígidas DIAGRID para edificios en zonas de alta sismicidad. Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología, refieren:

"El DIAGRID (acrónimo inglés para diagonal grid o rejilla diagonal) es un sistema perimetral constituido por grandes armazones de acero (u otro material) dispuestos en módulos triangulares. Los elementos horizontales ubicados a la altura de los sistemas de piso forman anillos perimetrales que aseguran la integridad del sistema".

2. HISTORIA Y DESARROLLO DE LOS PROTOTIPOS DE SISTEMAS

Los primeros prototipos estructurales generales, de donde surgen estos tipos de sistema de elementos tipo Frame fueron los exoesqueletos conocidos para albergar un humano. Fueron un sistema o conjunto de aparatos asistidos para ayudar a caminar, saltar y correr al ser humano, desarrollado en 1890 por Yagin (Ver Figura 2).



Figura 2 Exoesqueleto animal y exoesqueleto humano

Esta idea conceptual al ser aplicada como sistema de elementos estructurales para edificaciones, se observó que tiene como ventaja requerir menos cantidad de material de soporte. Así, al desarrollarse los lineamientos iniciales del exoesqueleto estructural encuentra sus orígenes de diseño en sistemas constructivos livianos de madera como el balloon frame y el platform frame, que comparten similares formas de construcción, pero diferentes conceptos estructurales.

El balloon frame. En Estados Unidos, en las primeras décadas de 1800, la convergencia de varios factores propició el nacimiento de nuevas alternativas constructivas. En pleno auge de la industrialización, la necesidad de viviendas, sumado a la falta de mano de obra calificada, la incorporación de maquinarias en los aserraderos y la producción en serie de clavos, permitió organizar un sistema estructural liviano e industrializado. Según Giedion, “Espacio, tiempo y arquitectura 1941” (2015), describe así la creación e influencia de este sistema estructural novedoso, para el momento:

“...en la arquitectura residencial americana: El “balloon frame” tiene una relación comprobada con la conquista del Oeste norteamericano, desde Chicago hasta la costa del

Pacífico. Los coetáneos sabían muy bien que las casas nunca habrían surgido con esa increíble rapidez tanto en las praderas como dentro de las grandes ciudades, si no hubiese sido por esta clase de construcción.”

No está claro quién introdujo el balloon frame en Estados Unidos. Sin embargo, el primer edificio en utilizar esta tecnología fue probablemente un depósito construido en Chicago, por George Washington Snow en 1832, (Ver Figura 3.1). Un año más tarde, en 1833, Augustine Taylor construyó la iglesia católica de Santa María, en la misma ciudad; utilizando este mismo método (Ver Figura 3.2).

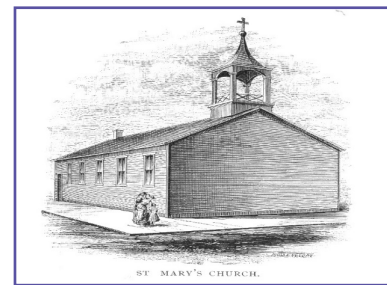


Figura 3.1 Deposito en Chicago, (G, Washington. Snow). Catalina Noguera- Ficha 08714082014 - Wiki Casiopea

Figura 3.2 Iglesia Santa María, Chicago. (A. Taylor). Arquitecto Esteban García Marquina – Arquitecto.

El nombre “balloon frame” es una forma graciosa de destacar su liviandad; asociándolo a la imagen de un globo (estructura de globo). Está constituido por pilares y listones ligeros continuos formando un entramado de madera con montantes, que van desde la solera hasta el alero, facilitando su ejecución y reduciendo así, la cantidad de personal calificado. Por otra parte, el Light Steel Framing. es una técnica constructiva de origen estadounidense, se remonta al inicio del siglo XIX con perfiles de acero galvanizado conformados en frío. El primer prototipo con el sistema LGSF aparece en la feria de Chicago de 1933, (ver Figura 4), encuentra sus orígenes en sistemas constructivos livianos de madera como el balloon frame y el platform frame, que comparten similares formas de construcción, pero diferentes conceptos estructurales. El platform frame es una evolución estructural del balloon frame.



Figura 4. Residencia unifamiliar. Primer prototipo con el sistema LGSF en la feria de Chicago de 1933.

3. EL STEEL FRAMING

El Sistema Constructivo Steel Framing conocido con el nombre de sistema LGSF (Light Gauge Steel Framing), por su ligereza, está compuesto por perfiles de acero galvanizado livianos conformados en frío, para distintas aplicaciones estructurales como tabiques, entrepisos y cubiertas. Hace posible construir elementos de cerramientos de áreas sin introducir cargas significativas a la estructura existente, como consecuencia de esto, permite elevar alturas sobre edificaciones sin considerar reforzar las fundaciones. Según Cruz, “Proyecto de estructuras de Steel Framing” (2015), describe

“... El poco peso de los perfiles, permite usarlos sin necesidad de medios auxiliares. Hace posible construir un nuevo forjado sin introducir cargas a la estructura existente. Permite elevar alturas sobre edificaciones existentes sin tener que reforzar la cimentación”.

Entre las propiedades y ventajas de sistema Steel Framing es que este sistema permite una solución constructiva modular rápida y de fácil aplicación, que avala su resistencia y durabilidad en el tiempo. Su uso como sistema estructural para edificación permite conseguir importantes ahorros sobre todo en la parte de cimentación, dado que las cargas transmitidas al terreno son inferiores a las de cualquier sistema tradicional, en la mayoría de los casos, una solera de 15 cm es suficiente. Además, el porcentaje de desperdicio del material es mínimo o nulo, permite conseguir un aislamiento térmico con reducidos espesores de tabiques.

3.1 Ventajas del sistema constructivo liviano Steel Framing:

- * Posee óptimos valores de aislación que brindan confort térmico y acústico a los espacios.
- * Sistema constructivo sismo resistente.
- * Rigidez y estabilidad en los elementos que componen el sistema constructivo.
- * Material inerte, tiene el beneficio de no estar expuesto a ser atacado por otros organismos (por ej., termitas).
- * Aplicación rápida y limpia.
- * Solución final económica.
- * Al basarse este sistema en perfiles de fabricación industrial, los elementos son estándares y tienen un comportamiento más uniforme que la madera que es un material natural.
- * Acero de calidad, tales como aceros planos y cuadrados de acero puede sobrevivir a duras las condiciones meteorológicas, tales como terremotos, tifones huracanes, etc.
- * El acero también es un material que puede reciclarse. Esto hace que sea el entorno más amigable.
- * Al tratarse de estructuras de acero es más sencillo alcanzar grandes luces, mediante armaduras, es decir que dado su escaso peso es más fácil y económico construir espacios con muros o columnas más alejados entre sí y fachadas con ventanales más grandes.

3.2 Según, Incose (2018), Manual Steel-Framing, edición corregida noviembre. Los paneles podrán ser, según el proyecto arquitectónico:

3.2.1 Paneles Portantes

El panel montante (PGU), son perfiles galvanizados (PGC) cuya medida, espesor de chapa y modulación son determinados mediante el cálculo estructural. El tamaño mínimo de alma será de 90 mm y se disponen en forma vertical de forma tal que el alma del perfil quede

perpendicular al plano del panel. De esta forma el perfil ofrece su mayor momento de inercia a flexión, resistiendo esfuerzos mayores. Este perfil es el encargado de recibir la carga actuante estructural trabajando como columnillas o montantes.

La modulación del mismo, será de 400 o 600 mm dependiendo de la solicitud de carga de dichos paneles. Los paneles se pueden armar in situ o en taller, y luego trasladarlos a la obra.

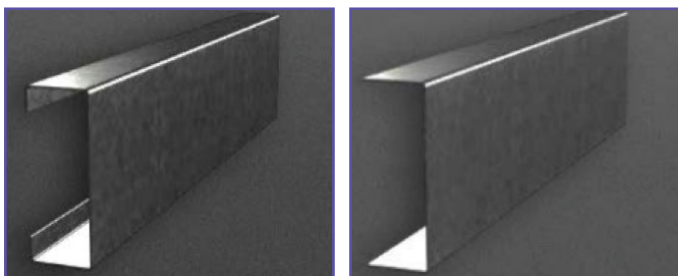


Figura 5a. Perfil PGU Figura 5b. Perfil PGC

Las soleras son perfiles (PGU), cuyo espesor de chapa será el mismo que se determinó según cálculo estructural para los montantes (PGC). Se colocan en los extremos superior e inferior de los paneles a modo de guía, posicionando a los montantes e impidiendo su desplazamiento.

La viga dintel es una pieza horizontal que redistribuye las cargas verticales. Se ubica sobre los vanos y traslada las cargas hacia las jambas laterales (jacks), se ubica bajo un entepiso y resuelve la falta de alineación entre vigas de entepiso y montantes (PGC) inferiores, de existir la misma. Suele denominarse también viga tubo y posee varias conformaciones que combinan. (PGC y PGU).

La pieza Jack (Montante PGC) es donde apoya la viga dintel. Está conformado por uno, dos o más perfiles (PGC), según, el diseño estructural. La cantidad de jacks a colocar dependerá de la cantidad de montantes (PGC) interrumpidos por la generación del vano. Por aproximación puede establecerse el número, como la cantidad de montantes (PGC) interrumpidos por la viga dintel, dividida por dos. Cuando esta cantidad sea un número impar se deberá agregar un montante (PGC) más, logrando la misma cantidad de jacks en ambos laterales. Cabe aclarar que el criterio para determinar el número

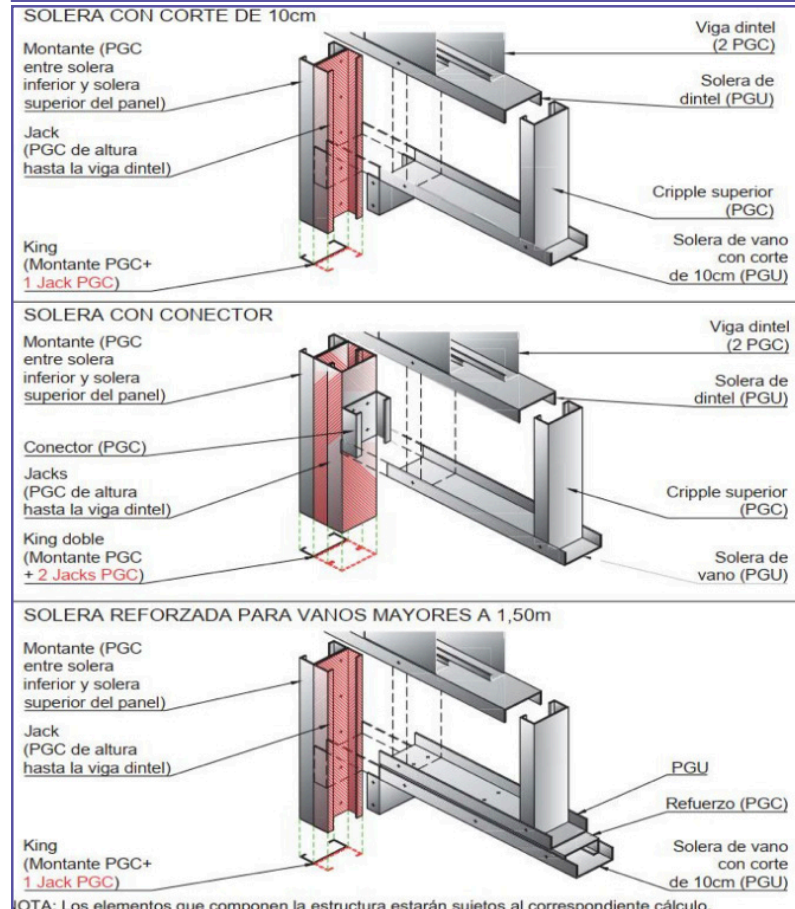


Figura 6. Panel con vano. (INCOSE. Manual de recomendaciones técnicas para la construcción con estructuras de perfiles de acero galvanizado liviano conformados en frío (Steel Framing). – versión corregida y ampliada edición nov. 2018)

de jacks debe utilizarse como aproximación al diseño del panel, no dejando de lado el cálculo estructural del mismo.

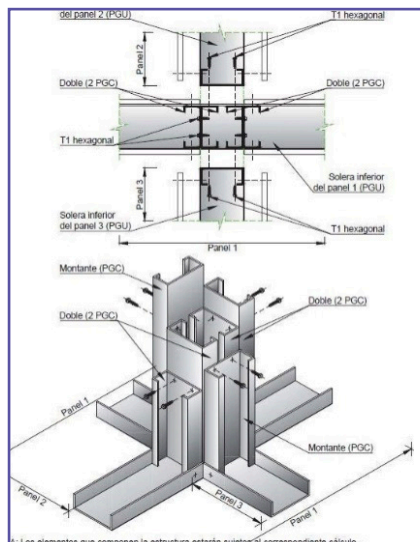
La pieza King es el conjunto de perfiles formado por el o los jacks y el montante (PGC) colocado a continuación de estos, y que va desde la solera inferior (PGU) hasta la solera superior (PGU) del panel. El King simple es aquel compuesto de un Jack y un montante, el King doble es el que está conformado por dos jacks y un montante, mientras que el King triple es el que está compuesto de tres jacks y un montante.

El Cripple o recorte de perfil (PGC) es el que recompone la estructura por debajo del antepecho del vano hasta la solera (PGU) inferior del muro, y si fuera necesario, por encima de la solera (PGU) dintel hasta la viga dintel o hasta la solera (PGU) superior del muro.

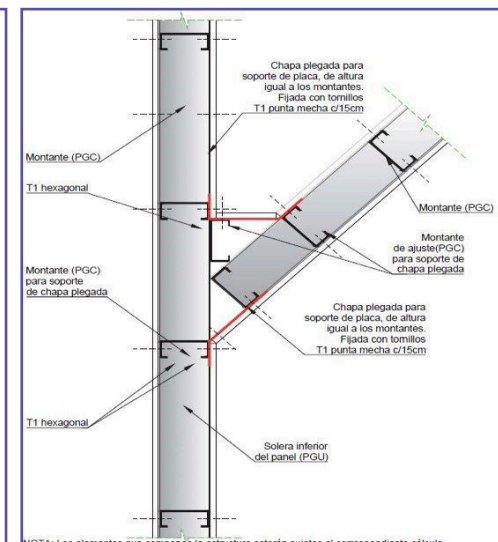
La Solera (PGU) con corte de 10 cms, se le practican cortes en las alas a 10 cms del extremo, permitiendo que se doblen a 90° para poder fijarlo perpendicularmente a los montantes (PGC). Se utiliza como solera (PGU) dintel y antepecho.

El Blocking y el Strapping son elementos que, por su excentricidad frente a las cargas horizontales, tienden a pandear por efecto de flexo-torsión, y es necesario colocar elementos que limiten la deformación, disminuyendo la longitud de pandeo. Estos elementos pueden ser flejes metálicos ubicados horizontalmente con una separación máxima de 1300 mm entre sí, y entre extremos superior e inferior del montante. Los flejes metálicos deben ser de acero galvanizado y tener por lo menos 30 mm de ancho y 0,9 mm de espesor mínimo. Se colocan horizontalmente en todo el largo del panel y con sus extremos sujetos a piezas tales como montante (PGC) dobles o triples usados en el encuentro de los paneles o a cualquier punto fijo.

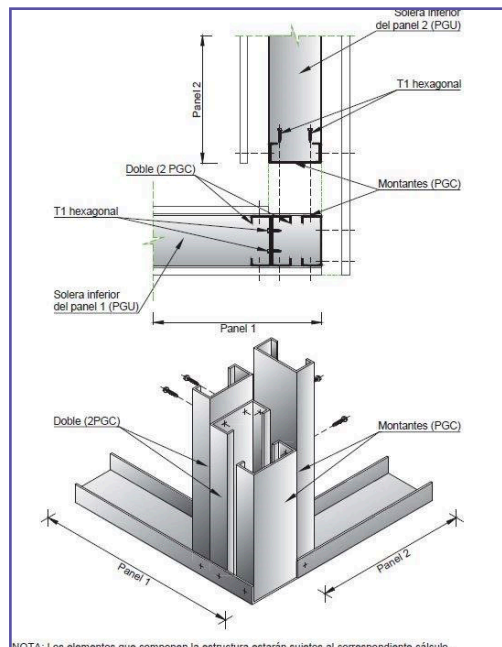
Los flejes utilizados para strapping se atornillan a todos los montantes (PGC) y se colocan en ambos lados del panel, a excepción de los paneles que en la cara externa llevan diafragma de rigidización, en cuyo caso se coloca-



NOTA: Los elementos que componen la estructura estarán sujetos al correspondiente cálculo.



NOTA: Los elementos que componen la estructura estarán sujetos al correspondiente cálculo.



NOTA: Los elementos que componen la estructura estarán sujetos al correspondiente cálculo.

Figura 7. Encuentro entre paneles Encuentro entre paneles. (INCOSE. Manual de recomendaciones técnicas para la construcción con estructuras de perfiles de acero galvanizado liviano conformados en frío (Steel Framing). – versión corregida y ampliada edición nov. 2018)

rán solo del lado interior. Se utilizará siempre un bloqueador sólido, constituido por perfil un PGU con corte de 10 cm en el que se insertará un perfil montante (PGC) y que se colocará conjuntamente con el strapping, de modo de asegurar este a un punto fijo. El bloqueador sólido deberá fijarse a una columna o parte de la estructura considerada como fija.

Por otra parte, existen diferentes tipos de encuentros entre paneles. En todos ellos, los paneles se vincularán entre sí atornillando las almas de los montantes (PGC) con tornillos de cabeza hexagonal. El encuentro doble entre dos paneles contiguos y alineados, se resuelve con la unión de los montantes de borde (PGC) unidos por sus almas, mientras que el encuentro de paneles en esquina, uno de ellos actúa como tapa y el otro es el panel que llega al encuentro. El panel tapa tiene en su extremo una pieza conformada por tres montantes (PGC) que permitirá el atornillado del panel que llega al encuentro y deja preparada un ala que servirá de espalda para el atornillado de la placa.

De igual manera, el encuentro triple está conformado por tres montantes (PGC) alojados dentro de un mismo panel, permitiendo la fijación de otro panel que llega al encuentro en ángulo recto. Se lo denomina encuentro en T. Por otro lado, el cuádruple o en forma de cruz está compuesto por cuatro montantes (PGC) alojados en un mismo panel y permite la fijación de dos paneles, uno a cada lado de la pieza. Se lo denomina encuentro en cruz. Los mismos se realizan uniendo los dos paneles que llegan en ángulo recto con uno que recibe, de la misma forma que se hace con los anteriores. Además, el encuentro entre paneles también puede ser a 45 grados o en ángulo variable. Para estos casos especiales, se deben utilizar piezas de chapa galvanizada plegadas,

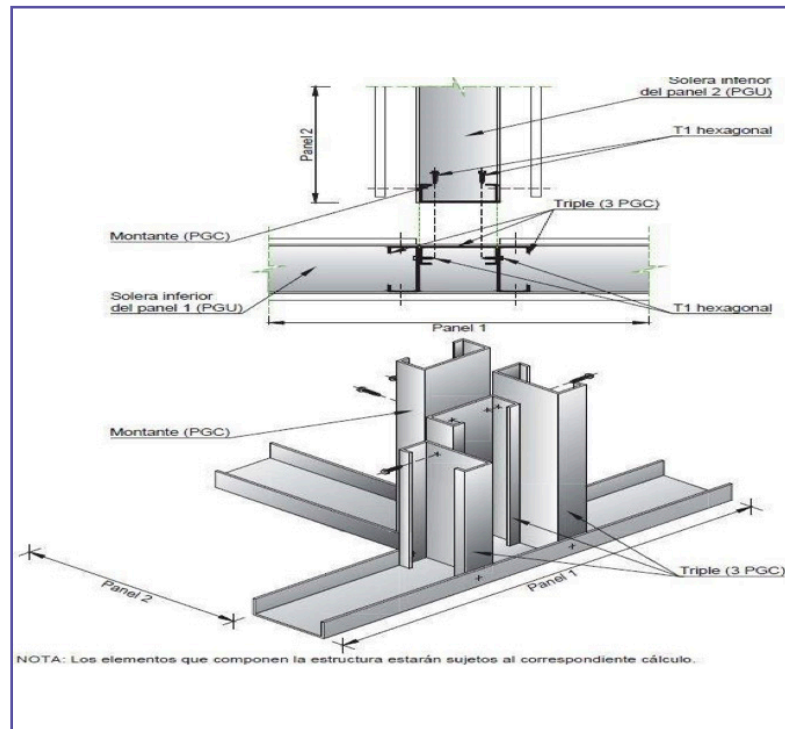


Figura 8. Encuentro de paneles en forma de T. (INCOSE. Manual de recomendaciones técnicas para la construcción con estructuras de perfiles de acero galvanizado liviano conformados en frío (Steel Framing). – versión corregida y ampliada edición nov. 2018)

unir ambos paneles y ofrecer una superficie apta para el atornillado de las placas.

3.2.2 Paneles no portantes

Estos paneles solo soportan su propio peso y no toman cargas. Sólo en el caso de tabiques interiores pueden resolverse con perfilera para construcción es seco cuyo espesor mínimo es de 0,5 mm. Si el tabique es exterior, se materializará con los mismos (PGC y PGU) de los muros portantes, pues el peso del cerramiento exterior y las solicitaciones a las que está sometido el mismo, así lo requieren (presión y succión de viento). Si hubiera un vano, el mismo se resuelve sin necesidad de viga dintel ni refuerzos laterales (jacks y King), solamente con los montantes (PGC) que permiten tomar la carpintería y el (PGU) con cortes para materializar el antepecho y el dintel.



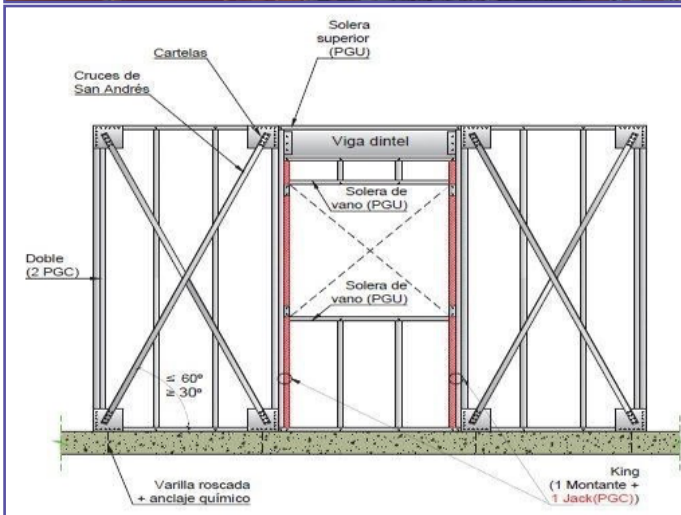


Figura 9. Arriostramiento con cruces de San Andrés (INCOSE. Manual de recomendaciones técnicas para la construcción con estructuras de perfiles de acero galvanizado liviano conformados en frío (Steel Framing). – versión corregida y ampliada edición nov. 2018)

Los paneles del sistema reciben y transmiten cargas axiales y/o perpendiculares al plano de los paneles, pero no son capaces de tomar las cargas horizontales. Si bien los paneles están anclados en su base, las uniones son articuladas y ante solicitaciones horizontales, el panel tiende a deformarse. Dichas cargas, por ejemplo, viento, deberán ser absorbidas a través de elementos estructurales adicionales que resistan y transmitan tales esfuerzos hacia las fundaciones o entresijos.

Estos elementos adicionales pueden ser Cruces de San Andrés o Diafragmas de Rigidización mediante flejes de chapa galvanizada cuyo espesor es determinado por cálculo, atornillados a los montantes (PGC) solo en los extremos. Para que estos flejes puedan cumplir su función deben tensarse, ya que evitan la deformación del

panel en su plano trabajando bajo esfuerzos de tracción exclusivamente.

En casos de altas exigencias y dado que las solicitaciones deben ser transmitidas mediante tornillos; cuando no es posible colocar la cantidad necesaria de ellos dentro del ala del perfil, se colocan cartelas. Estas son chapas de igual espesor que los flejes y de dimensiones tales, que permiten colocar los tornillos necesarios determinados mediante el cálculo. Las cartelas se fijan a los (PGC y PGU) con tornillos colocados en L.

Asimismo, a fin de evitar el efecto de rotación en los montantes (PGC) deben colocarse en ambas caras del panel flejes de estabilización (strapping). Estos flejes de estabilización deberán colocarse con una separación no mayor de 1300 mm entre sí, y entre extremos superior e inferior del panel. La correcta colocación de estos flejes requiere su tensado. Existen en el mercado diversos dispositivos que facilitan dicho tensado. Si bien no es muy usual, además de la disposición de los flejes en forma X también puede usarse como alternativa la forma K. Como en el caso de las Cruces de San Andrés (disposición en forma de X), deberán disponerse de forma tal que funcionen a tracción.



Figura 10. Arriostramiento con cruces de San Andrés

Otra forma de tomar las cargas horizontales en el plano es mediante el empleo de tableros de rigidización. Estos pueden ser de madera multilaminada (también tableros llamados compensados de madera) o del tipo OSB (tableros de viruta orientada), ambos fabricados con colas fenólicas resistentes a la humedad que se adhieren a las láminas o astillas formando un plano rígido.

El espesor mínimo a utilizar para estos tableros debe ser de 11 mm.

3.3 Entrepisos

Los entrepisos son resistentes, aislantes, se ejecutan in situ y en menor tiempo que en otro sistema constructivo. El perfil (PGC) trabaja horizontalmente con la sección de mayor inercia funcionando como viga, y el perfil (PGU) funciona como elemento arriostre del entrepiso, como cierre y actúa acortando la longitud de pandeo lateral del elemento (PGC). Los entrepisos también se conforman de manera modular utilizando la misma cuadrícula para los tabiques con una separación de 400 a 600 mm, previa verificación del cálculo estructural.

Se recomienda utilizar cartelas o rigidizadores a partir de 150 mm de alma. El entrepiso puede ser conformado con elementos en seco, en ese caso se utilizan los siguientes elementos: (OSB) rigidizador, placa cementicia y cerámico u OSB rigidizador, aislación y piso. El entrepiso, también, puede ser conformado en húmedo con los siguientes elementos: chapa (encofrado perdido), EPS, 200 micrones, malla electro soldada y hormigón aliviado.



Figura 11. Correas

3.4 Escaleras

Las escaleras en Steel Framing admiten diversas resoluciones, permitiendo elegir el más apropiado al proyecto.



Figura 12. Escalera

3.5 Techos

Las cubiertas son el cierre superior de la envolvente, deberá estar diseñada y construida para resistir cargas de viento, nieve, hielo, según su ubicación, como así también para dar protección contra lluvias, granizo, y proveer aislación térmica. Las cubiertas pueden ser: 1. Inclinadas: de cabriadas, o con cabios. 2. Planas: losa húmeda y encofrado metálicos perdido, seca con poca pendiente y muro de carga.



Figura 13. Techos

El uso de exoesqueletos mejora la resistencia y rigidez en el sistema constructivo Steel framing, ya que son elementos estructurales que se incorporan externamente a la edificación, proporcionándole mayor estabilidad y capacidad a los elementos para soportar cargas de compresión sin fallar por pandeo.

Los exoesqueletos de acero son una opción popular para la construcción de estructuras debido a su firmeza y durabilidad, ofrecen mayor flexibilidad en el diseño estructural para soportar mayor carga de sismos, viento y otros eventos naturales, además pueden ser utilizados de manera estratégica para controlar el flujo de aire y reducir el consumo de energía del edificio.

El futuro de estructuras tipo exoesqueletos con el uso del sistema Steel Framing es satisfactorio, ya que mejoran la eficiencia estructural de cualquier edificación.



Figura 14. Propuesta de vivienda con estructura externa tipo exoesqueleto. (Medina J. 2023)

4. Normas y recomendaciones a utilizar para el cálculo estructural.

Para este tipo de estructuras (Steel Frame) el método utilizado para realizar el cálculo estructural es el de chapas delgadas, basados en las recomendaciones de las normas americanas AISC (American Iron and Steel Institute), internacionalmente reconocidas para proyectos de estructuras conformadas en frío. Desde 1946 a 1986, se utilizaba el Método de Esfuerzos Permisibles o ASD (por sus siglas del inglés: "Allowable Stress Design"), como único método avalado por las especificaciones del AISI.

Por otra parte, se cuenta con las Normas IRAM-IAS U 500-205 que refiere al cálculo, diseño y construcción con aceros livianos en frío. IRAM es el Instituto Argentino de Normalización y certificación. Es una asociación civil sin fines de lucro. Fundada en 1935 por representantes de sectores de economía del Gobierno e instituciones científico técnicas.

En 1978, se sentaron las bases de un nuevo criterio de diseño denominado Diseño por Factor de Carga y Resistencia o LRFD (por sus siglas del inglés: "Load and Resistance Factor Design"). La AISI, publicó la primera edición de las especificaciones LRFD en 1991 y en 1996 las especificaciones de ASD y LRFD se presentaron en la misma publicación, y desde entonces ambas formas de cálculo pueden ser usadas a conveniencia del arquitecto/ingeniero.

Sin embargo, el método LRFD representa un avance notable sobre el ASD, ya que, permite tomar en cuenta en diseño los diversos grados de incertidumbre y variabilidad en la estimación de resistencias y cargas, así como la incorporación de modelos probabilísticos que permiten obtener una confiabilidad más consistente en el diseño, seguidas por los Eurocódigos (Estados Límites) normas utilizadas en Europa, cuyos lineamientos del proyecto de estas estructuras se basa en las normas Europeas (Eurocódigos). Según Cruz, "Proyecto de estructuras de Steel Framing "(2015), relata:

"Para este cálculo de estabilidad pueden usarse métodos numéricos, así como métodos de bandas finitas como por ejemplo el programa CUPSM (creado por el profesor B. Schafer). La fiabilidad del método está testada para secciones convencionales de vigas y columnas dado que las curvas de pandeo están corregidas según ensayos empíricos y

en fase de implementación para un más amplio rango de perfiles.”

El cálculo de estructuras de Steel framing en Europa puede resultar muy complejo, ya que no tienen referencias sobre estructuras ligeras y del sistema como tal, lo más cercano es documentos que refieren estructuras ligeras de secciones esbeltas. La normativa que consideran es el CTE con su respectivo documento básico de acero DB-S-A, pero no hay un capítulo sobre estructuras ligeras por lo que han de tratarse como perfiles de clase 4 (secciones esbeltas). La instrucción EAE está basada en el Eurocódigo 3 -Diseño de estructuras de acero- Parte 1-3 – (Reglas suplementarias para el diseño de elementos de chapa conformados en frío), que es el refieren para el cálculo de estas estructuras en Europa.

CONCLUSIONES

El Steel Framing es un sistema constructivo innovador que utiliza perfiles de acero galvanizado para crear un entramado resistente y versátil, el cual puede actuar como elemento estructural en una amplia variedad de edificaciones, incluyendo la posibilidad de construir estructuras tipo exoesqueleto.

Este sistema permite ejecutar estructuras de manera más limpia, rápida y económica, aportando ventajas sobre otros sistemas constructivos convencionales pesados especialmente indicado para ampliaciones, remodelaciones o restauraciones.

El uso de exoesqueletos mejora la resistencia y rigidez en el sistema constructivo Steel Framing, ya que son elementos estructurales que se incorporan externamente a la edificación, proporcionándole mayor estabilidad y capacidad a los elementos para soportar cargas de

Los exoesqueletos son estructuras circundantes compuestos por armazones de elementos dispuestos en módulos triangulares y vigas. Los mismos contienen elementos horizontales que forman anillos perimetrales a la altura del sistema, asegurando así su integridad y eficiencia estructural.

Por su geometría y ligereza, es un sistema, con excelente comportamiento ante eventos de viento y sismos.

Asimismo, este sistema aporta fuerza, durabilidad y longevidad, dado que, sus componentes estructurales

de acero son ligeros y fuertes, adicional a ello, tienen una alta resistencia al fuego.

La mano de obra utilizada es menor, que en los sistemas constructivos convencionales.

Tiene una buena resistencia a la intemperie.

El futuro de estructuras tipo exoesqueletos con el uso del sistema Steel Framing es prometedor.

Este trabajo fue documental es parte inicial en la planificación metodológica de una investigación doctoral que actualmente en ejecución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AISI. (2012). Commentary on Appendix 1 –Design of Cold-Formed Steel Structural Members Using the Direct Strength Method.
- AISI. (2001). Prescriptive Method for One and Two Family Dwellings.
- Cruz, B. (2015). Proyecto de estructuras de Steel Framing.
- Eurocódigos. (2019). Método de cálculo basado en Estados Límites.
- Giedion, Sigfreid. (2009) Espacio, tiempo y arquitectura 1941. Editorial Reverté.
- Incose. (2018). Manual Steel-Framing, edición corregida noviembre.
- Ingeniería sísmica, versión impresa ISSN 0185-092X
- Norma IRAM-IAS U-500-205. (2013). Consideraciones técnicas para el cálculo, diseño y construcción con acero galvanizado liviano conformados en frío (Steel Framing).
- Quiroz A, Ramírez, A, Terán G, Montserrat Serrano M. (2017). Ventajas sismoresistentes y ambientales del sistema de rejillas rígidas DIAGRID para edificios en zonas de alta sismicidad. Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología (2017) ISSN 1405-7743, Depósito Legal. B2000. Vol. XXIV N° 1. Enero - marzo 2023.
- Schafer, B. W. (2008). Review: The Direct Strength Method of cold-formed steel member design. Journal of Constructional Steel Research, 64.