

VI. Tipos de estructuras como sistemas constructivos

VI.1 Introducción

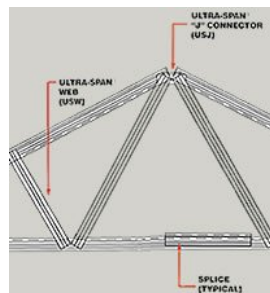
En la actualidad, existe una gran cantidad y variedad de materiales disponibles en la industria de la construcción e ingeniería. Debido a esto, existen muchos tipos diferentes de estructuras. Sin embargo, los componentes principales en cualquier tipo de estructuras son el acero, el concreto y los tensores (Types of Structures, 10/09/05). En la mayoría de las estructuras, la construcción se lleva a cabo combinando todos estos elementos para lograr uno solo. Un ejemplo bastante claro de este fenómeno es un puente donde puede estar sostenido por tensores (que pueden ser de acero), unidos a las vigas de soporte (de acero), que le dan soporte al cuerpo del puente (de concreto), con sus respectivas cimentaciones en los extremos (de concreto).

VI.2 Ejemplos de diferentes técnicas

1. Construcciones de acero

Las características físicas de este material lo hacen perfecto para la construcción, pues es muy resistente para lo que representa su peso, relativamente barato y se encuentra disponible en básicamente cualquier parte del mundo.

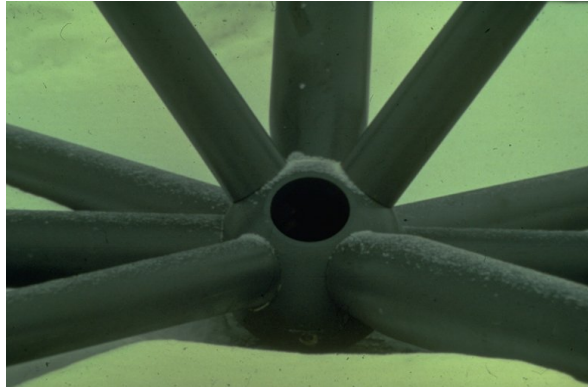
El acero también es el material idóneo cuando se trata de construcción comercial o industrial a base de armaduras (Singer, 10/08/05). Donde una armadura es simplemente una combinación de barras unidas entre ellas logrando un conjunto de triángulos. Gracias a esta geometría, las armaduras pueden dotar de gran estabilidad sobre grandes distancias con muy poco peso.



Armadura de acero.

La construcción con base de articulaciones de acero ya sea dentro de las armaduras o no, trabaja a compresión y a tensión para poder dar soporte a la estructura, ya que cuando se trata de tensión, el acero es uno de los materiales mas efectivos. Entonces, podemos decir que la articulación es el punto en donde

coinciden todos los elementos de acero y al mismo tiempo se logra un equilibrio perfecto entre la tensión y compresión, siendo la suma de estos dos cero. La falta de este equilibrio puede causar que la estructura se empiece a mover hasta que logre llegar a cero o esta falle.



Articulación de acero.

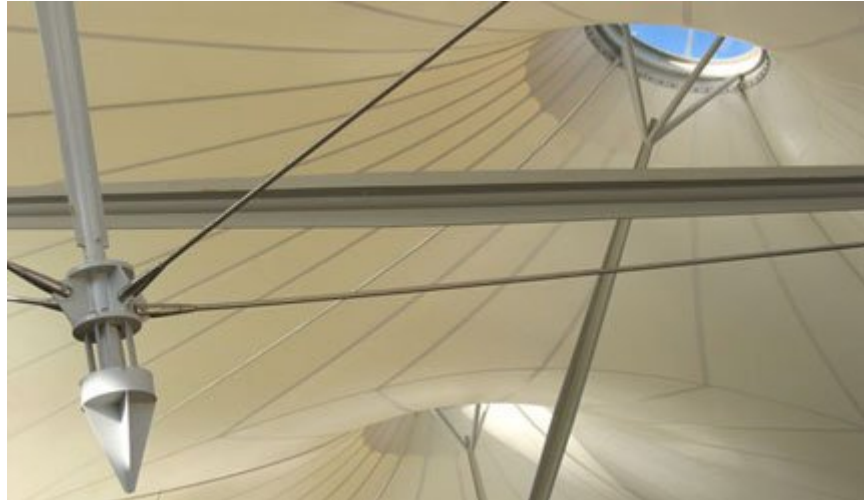
2. Construcciones de concreto

El concreto se puede definir como un material que gracias a sus propiedades plásticas puede ser moldeado en cualquier tipo de estructuras. Este material, en contraparte del acero, tiene gran capacidad para resistir la compresión y debido a que esta constituido por arena, grava y agua, es un material extremadamente barato.

El uso del concreto se remonta en la antigüedad hasta los tiempos de los romanos, aunque el uso del 'Concreto Reforzado' es relativamente nuevo, pues se empezó a usar en el s. XX. Al usar el acero en conjunto con el concreto se puede aprovechar la capacidad de tensión y compresión que brindan estos dos elementos ayuda a crear una estructura mucho más fuerte y segura.

3. Membranas

Para entender mejor el uso de este tipo de elementos constructivos se pueden interpretar como una representación de una tienda de campaña, en donde la carpa esta soportada por unos mástiles que tienen la función de mantener la tensión con el uso de una retícula de cables entrelazados y que están amarrados en una serie de puntos de anclaje al terreno.



Estructura de membrana.

Teniendo el conocimiento básico de las diferentes propiedades que tienen estos sistemas estructurales, la disponibilidad con la que disponen estos sistemas, además de tener el conocimiento de que en la Región Central de Estados Unidos (que es en donde se realizara el proyecto) se cuenta con la capacidad de disponer fácilmente del acero, podemos entender el por qué se exige que el sistema constructivo a utilizar en este proyecto sea el acero.

Hablando específicamente del acero, he decidido usar el sistema estructural HSS dada sus características de diseño y de construcción.

VI.3 Estructuras de Acero HSS

“HSS” por sus siglas en ingles *‘Hollow Structural Sections’* o en español *‘Secciones Estructurales Huecas’*, es un sistema constructivo basado en elementos tubulares de acero, los cuales pueden tener forma cuadrangular (SHS), rectangular (RHS) o circular (CHS). HSS es el término adecuado con el que nos vamos a referir a estas estructuras, puesto que el término de “TS” o *‘Forma de Tubo’* ha sido discontinuado por parte de la industria productora.

Debido a que este sistema ha sido manejado mayormente en los Estados Unidos, la nomenclatura para identificar a estos elementos será basada en pulgadas. Para los de forma circular se usan números decimales y tres puntos decimales; por ejemplo, “HSS 5.563 x 0.258” indica que se trata de una estructura circular con

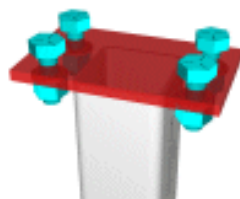
diámetro de 5.563” con un grosor de 0.258”. Para las formas cuadradas y rectangulares la nomenclatura es muy parecida a la que estamos acostumbrados con polines de madera, pero en este caso se debe de especificar el grosor del elemento, no la longitud del elemento en su totalidad; por ejemplo, “HSS 5 x 4 x 3/8” nos indica que se trata de una forma rectangular de 5” de largo, 4” de ancho con un espesor de 3/8”.

En el 2005 este material esta siendo producido con cuatro diferentes especificaciones por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials, ASTM). Estas especificaciones son las ASMT A500, ASMT A847, ASMT A501 y ASMT A618; donde las primeras dos son producidas tomando en cuenta el proceso de Resistencia Eléctrica a la Soldadura (“ERW” o *‘Electric Resistance Welding’*) además del proceso *‘Form-Square Weld-Square’* que es un tipo de proceso dentro de “ERW”.

La especificación ASMT A618 es de menor aleación y mayor fortaleza; la ASMT A501 esta relacionada con los elementos HSS moldeados por medio de calor y toma en cuenta todos los diferentes tipos de formas de los elementos de acero. Vale la pena mencionar que en el mercado, los elementos que cumplen con estas dos especificaciones son mucho mas difíciles de encontrar que los elementos que cumplen con las especificaciones ASMT A500 y ASMT A847.

En el pasado cercano no se dudaba de la calidad que un elemento tubular pudiera tener, pero si se cuestionaba la facilidad que existe de hacer conexiones entre ellos. En la actualidad se puede tener una gran variedad de conexiones, que al conocerlas el proceso de diseño se puede facilitar (Singer, 15/03/05).

La conexión ‘placa de tapa’ hace que las cargas de tensión sean transmitidas a la columna que puede ser de tipo SHS, RHS o CHS. La compresión en este tipo de elemento es mínima debido a la acción soportante de la columna (Connection Types, 09/09/05).



Conexión “Cap Plate”

Conexión 'rodilla unida' o 'cople de 90°' como es conocida en México, se puede aplicar únicamente en elementos de tipo SHS y RHS cuyas dimensiones son exactamente las mismas. Se puede aumentar la capacidad de la conexión cuando se le agrega una placa en la unión (Connection Types, 09/09/05).



Cople de 90°.

Con la conexión tipo 'Y/T' se puede tener la capacidad de unir a dos elementos estructurales que se unan creando un ángulo de 45°. La viga principal puede ser cualquier tipo de estos elementos tubulares, e incluso también puede ser una viga I. En cuanto al elemento secundario puede ser cualquiera de los tres diferentes tipos de secciones, siempre y cuando sus dimensiones sean las apropiadas para ajustarse a la viga principal (Connection Types, 09/09/05).



Conexión Y/Y.

El tipo de conexión 'X' es demasiado similar a la anterior, pues tanto la viga principal como la secundaria pueden ser cualquiera de los tres diferentes tipos de secciones que existen con este material, siempre y cuando las secciones coincidan entre si para tener un buen acoplamiento (Connection Types, 09/09/05).



Conexión X.

La conexión 'K/N espaciada' puede llegar a ser muy útil cuando dos diferentes elementos estructurales están ubicados de tal manera que uno de sus extremos coinciden en la misma viga. La particularidad que tiene esta modalidad 'espaciada' es

que debe de existir una separación considerable de los dos elementos estructurales y el vértice real que existe. Todos los tipos diferentes de las estructuras huecas pueden ser utilizados en este tipo de conexión, ya sea para las estructuras primarias o las secundarias (Connection Types, 09/09/05).



Conexión K/N espaciada.

En cuanto a la conexión 'K/N traslapada', se podría decir que tiene las mismas características que la anterior pero como su nombre lo dice, los elementos secundarios se montan en la viga primaria de tal manera que los dos ejes coincidan en el vértice que se formara por los tres elementos (Connection Types, 09/09/05).



Conexión K/N traslapada.

Además de esta clasificación de conexiones basadas únicamente en la constitución física, existen otros aspectos más técnicos que se deben de tomar en cuenta para elegir la conexión adecuada en cada una de las partes del edificio. Existen cuatro categorías básicas para hacer estas distinciones, con varios tipos diferentes dentro de cada categoría (Connection Types, 09/09/05).

1. Conexiones simples de perforación

Este tipo de conexiones en sistemas de marcos típicos son hechas soldando un elemento de conexión a una columna o viga HSS y después atornillarlo para lograr una mayor seguridad. Si se cuentan con vigas, elementos conectores o elementos finales

de HSS, se pueden usar soportes para poder crear una conexión atornillada entre ellos para proporcionar seguridad. Los tipos de conexiones son:

1. Plato sencillo
2. Angulo sencillo
3. Asiento sin reforzar
4. Doble ángulo
5. Asiento reforzado
6. A través del plato

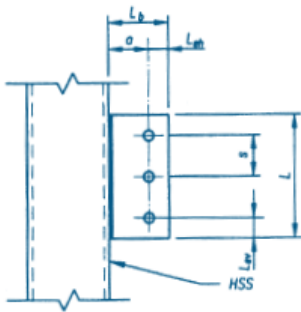
Estos tipos de conexiones están enlistadas en orden aproximado de costo, aunque este puede variar dependiendo del equipo con que se cuente así como de la experiencia que se tenga. Se puede tener un pequeño ahorro en las conexiones que son “a través del plato” si se tienen estas conexiones por los dos lados de la columna. Generalmente, estas conexiones no se recomiendan, a menos de que existan fuerzas axiales que se tengan que transferir a lo largo de los soportes. Y las conexiones que atraviesen y sean ortogonales se deben de evitar a toda costa.

Para poder mantener una flexibilidad rotacional en la conexión, se pueden usar soldaduras transversales sobre la cara del HSS, pero solo si se trata de una conexión con un asiento reforzador o en la parte de abajo de la conexión de ángulo sencillo.

Las demás conexiones solo usan soldaduras verticales. Sin embargo, cuando se trata de platos simples y platos que se atraviesen, la AISC recomienda que no se usa soldadura sobre la parte más gruesa del plato.

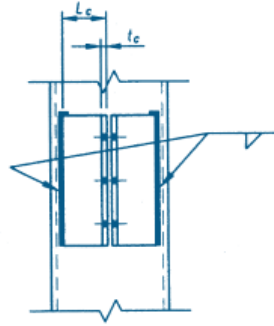
Cuando se habla de la conexión con doble ángulo es necesario que se tome en cuenta la biga en donde serán montados los ángulos para así asegurar que se pueda realizar la conexión sin problemas a la hora de que se haga la unión de los elementos.

Conexión económica.



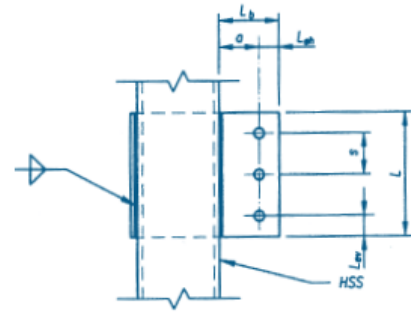
Conexión de plato sencillo.

Conexión más cara.



Conexión de doble ángulo.
del plato.

Conexión más cara de todas.



Conexión a través del plato.

2. Conexiones de momentos

En la actualidad no existen conexiones estándares entre vigas tipo I y columnas HSS. Pero lo que si existen son varias posibles recomendaciones de cómo lograrlo con pequeñas instrucciones de procedimiento. Estas posibilidades son las siguientes:

1. Viga sobre columna para construcciones de una sola planta
2. Viga a través de una columna
3. Plato de borde empalmado a través de la columna
4. Plato de borde empalmado alrededor de la columna
5. Conexiones directas de la viga a la columna

La única conexión de este tipo que se puede considerar barata y eficiente es la de la viga sobre la columna. Fuera de esta conexión, todas las demás son caras. Para poder seleccionar el tipo de conexión adecuada se deben de considerar cuatro factores que indican el estado del limite critico de los elementos. Estos factores son:

- La magnitud del momento que debe de ser transferido a la columna HSS
- La magnitud del momento que debe de pasar a través de la columna HSS
- La magnitud de la carga axial de la columna HSS
- Las necesidades para el enmarcamiento ortogonal

3. Conexiones en extremos

Este tipo de conexiones son usadas básicamente para apuntalar a los diferentes elementos del sistema. Se pueden hacer por medio de soportes, tapas o simplemente soldando alrededor de la viga.

El hecho de soldar la viga puede ayudar a desarrollar la resistencia del material pero deben de ser exclusivamente soldaduras capaces de redondear los bordes en las esquinas.

4. Conexiones directas

Las conexiones de soldadura entre elementos de HSS son usadas comúnmente en las armaduras para conectar las diferentes ramificaciones a las vigas principales con soldadura alrededor de las diferentes ramas. Estos tipos de conexiones son:

1. Conexión T o Y una sola ramificación perpendicular o en ángulo
2. Conexión K con dos o tres ramificaciones
3. Cruces donde la carga es transferida a través de los miembros principales de las ramificaciones
4. Empalmes en los extremos

VI.4 Beneficios del uso de HSS

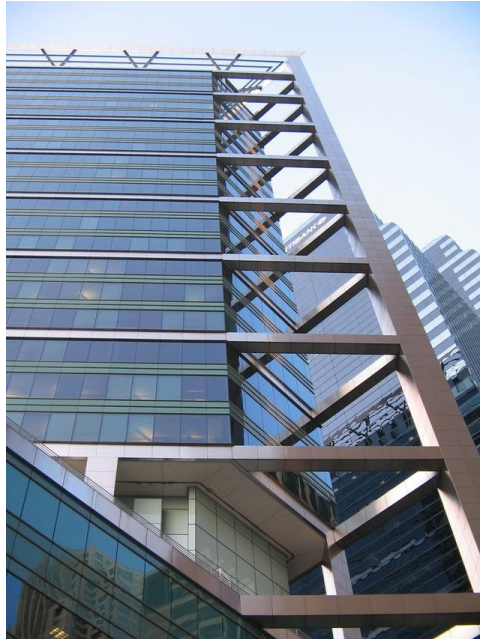
Después de haber analizado este tipo de material y su aplicación como sistema constructivo podemos establecer con seguridad de que además de ser un sistema económicamente accesible, brinda una gran gama de posibilidades para crear una o varias retículas que servirán de base para el diseño arquitectónico. Por otro lado, para poder tener una instalación adecuada de este tipo de material relativamente nuevo, se necesita de una mano de obra calificada y experimentada con el uso de acero. Esto podría ser considerado como una desventaja, pero si se toma en cuenta que esta es una actividad que tiene capacidad de ser explotada en el futuro, se puede tomar en cuenta como una inversión para los constructores en la capacitación de los trabajadores constructores.

VI.5 Casos de estudio

1. Plaza ABN AMRO

Este edificio es el primero concebido en Chicago con la finalidad de ser un centro de tecnología. Este proyecto fue dedicado para la empresa Holandesa

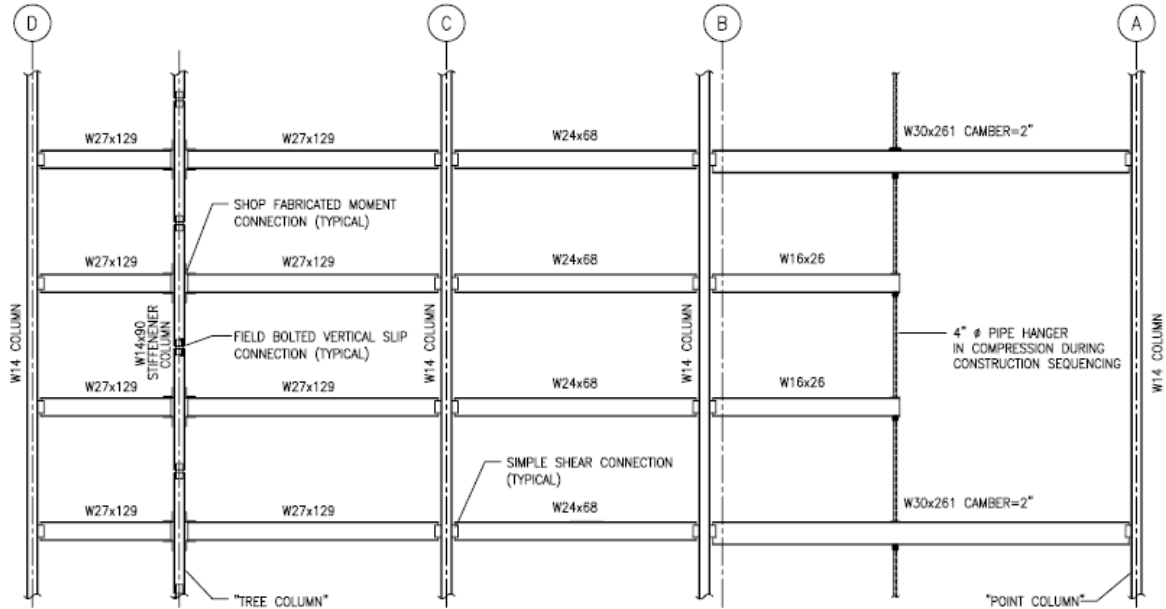
ABN AMRO, que en conjunto con la empresa de Chicago La-Salle Bank, se espera la construcción de la segunda torre.



Edificio ABN AMOR en Chicago.

Este edificio cuenta con un sistema de marcos estructurales de acero, mismo que sirve la base para las plantas tipo del edificio. En este caso, varias características del sistema constructivo tales como la fácil construcción, la disponibilidad del material y la flexibilidad que da al diseño, hicieron que fuera la opción perfecta para su aplicación en este proyecto.

Las vigas tipo de acero se extienden por 45' (13.75 m) desde el centro del concreto hasta las paredes exteriores dando como resultado una planta libre alrededor del perímetro de cada piso. Esto dio la posibilidad de tener una gran flexibilidad en el programa arquitectónico del interior y dio la posibilidad de implementar gran cantidad de usos, tales como centros de información, espacios para oficinas o hasta una cafetería, sin dejar que ninguna parte de estos espacios se vieran interrumpidos por algún componente de la estructura.



Alzado de la pared diagonal del lado sureste.

La plataforma tipo de este edificio que mide 30' por 45' (9.15 m por 13.75 m) fue dividida en tres terrazas usando vigas I separadas a cada 10' (3 m). En el corazón, las vigas I están soportadas con una conexión simple de perforación a placas fundidas en el concreto que forma parte del corazón del edificio.

2. "Kingsbury on the Park"

Este es otro edificio que se encuentra en Chicago, con la diferencia de que este se trata de un edificio residencial. Es un edificio de media altura de condominios que acompaña a varios desarrollos recientes en esta área de la ciudad, que solía caracterizarse por ser una zona industrial. Este edificio de 25 pisos se encuentra revestido en cristal con grandes vigas horizontales y una estructura de balcones de acero unidos al perímetro.



Kingsbury on the park.

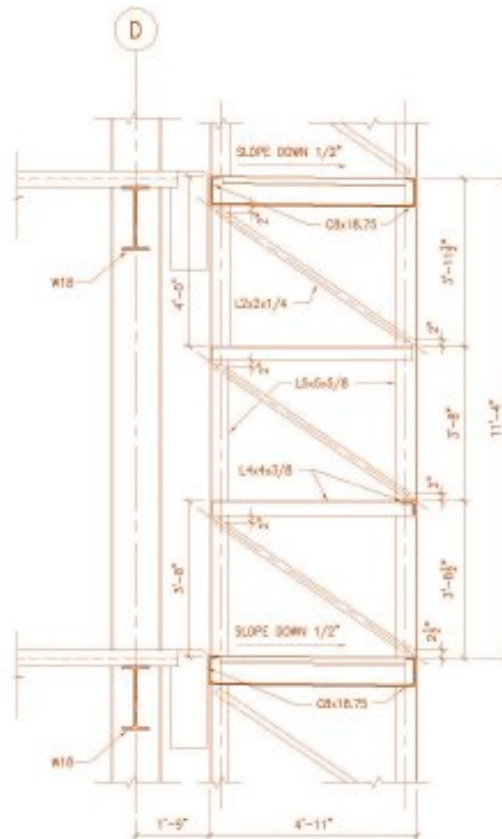
El objetivo principal del constructor fue el de maximizar el uso del sitio que mide aproximadamente 100' por 140' (30 m por 43 m), donde los cuatro lados del edificio están rodeados por circulaciones. Dentro del proyecto, la mayoría del espacio en la primera planta fue destinado para espacio comercial, dejando el resto para el lobby y diferentes espacios para los cuartos de servicios.

Este edificio cuenta con elementos constructivos que le dan la oportunidad de lograr un equilibrio estructural. En lo particular, el soporte que le da el edificio al sistema de balcones expuestos esta formado por una serie de huecos verticales que le permiten ser auto-soportables (para la gravedad) mientras el edificio recibe un movimiento inducido por la temperatura.



Elemento soportante.

El sistema de los balcones de acero expuesto esta compuesto por perfiles de acero, donde el grosor mínimo de los elementos mas pequeños es de ¼” para así poder cumplir con los requerimientos de construcción de la ciudad de Chicago.



Balcones con sistema de acero expuesto.

VI.6 Conclusión

Debido a la naturaleza del concurso de diseño, se exige que se genere una estructura de acero. Dadas las características que he confirmado son ofrecidas por los diferentes tipos de estructuras que existen, el sistema HSS ofrece flexibilidad, rapidez y eficacia. Son por estas razones que he decidido usar HSS en mi proyecto arquitectónico como estructura.

Con este tipo de estructura se da la posibilidad de generar un proyecto inteligente en lo que respecta a la capacidad de crecer y ampliarse pudiendo modificar la estructura del edificio.