

I.- ELEMENTOS EN UNA ESTRUCTURA METÁLICA DE TIPO INDUSTRIAL

I.1.- Elementos que componen una estructura metálica de tipo industrial.

Una estructura de tipo industrial está compuesta (Fig. I.1) por marcos (rígidos, semi-rígidos o libremente apoyados) los cuales a su vez están compuestos por columnas, vigas y conexiones entre estos elementos. Pueden existir una serie de combinaciones entre vigas y columnas de diferente configuración y materiales (concreto reforzado y acero estructural); por ejemplo se puede hacer la combinación de columna y viga de alma llena (vigas de acero laminadas comerciales o fabricadas), o bien la combinación de columna de alma llena y armadura como viga (elementos fabricados en taller), también la columna de concreto y la viga de armadura o bien la columna de celosía y la viga de armadura a este tipo de combinaciones se le conoce como marco rígido compuesto. Los marcos generalmente son distribuidos de acuerdo a requisitos del diseño arquitectónico, a aspectos económicos y funcionamiento de la estructura. La función de estos elementos como se observa es soportar las cargas gravitacionales y laterales transmitidas por los elementos que sobre estos descansan, conocidos como largueros, la elección de este tipo de elementos depende de la separación entre marcos, de la separación entre estos mismos y del tipo de cubierta que se empleara, los largueros tienen la función de soportar el material utilizado como techo o cubierta. Finalmente como parte principal de la estructura se colocan los elementos conocidos como contraventeos los cuales son colocados verticalmente entre columna y columna y horizontalmente en el sistema de techo, la función principal de estos elementos es transmitir las cargas producidas por las fuerzas de sismo o de viento al sistema de cimentación, conjuntamente con este tipo de elementos se colocan los SAG ROT o contra-flambeos los cuales realizan la función de alinear los montenes así como transmitir la carga horizontal de la cubierta.

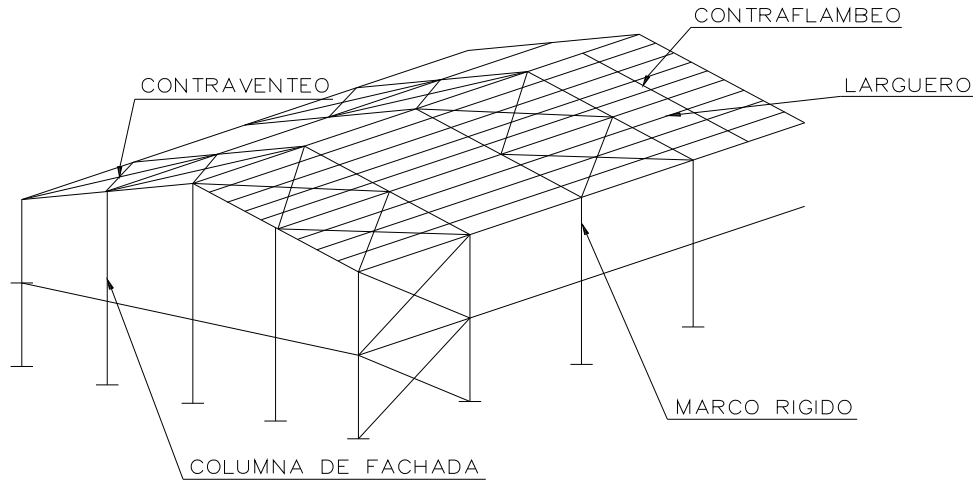


Fig. I.1 Elementos de una estructura de tipo industrial.

I.1.1 Placas Base.

Una placa base (Fig. I.2) es un elemento que sirve para distribuir y transmitir la carga de la columna de acero a la cimentación y que normalmente es más chica que la superficie donde se apoyara y más grande que la columna que recibirá, la placa base puede ser suministrada y colocada en el momento de efectuarse la cimentación o bien puede colocarse directamente en la columna en taller y posteriormente fijarse a la cimentación mediante tornillos.

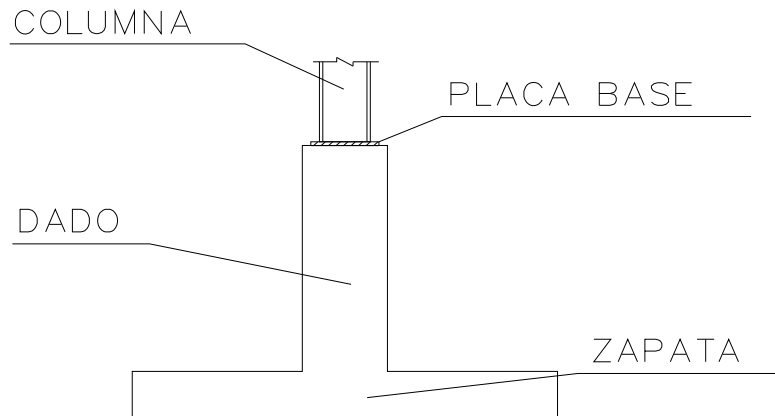


Fig. I.2 Placa base.

I.1.2 Marco Rígido

Como se menciona en el punto anterior uno de los elementos básicos en la fabricación de una cubierta para una nave de tipo industrial son los marcos rígidos su nombre proviene de que los elementos principales que lo componen, son vigas y columnas, las cuales están ligados entre si por medio de conexiones rígidas capaces de transmitir los momentos, fuerzas normales y de cortante sin que exista desplazamientos lineales o angulares relativos. Las columnas como se menciona anteriormente pueden ser fabricadas de concreto, de acero o bien de la combinación de ambos materiales, la elección del tipo de material del cual será fabricada la columna dependerá de los requisitos arquitectónicos de la estructura, de los materiales que serán fabricados los muros perimetrales, del uso de la estructura y finalmente el factor más importante que es el económico. Cuando una columna es fabricada de acero su sección transversal puede ser de tipo comercial conocido como perfil laminado o bien puede fabricarse con placas de acero conocidas como armada y pueden ser de sección continua o variable, en algunas ocasiones las columnas pueden ser fabricadas por medio de celosías (armaduras verticales), la elección del tipo de fabricación de columna puede depender de varios factores entre los cuales se puede mencionar que la sección transversal solicitada no exista comercialmente o bien que económicamente una sea más aceptable que otra. Una columna debe tener la capacidad de soportar las cargas que le transmiten las vigas o elementos adyacentes, así como soportar las fuerzas horizontales cuando los marcos son contra venteados y la totalidad de la carga cuando no tiene contraventeo, llevando estas cargas a la cimentación, así como los momentos producidos por las fuerzas horizontales.

I.1.3 Vigas de alma cerrada

Las vigas son secciones que son colocadas con una pequeña inclinación para el escurrimiento de agua, nieve o granizo. Estos elementos tienen la función de soportar directamente las cargas verticales permanentes, muertas, vivas y accidentales que actúan sobre la estructura, además contribuyen a la rigidez de conjunto. Las vigas a

diferencia de las columnas preferentemente son fabricadas de acero ya que si se llegaran a fabricar de concreto reforzado los peraltes que proporcionaría el diseño debido a los grandes claros que se manejan en este tipo de estructuras serían muy grandes los cuales estaría fuera de la realidad y económicamente estarían muy elevados. Para la fabricación de las vigas generalmente se opta por un perfil comercial, pero si este no se encuentra la solución sería una viga de tipo armada la cual puede ser de sección continua o variable, la elección del tipo de viga como se ha mencionado anteriormente depende de los requisitos arquitectónicos y económicos. En algunos casos cuando los claros libres por requisito arquitectónico son mayores a 12 m. generalmente la solución más sana no es una viga de alma cerrada sino una viga de alma abierta o armadura.

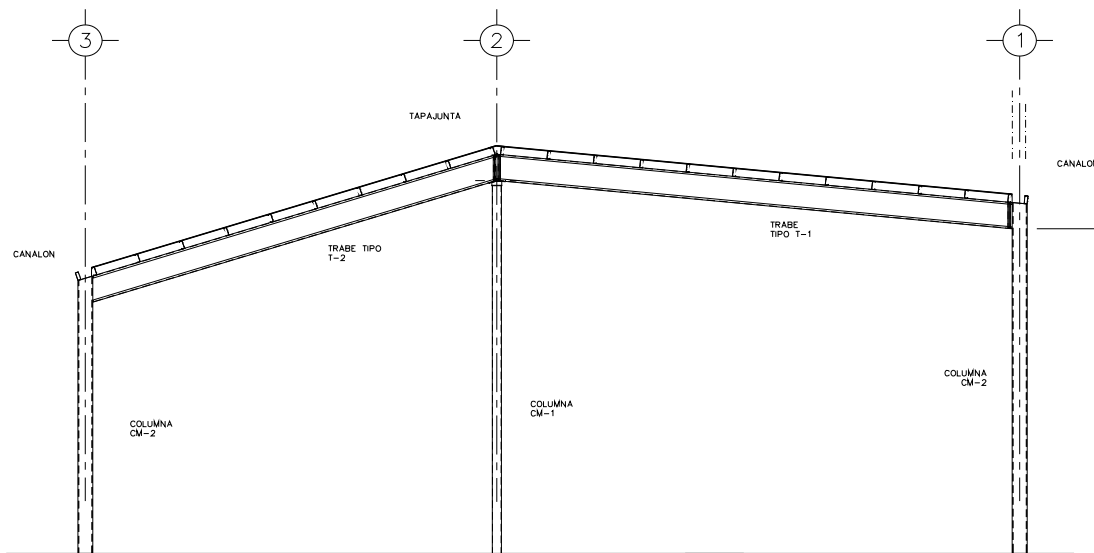


Fig. 1.3 Marco rígido con vigas de alma cerrada.

I.1.4 Vigas de alma abierta

Una armadura es una estructura formada por elementos rectos conectados en sus extremos generando de esta forma uniones conocidas como nudos. Los elementos de una armadura solo pueden ser unidos por sus extremos de manera que formen triángulos arreglados

de tal forma que se tenga una estructura rígida capaz de resistir un sistema de cargas. Las armaduras deben cumplir la condición de que solo deberán ser cargadas en nudos debido a que los elementos de una armadura comúnmente se diseñan para resistir fuerzas axiales ya sea a compresión o a tensión y por lo general son elementos muy delgados con poca capacidad de resistir fuerzas laterales, si ocurriera lo contrario se generarían momentos en los elementos, los cuales se tendrían que rediseñar para resistir flexión y aumentar sus dimensiones. Teóricamente existen alrededor de once tipos de armaduras.

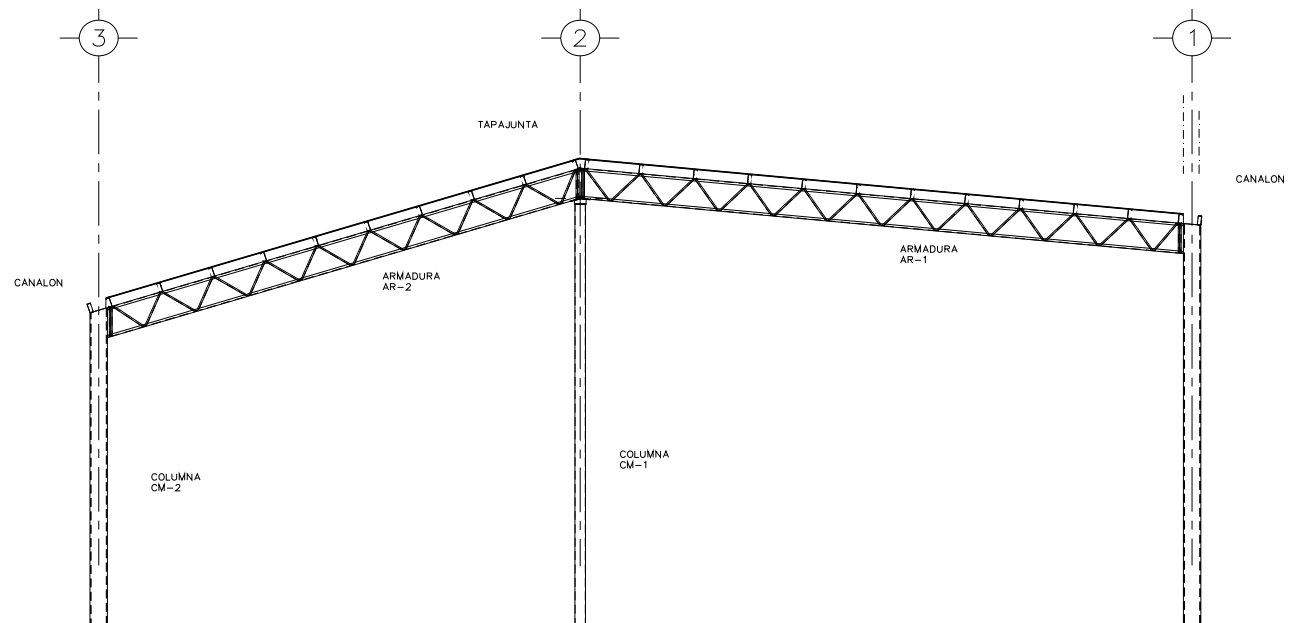


Fig. 1.4 Marco rígido con vigas de alma abierta.

La elección del tipo de armadura como se ha mencionado anteriormente se basa en requisitos arquitectónicos y económicos, en este caso lo estético es un factor importante debido a la impresión que causa la armadura por el tamaño y perfiles que se utilizaron para su fabricación, pero generalmente lo más agradable es lo más caro y es aquí cuando entra el aspecto económico.

I.1.5 Largueros

Los largueros (Fig. I.5) son vigas que cubren el claro existente entre marcos y son quienes van a transmitir las cargas provenientes de el sistema de techo, generalmente se colocan con separaciones entre 1.20 m. a 1.50 m. dependiendo del tipo de material que se utilice para techar, el cual puede ser de láminas metálicas, asbesto u otro material ligero, los perfiles más comunes para claros no mayores de 6.00 m son los perfiles de lámina doblada en frío en forma de "C" conocidos como canal monten reforzados con un ángulo en su espalda para eliminar las excentricidades o bien en "Z" siendo esta última la más ventajosa debido a sus características. En el mercado podemos encontrar este tipo de perfiles en forma comercial con longitudes de hasta 6.00 m por esta razón y para evitar desperdicios y empalmes se recomienda que la separación ideal entre marcos sea de 6.00m como máximo.

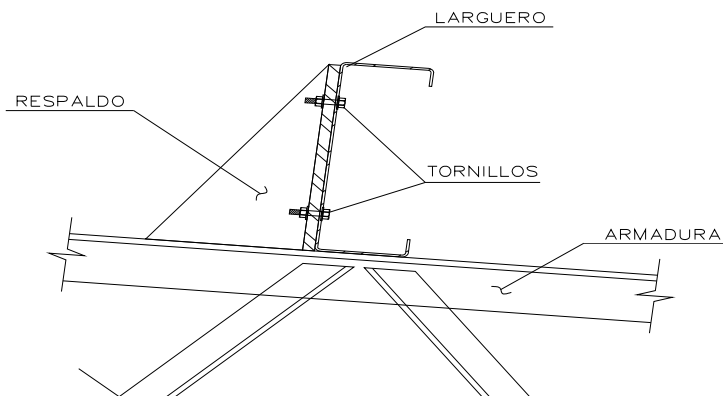


Fig. 1.5 Clásico larguero.

I.1.6 Tensores o Contraflambeos.

Los tensores o contraflambeos (Fig. I.6) son los elementos que van colocados entre monten y monten, comúnmente sirven para transferir las cargas de gravedad paralelas al sistema de techo o bien para disminuir la deflexión en el plano débil del larguero y darle una mayor rigidez, el perfil típico para este tipo de elementos es el redondo de 5/8" a 3/4" de diámetro, para hacer efectiva la capacidad de fuerza de

los tensores o contraflambeos, estos deberán ser llevados desde la cumbrera del techo y debe ser balanceada por un elemento igual del lado opuesto de la cumbrera, generalmente estos elementos son colocados terciados entre claros y su conexión típica es por medio de cuerdas y tuercas en los extremos de las barras o bien en ocasiones es unido mediante soldadura utilizando como respaldo un ángulo.

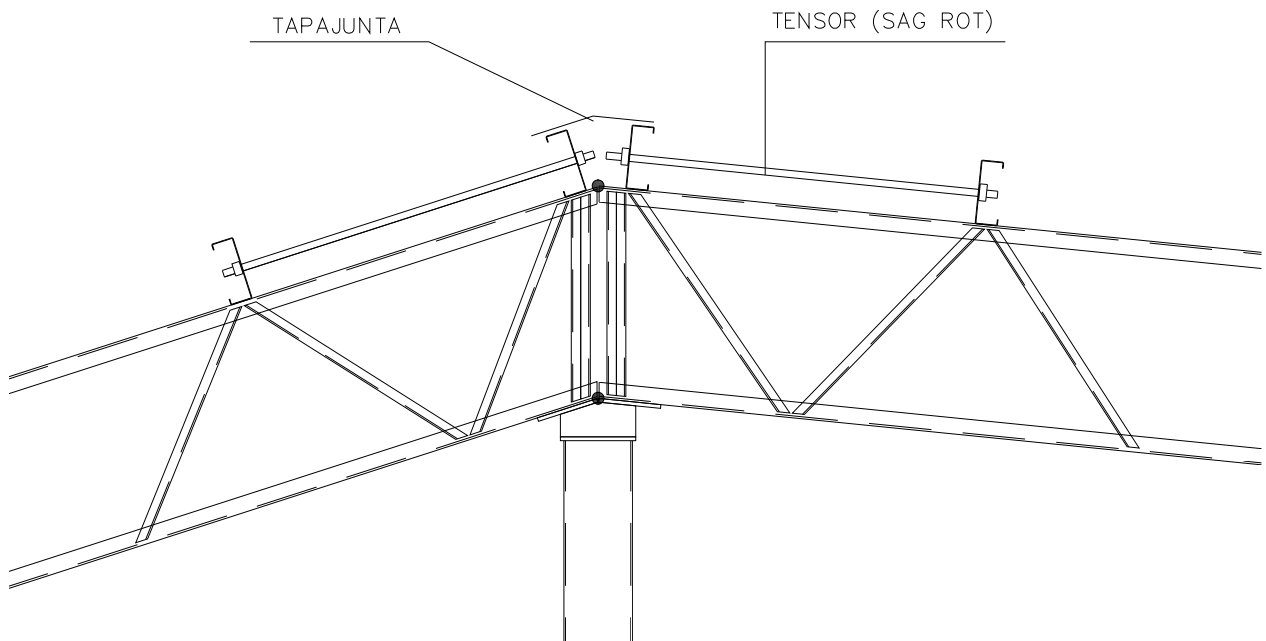


Fig. 1.6 Tensor o contraflambeo en una techumbre.

I.1.7 Contraventeos.

Se conoce como contraventeo (Fig. I.7) a todos los elementos situados en los planos verticales, horizontales e inclinados que no forman parte de estructura principal pero que contribuyen a resistir las fuerzas horizontales que actúan sobre ella, estas fuerzas generalmente son generadas por efectos del sismo o de viento y en ocasiones por impacto debido a la existencia de vigas grúa, evitan el pandeo de conjunto de los elementos de la estructura y principalmente para darle rigidez lateral a las estructuras Longitudinalmente estos elementos

secundarios generalmente solo podrán colocarse en los ejes laterales debido a las restricciones de funcionamiento de la estructura, cuando esto sucede, debe de diseñarse un sistema de contraventeo horizontal en el techo de la estructura, el cual transmitirá las fuerzas de sismo o de viento a los ejes laterales pues el sistema de techo no tiene la rigidez ni la resistencia necesaria para trabajar como diafragma, otra restricción común, es cuando el proyecto arquitectónico o de funcionamiento no nos permite la colocación de contraventeos verticales en los ejes laterales, en este caso las fuerzas horizontales se resisten en ocasiones por medio de marcos rígidos de alma llena o de alma abierta, aunque son más costosos tienen la ventaja de permitir la libre circulación dentro de la estructura.

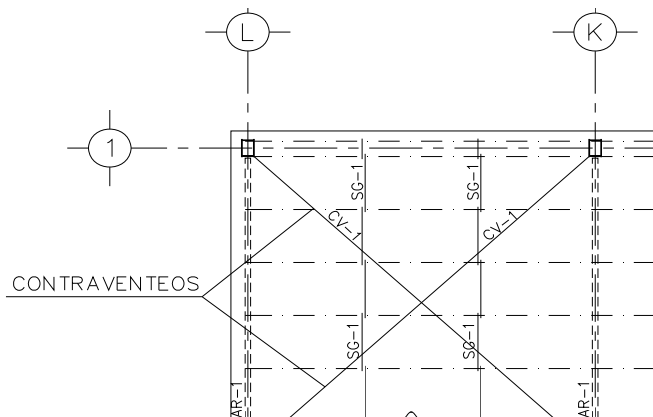


Fig. 1.7 Contraventeo horizontal.

I.2 Métodos de anclaje en placas base.

Los apoyos más comunes que se utilizan son los apoyos articulados (donde las incógnitas son la reacción vertical y la reacción horizontal) y el apoyo empotrado (donde las incógnitas son las reacciones vertical y horizontal y el momento que se genera) o bien se puede seleccionar una combinación de ambos, es decir, articulado en una dirección y empotrado en la otra dirección.

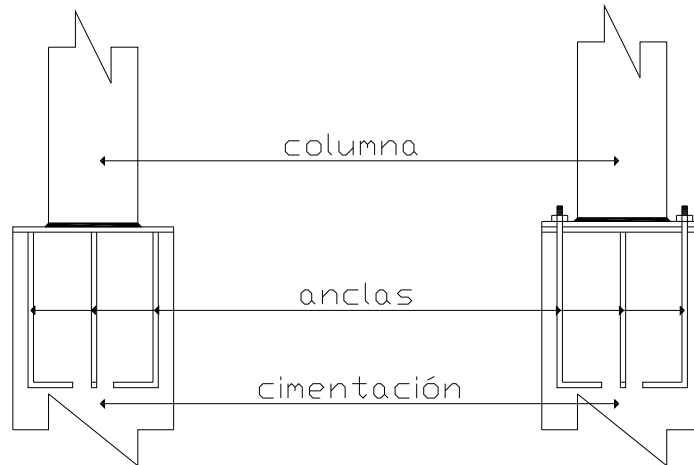


Fig. I.8 Placa base soldada. Placa base atornillada.

I.3 Tipo de perfiles usados en la construcción de elementos.

EL elemento más común en una nave industrial son las armaduras y la sección más común para los elementos de una armadura de techo es la formada por dos ángulos espalda con espalda o bien por perfiles tipo PTR (Perfil Tubular Rectangular). Cuando las cargas son ligeras y el claro es corto, en ocasiones es suficiente la utilización de una sección compuesta por un sólo ángulo, la cual puede usarse pese a su falta de simetría, pero uno de los principales problemas que presentan los ángulos es la presencia de excentricidades en la conexión.

Cuando las armaduras de techo tengan que librar grandes claros pueden requerirse algunas secciones armadas (las secciones armadas son elementos que se fabrican en taller por medio de placas o perfiles con características que no se encuentran en el mercado) o bien si no se quieren utilizar miembros armados, se podrán utilizar miembros laminados que proporcionen la rigidez suficiente, dependiendo de las magnitudes de las cargas, del claro a cubrir por la armadura y principalmente del costo entre uno y otro.

El uso de miembros armados se realiza cuando se requiere una cierta rigidez que un elemento laminado no puede proporcionar o bien cuando se consideran

La inversión de cargas, es decir el miembro diseñado a tensión puede ser sujeto a ciertas compresiones, en la cual los perfiles esbeltos y con poca rigidez no podrán soportar. Es por esta situación que deben de utilizarse perfiles estructurales sencillos ó armados.

Los miembros armados se obtienen conectando 2 o más placas o perfiles entre sí de modo que actúen como un miembro único. Estos miembros pueden ser necesarios debido a requisitos de área, o bien de rigidez ya que para una misma área puede obtenerse un mayor momento de inercia para una sección armada que para un perfil laminado sencillo. Otra razón puede ser la necesidad de una conexión adecuada, cuando el ancho ó el peralte requeridos para la conexión no pueden obtenerse de perfiles laminados Standard.

I.4 Tipos de acero.

El acero estructural es básicamente una aleación o combinación de hierro con carbono, silicio, fósforo, azufre y en algunas ocasiones se combina con otros elementos específicos tales como el cromo o el níquel con propósitos determinados, normalmente es laminado en caliente con fines estructurales.

Los diferentes tipos de aceros estructurales se clasifican de acuerdo a los elementos de aleación que producen distintos efectos en el acero:

- a.- Aceros estructurales al carbono.
- b.- Aceros estructurales aleados tratados y templados.
- c.- Aceros de alta resistencia y de baja aleación.
- d.- Aceros inoxidable.
- e.- Aceros de calibre delgado (laminados en frío).
- f.- Alambres y cables.

I.4.1 Ventajas del acero como material de construcción:

- 1.- El material es homogéneo.
- 2.- Gran capacidad de absorción de energía.
- 3.- Menor peso.
- 4.- Rapidez para construir.
- 5.- Secciones más esbeltas.
- 6.- Los elementos son prefabricados.
- 7.- Recuperación de la estructura.

I.4.2 Desventajas

- 1.- El acero estructural e insumos (soldadura y tornillos) en México es cada vez más caro.
- 2.- Poca resistencia ante altas temperaturas.
- 3.- Débil ante la corrosión.
- 4.- Mejor calidad en mano de obra y supervisión.