

Decálogo para hacer más económicas las estructuras en acero

Durante el Simposio bienal del Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA), desarrollado entre el 6 y el 9 de marzo 2013, en Guadalajara. El ingeniero Fernando Frías Beltrán, realizó una presentación con colaboración de los ingenieros Roberto Nielsen y Tizeano Perea, en la que se expusieron diez aspectos a considerar, con el fin de disminuir los costos al realizar el diseño de una obra en acero.

La Charla tuvo especial interés, debido a que transmite enseñanzas del ingeniero Fernando Frías a partir de su intensa y dilatada actividad, tanto profesional, como laboral en la fabricación de estructuras de acero. Es por ello, que nos permitimos resumir la presentación, con el fin de dejarla a disposición de nuestros lectores de la Red Latinoamericana de la Construcción en Acero.

Existen dos grandes grupos en los que se concentran los costos de una obra. Primero, están los costos asociados a cumplir las normativas, tales como la protección contra incendios y la protección contra la corrosión, los cuales quedan fuera del control del diseñador. En segundo lugar, se encuentran los costos asociados al diseño de la estructura, tales como materiales, fabricación, transporte y montaje. Es en ese último grupo donde bajo una buena toma de decisiones, se pueden lograr ahorros considerables en materia económica.

Materiales

1. Conocer la situación del mercado del acero al momento de diseñar la obra

Respecto de los perfiles metálicos a utilizar, es decisión del diseñador incorporar perfiles laminados o armados a partir de chapas o placas soldadas, los cuales corresponden a los materiales básicos de una obra, cuyos precios varían en el mercado de forma independiente. Si el diseñador está al tanto de estas fluctuaciones, puede incorporar esta variable al diseño de la obra y disminuir de forma considerable los costos de la construcción.

2. Lograr que coincidan los materiales requeridos para la elaboración de la obra con la oferta actual del mercado

En el caso de los edificios, los perfiles laminados resultan muy atractivos, ya que hacen que la obra sea más mecanizada y le da mayor dinamismo a ésta, además existe la posibilidad de adquirir estos ya cortados, evitando así empastes y desperdicios. Sin embargo, una buena cantidad de laminados son importados en

México¹, por lo que si los requerimientos están por debajo de las setenta toneladas o el tiempo de ejecución es muy corto, ésta deja de ser una buena opción y se vuelve más favorable la opción de los perfiles armados. Sin embargo, se debe tener en cuenta que al recurrir a armar vigas con 3 placas o columnas con 3 ó 4 placas, hay decisiones de alto impacto en los costos que quedan a cargo del diseñador

Al diseñar con acero, es recomendable fijar una cota mínima de cada material que se requerirá, como por ejemplo cinco toneladas de cada pieza, ya que los productores hacen paquetes de éstas para facilitar su carga y en ocasiones para adquirir una pieza puede incurrirse en un costo extra innecesario.

3. Siempre que sea necesario, usar aceros de alta resistencia

Siempre que sea posible, es más económico utilizar acero A-50, que A-36, ya que al ser el primero más ligero, esto compensa con creces su posible mayor valor económico.

Fabricación

4. Diseñar estructuras que resulten de la sencillez, la repetición de piezas iguales y el menor número de piezas a utilizar.

Para que una estructura sea económica, debe ser de rápida elaboración, con el menor número de piezas posibles y con el mayor aprovechamiento de éstas. A continuación se detallan unos ejemplos:

4.1. Pernos de anclaje

. Un ejemplo de esto sucede con los pernos de anclaje. Es bueno utilizar anclajes de mayor diámetro, particularmente el de 65 mm, ya que disminuye la cantidad de piezas a utilizar y le da mayor solidez a la obra en casos de siniestros imprevistos no considerados en los cálculos, como vientos o sismos. Además, a los pernos de anclaje más gruesos no les afecta tanto el desgaste asociado al tránsito de maquinarias durante la obra. En el caso de México el máximo diámetro de las barras y tuercas es de 65 mm.

4.2. Tornillos o Pernos de unión de la estructura

Por otro lado, sucede lo mismo con los tornillos, en el sentido de no multiplicar la cantidad de tornillos de poco diámetro. Sin embargo, se recomienda usar como máximo los de medida 1 ¼ pulgada (31,75 mm), ya que uno de mayor tamaño hace que sea necesario un equipo especial de apretado, el cual es pesado y estorboso.

4.3. Cimentación del edificio

Generalmente, se le da poca atención a este tema, produciéndose malentendidos pues la cimentación y la colocación de las anclas es responsabilidad del propietario a través del constructor. Muchas veces se sueldan las anclas a los fierros de refuerzo,

¹ Nota del editor: Esto va a tender a disminuir con el Plan Fénix del AHMSA

en lugar de fijarlas a las cimbras de madera. Si se mueve el armado durante la colocación del concreto se mueven las anclas quedando éstas fuera de lugar. Esto ocasiona más trabajo para instalar las columnas, además de bases fuera de lugar y riesgo de desplome al colocar las trabas. Pudiéndose ocasionar accidentes y/o costos extras por mayor tiempo de montaje.

Figura 1a y 1b: Fijación mediante pernos de anclaje



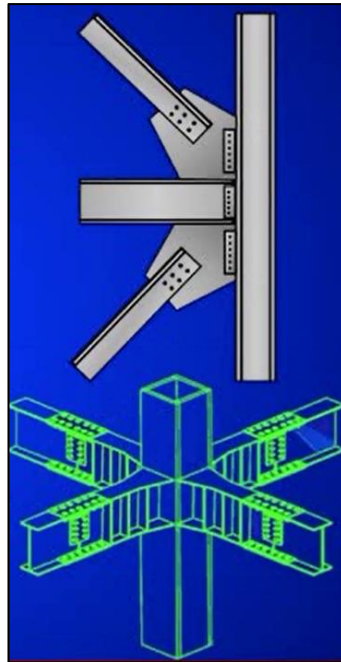
Figuras 2a y 2b: Colocación de plantillas metálicas para fijarse a las cimbras



4.4. Uso de muñones

Las conexiones de momento entre trabes y columnas de acero son de alto costo. La recomendación es soportar las fuerzas horizontales con sistemas de arriostramientos verticales y recurrir a conexiones simples. La forma más económica es usar muñones y placas extremas. Los muñones alejan la conexión del nodo donde el momento es máximo mientras que los tornillos de alta resistencia de las placas extremas trabajan a tensión, su forma más eficiente, soportando así las fuerzas cortantes

Figura 3: Colocación de arriostramientos y muñones



5. Que los diseñadores conozcan la capacidad y los procedimientos del mayor número de fabricantes, tanto grandes, como medianos y chicos, para así poder hacer recomendaciones a quienes se adjudiquen la obra

Un diseño complicado que desperdicia materiales en su ejecución, resulta un diseño más costoso de lo esperado, ya que el costo de la estructura es de suma importancia. Por ejemplo el hecho de utilizar más soldadura de la que es necesaria para resistir las cargas, encarece la obra, la hace más pesada y prolonga los tiempos de trabajo. Si en cambio, el diseñador conoce bien a los fabricantes, es posible diseñar acorde a las capacidades de producción de estos, con lo cual se hace más sencilla la elaboración de la obra.

6. Evitar diseñar columnas de cuatro placas en cajón con diafragmas interiores

Cuando las columnas de cuatro placas tienen diafragmas interiores o las tubulares rectangulares tienen las placas de continuidad por el exterior, su costo se eleva considerablemente. Además, la fabricación de columnas de cuatro placas es compleja, debido a su tendencia a torcerse por las soldaduras longitudinales y por la dificultad de soldar los diafragmas.

Otras columnas, como las tipo W, tienen ventajas sobre las columnas de cuatro placas, ya que al no poseer soldadura en sus piezas, son de rápido montaje y no requieren de tanta supervisión. Sin embargo, se hace necesaria la revisión de varios estados límites, particularmente por fallas asociadas a pandeos.

Una alternativa que se ha ido haciendo popular en el último tiempo, son las columnas de sección armada cruciforme, tipo IC, compuesta de dos columnas tipo W, las cuales tienen las ventajas de tener alta resistencia al pandeo por su simetría.

Además, se hace fácil instalar sobre ellas placas de continuidad y no requieren de mucho trabajo en el taller.

Dentro de este punto es importante considerar los tipos de conexiones a utilizar, ya que influyen significativamente en los costos de la obra.

Figura 4: Columna tipo IC



7. Siempre que sea posible, utilizar riostras o algún otro medio para resistir las cargas horizontales

Quienes diseñan mayoritariamente estructuras de concreto armado, tienden a pensar que al utilizar acero, todas las conexiones tienen que ser del tipo rígidas, al igual que en concreto. Sin embargo, estos materiales son muy distintos y se debe aprovechar lo mejor de cada uno, al incorporar riostras en el diseño, éste se hace mucho más sencillo, disminuye su peso y pueden lograrse ahorros monetarios de hasta un 50%.

Figura 5: Estructura mediante arriostramientos



8. Diseñar las piezas de acuerdo a las dimensiones de los materiales existentes en el mercado, con el fin de evitar desperdicios innecesarios

Al diseñar suele no tomarse en cuenta que las placas a utilizar sean múltiplos del ancho y/o largo de las placas comerciales, lo que ocasiona gastos innecesarios, que se estima pueden llegar a ser hasta un 20% del total de la materia prima a utilizar.

Transporte

9. **Diseñar estructuras cuyas piezas no generen problemas asociados a tamaño y peso, a menos que esto genere ventajas que compensen el sobrepago de transporte.**

Para no pagar un costo adicional asociado a transporte, se debe considerar que las piezas no excedan las dimensiones del camión de transporte, las cuales son en México de 2,5 metros de ancho y de 12,2 metros de largo, las cuales pueden sobresalir hasta 30 cm y 150 cm respectivamente sin pagar un costo adicional. Sin embargo, es posible transportar piezas de hasta 20 metros de largo, para lo cual se debe hacer el análisis si es más barato pagar una cuota extra por esto o separar ésta en piezas menores y realizar el ensamblado de éstas en la obra. En el caso de que las piezas necesiten de muñones es preferible acoplar estos una vez que llegue la carga, ya que así el transporte resulta más barato, pues se pueden apilar más piezas. Sin embargo, también se deben evaluar los pro y los contras del ensamblamiento en terreno, ya que resulta más caro que en taller y acarrea tiempo de trabajo adicional.

Figura 6: Carga de columnas con muñones incorporados



Montaje

10. **Resulta más económico realizar montajes con tornillos de alta precisión que con soldadura**

El montaje soldado parece estar desapareciendo, ya que con el advenimiento de los tornillos de alta resistencia, de buena calidad y bajos precios, los montajes atornillados están prevaleciendo en todo el mundo y cada vez se ven menos los montajes soldados. Al realizar un montaje soldado, éstos ocupan alrededor del 1% del peso total de la estructura. En cambio, al realizar los montajes con estructuras de tornillería esta cifra se eleva a un 1,5%. Sin embargo, el menor costo del montaje compensa con creces el mayor peso de las estructuras atornilladas.

Por otro lado, la correcta aplicación de montajes soldados, requiere de seguimiento en la precisión de los procesos y una estricta vigilancia, la cual es difícil de lograr en el

taller y mucho más aun en terreno. La ejecución de montajes soldados, requiere de mucho cuidado en la secuencia de aplicación de la soldadura y la fijación de los elementos, para así evitar que se produzcan deformaciones en la estructura, las cuales una vez que se presentan, son muy difíciles de corregir.

Sin embargo, para poder realizar los montajes mediante estructura de tornillería de forma óptima, es necesario contar con un taller capaz de trabajar con la exactitud necesaria para llevar a cabo el proyecto, ya que la falta de precisión en los agujeros, puede causar problemas de montaje gravísimos, a tal punto de que se haga imposible ensamblar las estructuras atornilladas.