

3. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO EN ACERO

3.1 Antecedentes

El fierro es el material formado por el hierro puro, mezclado con otros elementos para construir aleaciones, particularmente con carbono, manganeso y silicio, a fin de obtener un acero dulce con el que se elaboran diversos perfiles empleados en la construcción.

Se llama hierro dulce al obtenido mediante varias etapas de fabricación para eliminar impurezas, como sílice y manganeso en el periodo de baja fusión; en el periodo de afinamiento se eliminará parte del fósforo y del azufre, y en el de ebullición se suprimirá el carbono y el resto de los anteriormente citados. El producto obtenido se forja para eliminar la mayor parte de la escoria lo que da como resultado un material muy maleable.

El laminado en barras que se calientan y laminan en el número de procesos deseados aumentará su densidad, de modo que el producto final se obtendrá libre de impurezas y será fácil de trabajar y soldar. Las diversas cualidades de los aceros se determinan por la proporción en que intervengan dichos contenidos al fijar su resistencia, maleabilidad, soldadura, etc. Las impurezas que contenga el hierro alterarán sus cualidades y su comportamiento final y podrán ser perjudiciales, como el azufre y el fósforo, o benéficas como el manganeso, que aumenta su dureza y su resistencia, aunque pueda afectar otros aspectos como es el caso de su maleabilidad; así mismo, el silicio y el carbono confieren dureza a la fundición y este último también agrega tenacidad y temple.

Las secciones empleadas normalmente en construcciones metálicas pueden ser: planas (flejes y chapas) y perfiles laminados de acero al carbono, que quedarán designados por su forma y dimensiones expresadas en milímetros o pulgadas.

Los elementos estructurales pueden estar constituidos por perfiles simples o por secciones compuestas o combinadas.

El acero es uno de los materiales estructurales más versátiles, cuenta con una gran resistencia, poco peso y facilidad de fabricación entre otras ventajas, mismas que se explicarán más adelante.

El primer uso del metal en una estructura se dió en Shropshire, Inglaterra, en 1779. En ese lugar se construyó con hierro fundido el puente Coalbrookdale en forma de arco, de 100 pies de claro sobre el río Severn. Este puente fue un punto crítico en la historia de la ingeniería porque cambió el curso de la Revolución Industrial al introducir al hierro como material estructural.

El acero no se fabricó económicamente en los Estados Unidos hasta finales del siglo XIX. Las primeras vigas de patín ancho no fueron laminadas hasta 1908; desde ese momento, en aquel país y en el resto del mundo, el acero ha sido uno de los materiales más utilizados en la construcción de un gran número de diversas estructuras.

Entre las propiedades más importantes que destacan del acero, se encuentran:

- Elasticidad.- Propiedad de los cuerpos de volver a su forma original al cesar una fuerza deformante. Se considerarán perfectamente elásticos si no han rebasado su límite de elasticidad.
- Ductilidad.- Es la propiedad que tienen los materiales de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. Un material que no tenga esta propiedad probablemente será duro y frágil y se romperá al someterlo a un golpe repentino. En miembros sometidos a cargas normales se desarrollan altas concentraciones de esfuerzos en varios puntos.

La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente en esos puntos, evitando fallas prematuras. Al sobrecargar una estructura dúctil, sus grandes deflexiones ofrecen evidencia visible de la inminencia de la falla.

- Tenacidad.- Los aceros estructurales poseen resistencia y ductilidad. Al conjunto de estas acciones se le conoce como tenacidad. Un miembro de acero cargado hasta que se presentan grandes deformaciones será aún capaz de resistir grandes fuerzas. También se conoce a la tenacidad como la capacidad de un material para absorber energía en grandes cantidades.
- Alta resistencia.- La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras, gran ventaja en la construcción de grandes claros como es el caso de puentes o edificios altos.
- Uniformidad.- Las propiedades del acero no cambian apreciablemente en el tiempo como es el caso de las estructuras de concreto reforzado.

Los aceros estructurales modernos se pueden clasificar según la ASTM (American Society for Testing and Materials) en: aceros de propósitos generales (A36), aceros estructurales de carbono (A529), aceros de alta resistencia y baja aleación (A572), aceros estructurales de alta resistencia, baja aleación y resistentes a la corrosión atmosférica (A242 y A588) y aceros templados y revenidos (A514 y A852). En la tabla 3-1 se puede observar un comparativo de las propiedades de estos aceros estructurales.

A continuación se muestra la **Tabla 3-1**¹ donde se observan las diferentes propiedades de estos aceros estructurales:

Tabla 3-1

Designación de la ASTM	Tipo de Acero	Formas	Usos Recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia F_y , en ksi	Resistencia mínima especificada a la tensión F_u , en ksi
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Edificios, puentes y otras estructuras atornilladas o soldadas	36, pero 32 si su espesor es mayor de 8 pulg	58 - 80
A529	Al carbono	Perfiles y placas hasta de 1/2 pulg	Similar al A36	42 - 50	60 - 100
A572	Columbio-vanadio de alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta de 6 pulg.	Construcción soldada o atornillada. No para puentes soldados con F_y grado 55 o mayor	42 - 65	60 - 80
A242	De alta resistencia baja aleación y resistente a la corrosión	Perfiles, placas y barras hasta de 5 pulg.	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas; técnica de soldado muy importante	42 - 50	63 - 70
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Placas y barras hasta de 4 pulg.	Construcción atornillada	42 - 50	63 - 70
A852	Aleación templada y revenida	Placas y barras hasta de 4 pulg.	Construcción soldada o atornillada, principalmente para puentes y edificios soldados. Proceso de soldadura de importancia fundamental	70	90 - 110
A514	Baja aleación templada y revenida	Placas solo de 2.5 a 6 pulg.	Estructura soldada con gran atención a la técnica; no se recomienda si la ductilidad es importante	90 - 100	100 - 130

Propiedades de los aceros estructurales

La mayor parte de las estructuras de acero que existen actualmente, fueron diseñadas utilizando métodos elásticos. En este método, el proyectista estima las cargas de trabajo o servicio, es decir, las cargas que la estructura tiene que soportar, y diseña los miembros

¹ Tipos de acero, Smith, J.C. Structural Steel Design: LRFD Fundamentals y McCormac. Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD.

estructurales con base en ciertos esfuerzos permisibles. Estos usualmente son cierta fracción del esfuerzo mínimo de fluencia especificado para el acero.

El término diseño elástico se usa comúnmente para describir el método mencionado anteriormente, aunque los términos “diseño por esfuerzos permisibles” o “diseño por esfuerzos de trabajo” son más apropiados. Muchas de las especificaciones para este método se basan en el comportamiento elástico.

En el método de resistencia última, las cargas de trabajo se estiman y se multiplican por ciertos factores de carga y se comparan con la capacidad resistente de los elementos.

En este trabajo, los problemas presentados se solucionarán utilizando el método de diseño llamado “Diseño por Factores de Carga y Resistencia” de sus siglas en ingles “Load and Resistance Factor Design” (LRFD).

El diseño por el método LRFD se basa en los conceptos de estados límite, mismo que describe una condición en la que una estructura, o alguna parte de ella, deja de cumplir su función. Este estado límite se puede subcatalogar en dos tipos: los de resistencia y los de servicio.

El primero se basa en la seguridad o capacidad de carga de las estructuras e incluye las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga, de volteo, etc. Mientras que los estados límite de servicio se refieren al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio, mismas que tienen que ver con el uso y la ocupación como deflexiones excesivas, deslizamientos, vibraciones y agrietamientos.

En el método LRFD las cargas de servicio (Q) son multiplicadas por los llamados factores de carga o de seguridad (λ_1). Con esto se obtienen las cargas factorizadas, mismas que serán utilizadas para el diseño de la estructura. Esta estructura deberá tener un diseño lo

suficientemente fuerte que permita resistir estas cargas factorizadas. Esta resistencia se considera igual a la resistencia teórica o nominal (R_n) del miembro estructural, multiplicada por un factor de resistencia (ϕ) que es normalmente menor a la unidad. Con esto se busca tomar en cuenta las incertidumbres relativas a resistencias de los materiales, dimensiones y mano de obra. En resumen puede decirse que para este tipo de diseño:

$$(\lambda_1)(Q) \leq (\phi)(R_n)$$

(Suma de los productos de los efectos de las cargas)(factor de carga) \leq (factor resistencia)(resistencia nominal)

A continuación se muestra en la **Tabla 3-2**², los diferentes factores de resistencia especificados para el método LRFD. Estos valores están basados en investigaciones realizadas en la Universidad Washintong en San Luis, Missouri.

² McCormac. Diseño de Estructuras de Acero Método LRFD.

Factores de resistencia característicos para LRFD

Factores de resistencia	Tipo de situación a utilizar factor de resistencia
1	Aplastamiento en áreas proyectantes de pasadores, fluencia del alma bajo cargas concentradas, cortante en tornillos en juntas tipo fricción.
0.9	Vigas sometidas a flexión y corte, filetes de soldaduras con esfuerzos paralelos al eje de la soldadura, soldaduras de ranura en el metal base, fluencia de la sección total de miembros a tensión.
0.85	Columnas, aplastamiento del alma, distancia al borde y capacidad de aplastamiento en agujeros.
0.8	Cortante en el área efectiva de soldadura de ranura con penetración completa, tensión normal al área efectiva de soldaduras de ranura con penetración parcial.
0.75	Tornillos a tensión, soldaduras de tapón o muesca, fractura en la sección neta de miembros a tensión.
0.65	Aplastamiento en tornillos que no sean tipo A307
0.6	Aplastamiento en cimentaciones de concreto

Tabla 3-2