EJECUCIÓN DE EDIFICIOS EN ACERO ESTRUCTURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLÍN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "LFE" GÓMEZ

CARLOS ARTURO VÉLEZ T.
ARQUITECTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN
MEDELLÍN
2.004

I
624.18 F1
V35

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "LEÉ" GOMEZ

TABLA DE CONTENIDO

488627

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 2

CAPITULO 1

1. ESTRUCTURAS METÁLICAS

1. Conceptos generales
1.1 Aporticada 4
1.2 Cáscara 4
1.3 Colgante 5

2. SISTEMAS DE EDIFICIOS METÁLICOS 5

2.1 Ventajas
2.1.1 Arquitectónicas 7
2.1.2 Constructivas 7
2.1.3 Estructurales 8
2.1.4 Ambientales 8
2.1.5 Costo 8
2.1.6 Vida del edificio 9
2.2 Desventajas 9

3. TIPOS DE ESTRUCTURAS

3.1 Isóstatica 10
3.2 Hiperestática 10
3.3 Viga continua 10
3.4 Pórticos 11

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA 11

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "LEF" GÓMEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "LEE" GOMEZ

CAPITULO 2

5. ELEMENTOS DE COMPOSICIÓN

5.1	Cimentación – anclaje	13
5.1.1	Tipos de anclaje	14
5.2	Columnas – Elementos a compresión	19
5.2.1	Tipos de columnas	19
5.3	Pisos – Elementos a flexión	26
5.4	Sistemas de protección	38
5.4.1	Corrosión	38
5.4.2	Fuego	43
5.5	Cubiertas	51
5.6	Circulaciones verticales	52

CAPITULO 3

6. ELEMENTOS DE CONSTITUCIÓN

6.1	Acero	54
6.2	Acero estructural	55
6.2.1	Acero carbono	57
6.2.2	Acero bajo en carbono	58
6.2.3	Acero rebajado en carbono	58
6.2.4	Acero medio en carbono	58
6.2.5	Acero alto en carbono y baja aleación	59
6.2.6	Acero aleado	60
6.2.7	Aceros especiales	61
6.3	Perfiles, láminas, pletinas y alambre	63

CAPITULO 4

7. CONEXIONES

7.1	Columna – columna	70
7.2	Columna – viga	72
7.3	Viga – viga	70
7.4	Viga profunda – viga	76
7.5	Viga – viga para cortante	76

8. UNIONES

8.1 Uniones desarmables
8.1.1 Remachada 79
8.1.2 Atornillada 80
8.1.3 Instalación tornillos 84
8.2 Uniones no desarmables 89
8.2.1 Soldada 89
8.2.2 Métodos de soldadura 90
8.2.3 Tipos de soldadura 91
8.2.4 Juntas de soldadura 93
8.2.5 Formas de la soldadura 96
8.2.6 Posiciones para soldar 97
8.2.7 Símbolos en la soldadura 100
8.2.8 Métodos de inspección 101

CAPITULO 5

9. PROCESO CONSTRUCTIVO

9.1 Definición 106
9.2 Cálculo del peso 107
9.3 Planos y especificaciones 109
9.4 Almacenamiento 110
9.5 Inspección, transporte y despacho 111
9.6 Diseño de ejecución 113
9.7 Controles 116
9.8 Instalaciones provisionales 116
9.9 Cimentación-anclaje 119
9.10 Izaje 125
9.10.1 Tolerancias 126
9.10.2 Equipo de izaje 128
9.10.3 Recurso humano 133
9.10.4 Amarres temporales 133
9.10.5 Ensamble definitivo 134
9.10.6 Muros cortina 135

CAPITULO 6

10. CONTROLES 137

10.1 Almacén 139
10.1.1 Recepción 139
10.1.2 Almacenamiento 140
10.1.3 Salida 140
10.2 Cimentación 141
10.3 Izaje 142
10.4 Ensambles 143
10.5 Acabados 149
10.6 Mano de obra 153

CAPITULO 7

NORMATIVIDAD 154

BIBLIOGRAFIA

ABSTRACT

This work has been done as a compiling and a resume about the constructive system of buildings raised in metal structure. It concerns composition and constitutional elements, connections and joints, erecting and assembling, controls and norms, matters that have to be known before and during construction.
It intends to be a brief answer to students, that are in any way involved in Construction in order to create a consciousness that metal buildings belong to the most important systems that we have to deal and work with in the near future and to set up a module of knowledge in the matter Techniques of Execution II, in the Construction School.

ABSTRACTO

Este trabajo ha sido realizado como un resumen del sistema de edificios construidos en estructura metálica. En el se tratan los elementos de composición y constitución del sistema, uniones y conexiones, izaje y ensamble, controles y normas, temas que deben ser conocidos antes y durante la construcción.
Pretende ser una respuesta corta para estudiantes, que de una ú otra manera están involucrados en la construcción, con el fin de implementar un módulo del conocimiento sobre esta tecnología en el curso de Técnicas de Ejecución II en la Escuela de Construcción y con ello empezar a crear conciencia alrededor de los edificios de metal, como uno de los más importantes sistemas con el cual tendremos que trabajar en el futuro.

CAPÍTULO 1

ESTRUCTURAS METÁLICAS

2-12

INTRODUCCIÓN

Las estructuras metálicas de alguna significación se empezaron a desarrollar a finales del siglo XVII, siendo la primera gran obra de importancia el puente Severn en Coalbrookdale, Inglaterra, concluido en 1.779.
De aquella época a nuestros días han pasado un poco mas de 200 años, en los cuales las edificaciones metálicas se han desarrollado ampliamente, en obras como puentes, casas, edificios comerciales, hospitales, fábricas y rascacielos, contribuyendo todos ellos a cambios sustanciales en la Arquitectura y en los métodos y técnicas de construcción.

La famosa Escuela de Chicago de finales del siglo XIX y principios del Siglo XX y maestros de la Arquitectura de esa época como Sullivan y Le Corbusier, diseñaron grandes obras en estructura metálica en un proceso de desarrollo de una tecnología que tuvo su máxima expresión en los grandes rascacielos metálicos de principios del siglo XX, tales como el Rockefeller Center (NY-1.931), Chicago Tribune (1.922), Empire State (NY-1.920), que culminaron en las grandes estructuras metálicas de finales del siglo como las Torres Gemelas y el World Trade Center de Nueva York, el Chicago Sears Building y muchos más construidos en Estados Unidos y en otros países.

Los ejemplos en nuestra nación no son muy representativos ni tampoco en mucha cantidad como consecuencia del poco desarrollo de la industria siderúrgica colombiana y aunque en el país hay una muestra representativa de puentes de variados diseños no ocurre lo mismo con los edificios de estructura

metálica que solo a partir de la apertura económica de uno de los gobiernos recientes dio paso a la importación de perfiles para la ejecución de estructuras de baja y mediana altura, de las cuales hay ya algunos ejemplos para citar pero que no constituyen una muestra muy representativa pues muchas de esas obras se circunscriben solo al campo de las cubiertas metálicas de escenarios deportivos y apenas unos pocos a edificios de estructura metálica.
Los muchos ejemplos de otros países y los pocos de la industria nacional son suficiente demostración de las posibilidades de un sistema y una tecnología que ha estado en práctica por más de dos siglos y que hoy siguen adelante dando respuesta a edificios de todo tipo en el mundo.

Es predecible que con la importación de elementos, los Arquitectos y Diseñadores enfocarán más cada vez sus proyectos hacia este sistema y la industria siderúrgica nacional buscará instrumentos de desarrollo para satisfacer un mercado naciente.

1. ESTRUCTURAS METÁLICAS

CONCEPTOS GENERALES

Las estructuras metálicas de cualquier tipo de edificio se consideran de tres clases:

1.1 APORTICADA

Es un conjunto de elementos, columnas y vigas, que trabajan a tensión y compresión para cargas verticales, complementados con un conjunto de elementos, vigas, que trabajan a cargas axiales y deflexiones; conectados por medio de uniones rígidas ó mecánicas para darle estabilidad.

Estas son las estructuras para los edificios que normalmente se construyen, de uno ó varios pisos y para muchos de los puentes, que por lo general son aporticados.

1.2 CÁSCARA

Es un sistema en el cual la cáscara ó concha además de servir de cubierta del espacio, los elementos que la componen sirven para el transporte de cargas, casi siempre en lo que se llaman esfuerzos a compresión, que se convierten y producen un "mar de tensiones".

Se encuentran en los edificios públicos que se destinan para la práctica de los deportes, tales como coliseos, domos, velódromos y estadios cubiertos ó semi cubiertos.

1.3 COLGANTE

Es un sistema de estructura compuesto primordialmente por cables que constituyen el elemento principal de soporte a través de una línea catenaria, de donde se cuelgan los soportes secundarios que también son cables.
Se encuentran en los puentes del tipo llamado "colgante" y algunos edificios que funcionan colgados de los pisos superiores.

2. SISTEMAS DE EDIFICIOS EN ESTRUCTURA METÁLICA

En realidad los edificios en estructura metálica son un sistema completo y la estructura es solo un sub sistema, construido en perfiles metálicos para diferente trabajo, que hacen parte del sistema, en forma de esqueleto, diseñado para resistir las cargas permanentes y temporales en los edificios que planean los Arquitectos.
Las cargas permanentes deben entenderse como las cargas muertas generadas por el peso propio del edificio y las cargas temporales como las cargas vivas y axiales, producidas por los muebles, personas, viento, agua, nieve, sismo y temperatura.

Dentro del concepto anterior la estructura metálica debe tener resistencia suficiente para atender todas las cargas, así como un efectivo sistema de amarre y arriostramiento que permita un trabajo eficaz en la vida del edificio.

Durante 100 años las estructuras metálicas fueron diseñadas bajo el concepto de "tensiones de trabajo", enfoque que en los últimos 30 años ha sido variado por los especialistas en el diseño estructural hacia una nueva técnica y

método, que denominan como **"estado límite"**, el cual puede interpretarse como el cálculo ó diseño **"a rotura"**.

Geerard Haaijer y D. J. Kennedy tratadistas y diseñadores de edificios en estructura metálica consideran que el "**estado limite**" abarca la resistencia última, la resistencia de diseño, el diseño de cargas, diseño plástico, diseño límite y el reciente (LRFD) diseño de resistencia y cargas.

El **"estado límite"** usado en el cálculo de hoy se refiere a aquellas condiciones de una estructura que cesa de cumplir las funciones para las cuales ha sido diseñada ó lo que es lo mismo, cuando se rompe.
Este estado se divide en dos categorías: **resistencia y servicio**. Entendiendo la **resistencia** como seguridad, que es el proveer la estructura de capacidad máxima de trabajo, ductibilidad, fatiga, fractura, torsión y deslizamiento y entendiendo como **servicio** aquella que concierne con la ocupación del mismo, como deflexiones, vibración, deformaciones permanentes y rotura.
Desde el punto de vista estructural, este es el edificio en estructura metálica de hoy.

2.1 VENTAJAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Como todo sistema, el de estructura metálica tiene ventajas y desventajas, así:

2.1.1 VENTAJAS ARQUITECTÓNICAS EN EL DISEÑO

La estructura metálica, ofrece por sus características de resistencia:

- Luces mayores entre apoyos

- Plantas más libres y con ello más libertad para diseñar
- Alturas mayores
- Menos carga muerta
- Alternativas de construcción liviana
- Oportunidad de producir edificios completamente modulados horizontal y verticalmente
- Nuevas formas y soluciones plásticas

2.1.2 VENTAJAS CONSTRUCTIVAS

- Posibilidad de construir en terrenos de poca capacidad de soporte
- Velocidad de construcción generada por la prefabricación mediana y pesada, que no pueden ser igualadas por otros sistemas
- Menor tiempo de construcción
- Tolerancias muy pequeñas
- Requiere poco espacio en patio de operaciones
- Desarrollo de mano de obra calificada
- Facilidades de construcción entre medianerías y en zonas de alta congestión
- Facilidades para reformar y ampliar, horizontal y verticalmente, inclusive para edificaciones que están en funcionamiento

2.1.3 VENTAJAS ESTRUCTURALES

- Desde el punto de vista sísmico ofrece la mejor respuesta a este tipo de cargas ocasionales
- Presenta una menor fisuración por el tráfico derivado del trabajo del "metal deck"
- El clima no afecta severamente las condiciones de montaje

2.1.4 VENTAJAS AMBIENTALES

- Construcción seca
- Bajo nivel de ruido y polvo
- Bajo nivel de escombros y desechos

2.1.5 VENTAJAS EN EL COSTO

- La rapidez en el montaje de la estructura y la mecanización hacen que la edificación se ejecute en mucho menos tiempo que una estructura de hormigón reforzado, por consiguiente, los costos financieros y los gastos generales se reducen
- La eliminación de la formaleta de contacto y la reducción sustancial de la formaleta de soporte rebajan los costos considerablemente
- Su poco peso en comparación con otros sistemas es una ventaja, dada la repercusión en la cimentación y en los trabajos de manipulación y transportes al interior de la obra

2.1.6 VENTAJAS EN LA VIDA DEL EDIFICIO

- Gran flexibilidad como consecuencia de un número limitado de soportes
- Excelente comportamiento en los casos de sismo por la capacidad de absorber y disipar energía
- Adaptabilidad a los cambios de uso y destinación y como consecuencia incremento en la vida útil del edificio
- Fácil desmantelamiento ó demolición

2.2 DESVENTAJAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

- Los ruidos en el edificio en funcionamiento se transmiten con facilidad de unos espacios a otros
- Necesidad de proteger el material cuando el edificio se encuentra en zonas de atmósfera agresiva, que puede provocar su corrosión
- Necesidad de protegerlo de su gran vulnerabilidad al fuego
- Necesidad de mano de obra especializada
- Uso de equipo pesado costoso para el izaje
- Control de calidad bastante riguroso
- Los perfiles son de importación y la industria nacional no los produce

3. TIPOS DE ESTRUCTURAS

Existen diferentes tipos de estructuras, así:

3.1 ESTRUCTURA ISOSTÁTICA

Este tipo de estructura es la que se puede resolver por las ecuaciones fundamentales de la estática, en la cual la sumatoria de fuerzas horizontales, verticales y de momento, es igual a 0.

Como ejemplos de ellas tenemos las estructuras de losas simplemente apoyadas, simplemente apoyadas con voladizo en uno ó en ambos costados.

3.2 ESTRUCTURA HIPERESTÁTICA

Este tipo de estructura está conformado por marcos de diferentes luces, con reacciones en ambos lados de los apoyos, en las cuales para resolverlas hay que considerar la compatibilidad de las deformaciones en los puntos de apoyo.

3.3 ESTRUCTURA DE VIGA CONTINUA

Consiste en el tipo de viga que pasa por varias columnas presentándose el encuentro de una columna con una viga continua, aspecto que condiciona todo el mecanismo de unión é incluso la columna, pues ésta debe permitir el paso de la viga y además continuar verticalmente.

Para resolverla, la suma de todos los momentos en los nudos debe ser igual a 0.

3.4 ESTRUCTURA DE PÓRTICOS CON NUDOS RÍGIDOS

Este tipo de estructura tiene un comportamiento mecánico similar al de las estructuras de hormigón, resolviendo satisfactoriamente las acciones horizontales. El nudo rígido permite el giro, es decir, las columnas y las vigas mantienen ángulos invariables después de la deformación.

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

Cuando se plantea el **criterio general** para escoger la estructura de un edificio, se consideran los siguientes factores que no difieren de los que se utilizarían para cualquier sistema estructural:

- Costo mínimo
- Peso mínimo
- Tiempo de construcción menor
- Mano de obra menor
- Costo de manufactura menor
- Disponibilidad en el mercado
- Recursos técnicos y tecnológicos disponibles
- Máxima rentabilidad para el Propietario

Estos criterios se analizan en el estudio de pre-factibilidad y no difieren de los procesos normales que se llevan en la toma de decisiones para cualquier otro tipo de edificación.

Analizados estos criterios y tomada la decisión, el diseño de la estructura metálica es exactamente igual al de un edificio en hormigón reforzado, donde secuencialmente se siguen los siguientes pasos:

1) **Planeamiento**. Consiste propiamente definir las funciones de la estructura en el proyecto, aspecto que compete al Arquitecto que es quién la propone.

2) **Configuración preliminar**. Definir los elementos que la componen tales como columnas, vigas, durmientes y anclajes, derivados del planeamiento preliminar.

3) **Definición de cargas**. Muertas, vivas, impacto, viento, nieve, sismo y temperatura.

4) **Análisis del modelo**. Consideración de las cargas y los pórticos para la obtención de fuerzas internas y de flexión.

5) **Escogencia y dimensionamiento** de los elementos.

6) **Evaluación**. Comparación de las fuerzas y cargas de servicio con el resultado de los pasos anteriores.

7) **Rediseño**. Repetición de los pasos anteriores para hacer una revaluación.

8) **Diseño final**. Determinar si se ha conseguido un diseño óptimo.

Todos los criterios mencionados se reúnen alrededor del sistema de cálculo que se definió anteriormente como **"estado límite"** ó de rotura.

CAPÍTULO 2

ELEMENTOS DE COMPOSICIÓN

13-53

5. ELEMENTOS DE COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

5.1 SISTEMA DE CIMENTACIÓN-ANCLAJE

La cimentación de un sistema de edificio en estructura metálica no difiere de la de un sistema de hormigón reforzado y las características de la misma dependen de la zona de influencia sísmica, de las condiciones físicas, químicas y mecánicas del terreno, de las cargas permanentes y temporales y del tipo de edificio, cobijado en su totalidad por la norma sismo resistente colombiana vigente que es la NSR-98.

Por el peso menor de la estructura, la cimentación de un edificio metálico siempre será más liviana en comparación con la de un edificio tradicional de hormigón y para las condiciones sísmicas de nuestro país, dependiendo de la zona de riesgo, habrá un sistema de vigas de amarre en los dos sentidos y un sistema de cimentación que sea acorde con las propiedades del terreno, que considere un transporte de cargas profundo ó superficial hasta el estrato de terreno con capacidad de soporte.
Se puede considerar que la cimentación de este tipo de edificios se resuelve igual a la de un edificio tradicional.

En cualquier tipo de cimentación adoptada para el sistema, determinado por las características del terreno, las del edificio y de la zona de influencia sísmica, está el **anclaje,** que es propiamente el enlace entre la sub estructura y la super estructura, el cual se conforma siempre con pletinas de acero y pernos empotrados en el hormigón de las zapatas ó vigas según sea el caso.

5.1.1 TIPOS DE ANCLAJE

Los anclajes se diferencian por el esfuerzo al que está sometido el soporte, por el tipo de superficie y el sistema de empotramiento, encontrando diferentes tipos, así:

- **Anclaje de soporte a compresión**

Este tipo de anclaje trabaja exclusivamente a compresión, aunque no son muy comunes. El soporte transmite un momento como consecuencia de la unión entre las vigas.

- **Anclaje de soporte a tracción**

Estos anclajes se utilizan cuando las estructuras trabajan a tracción eventual ó permanente. En el caso de los anclajes en fundaciones, la estabilidad está dada por la propia fundación.

- **Anclaje de soporte a flexión**

Son los más utilizados, ya que el soporte siempre presenta un momento flector que se atiende por medio de pernos que deben anular las tensiones de tracción originadas por dicho momento.

El anclaje, como se dijo antes es el elemento de unión entre la estructura inferior y la superior, está compuesto de **pletina** que trasmite la carga uniformemente repartida en toda su área a la fundación y por **pernos** que van asegurados a la pletina, anclados ó empotrados hacia abajo en el concreto.
Entre los dos, pletina y conjunto de pernos, permiten localizar y levantar las columnas de la estructura metálica.

Los pernos son fabricados de acero, tienen diferentes tipos de empotramiento y se colocan por medio de plantillas prefabricadas de madera para darles su posición definitiva entre el hormigón.

El primer elemento constitutivo del anclaje es la **pletina,** que hace un trabajo específico en la función de trasmitir las cargas.
Como las fuerzas permitidas en el acero estructural son mucho más altas que en el hormigón, las cargas concentradas en la base de la columna tienen que ser distribuidas a través de una pletina a la fundación para garantizar que las fuerzas permitidas en el hormigón no sean excedidas ó superadas. Se asume una presión uniformemente distribuida sobre toda la fundación y esto se logra con la pletina, que debe ser lo suficientemente gruesa para evitar el pandeo y deflexiones horizontales.

Existen diferentes tipos de pletinas, así:

1) **Pletina delgada.** Se usan cuando hay diferencias de nivel en el vaciado del hormigón, caso en el cual se usa colocar formaleta para fundir calzas ó ajustes entre 3 cm y 5 cm y luego rellenar el espacio con hormigón de alta resistencia y una vez que este halla fraguado se retira la formaleta, y el vacío dejado al retirarlas se completa de fundir con el mismo tipo de hormigón.

2) **Pletina gruesa**. Es la solución más económica, que requiere menos trabajo previo y manufactura a pesar de la gran cantidad de material que necesita. Si se presentan diferencias de nivel se calzan con hormigón igual que las pletinas delgadas.

Se adaptan y pueden trabajarse inclusive industrialmente para todo tipo de perfiles.

3) **Pletina con rigidizadores**. Se componen de una pletina delgada y rigidizadores laterales soldados a los costados para crear una ampliación de la columna.
   Requieren menos material y manufactura que los anteriores.
   Existe una segunda posibilidad cuando las columnas son circulares que consiste en que los rigidizadores se coloquen a los costados de la columna.

4) **Pletina con dovela**. Algunas veces hay que soldar en la parte inferior de la pletina una pieza de perfil en **I** a manera de dovela hacia abajo que sirve para atender fuerzas horizontales y su trabajo es a fricción.

El segundo elemento constitutivo del anclaje, es el **perno,** de los cuales existen diferentes tipos, definidos por las **formas** de empotramiento:

- **Perno figurado**. Es la forma más simple de empotramiento, usada para fuerzas de tensión en la cual los pernos tienen una figuración redonda que permite engancharlos en las barras de refuerzo de la parrilla de la fundación. Fig. 1a

- **Perno figurado empotrado en ángulo**. En este caso se adiciona a las barras de refuerzo de la fundación un conjunto de ángulos soldados a la misma en los cuales se enganchan los pernos previamente figurados.
  Se usa para cargas muy grandes. Fig. 1b

- **Perno de cabeza plana.** Usado como los anteriores pero reemplazando los perfiles en ángulo por pares de perfiles en canal, con topes soldados para evitar la rotación y movimiento de los pernos. Fig. 1c

- **Perno de paredes corrugadas**. Se pueden usar tuberías empotradas corrugadas ó ribeteadas de las que se usan en los conductos para sistemas de hormigón pre-esforzado.
  En este caso los pernos usados tienen cabeza grande, van colocados adentro de la tubería y deben ser fijados en la posición definitiva con un mortero de inyección ó "grout". Fig.1d

- **Anclaje directo**. Cuando las columnas trasmiten cargas muy pequeñas pueden empotrase directamente en el hormigón sin necesidad de pletinas ó anclajes en la armadura de la parrilla de la fundación. Fig. 1e

- **Anclaje con pletina.** Se atornilla una pletina en la parte inferior del anclaje en la parte más extrema que va en contacto con el hormigón, uniendo pares de pernos. Fig. 1f

- **Anclaje expuesto**. Cuando el anclaje es expuesto sobre la zapata habrá que tener precaución con el agua que no penetre por debajo de la pletina y no haga contacto con el acero de los anclajes. En este caso debe crearse una barrera impermeable con un sellador o encerrar la columna con un collar de acero soldado a la base. Fig. 1e

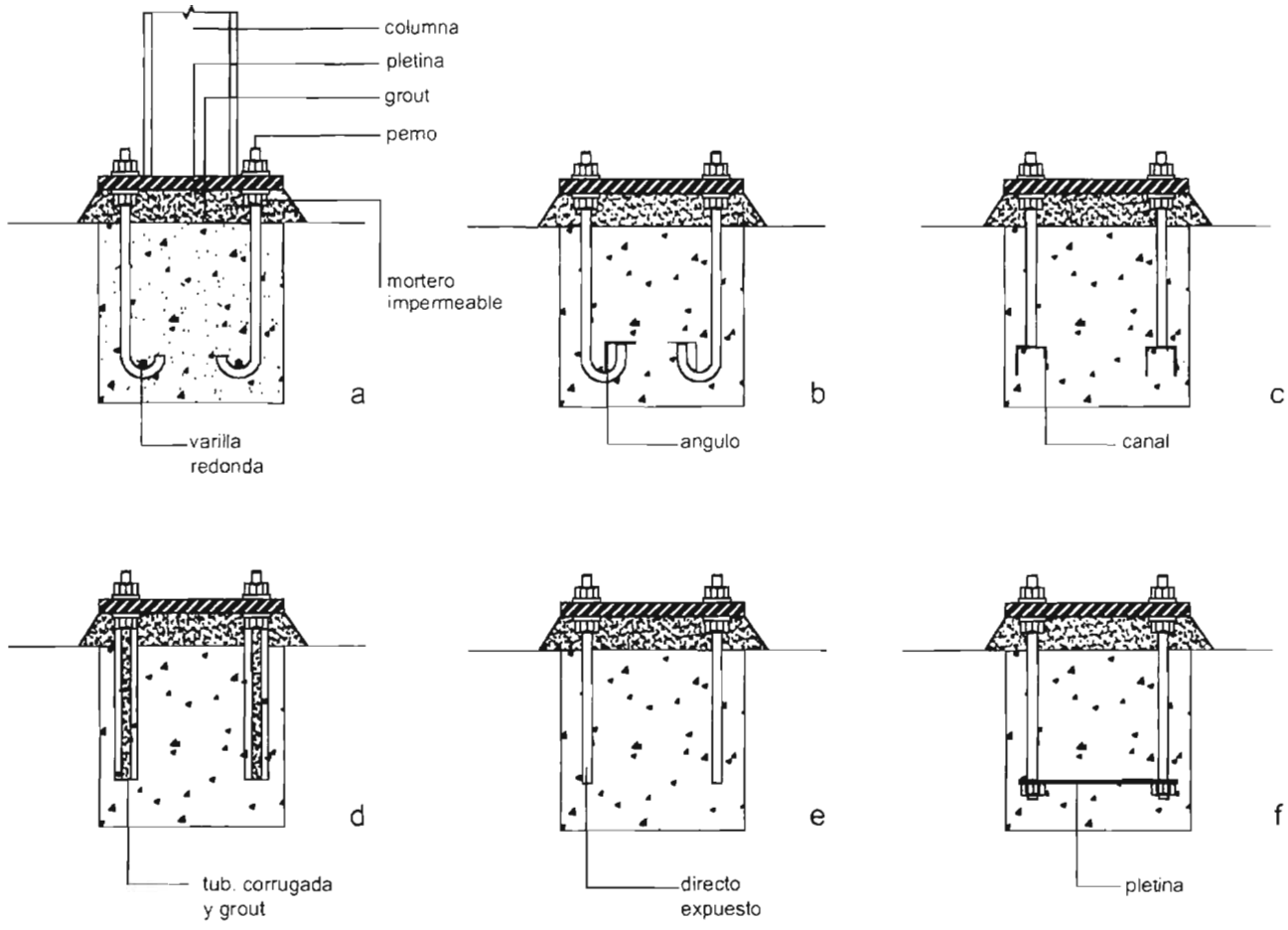

columna
pletina
grout
perno
mortero
impermeable
a
varilla
redonda
b
angulo
c
canal
d
tub. corrugada
y grout
e
directo
expuesto
f
pletina

Fig.1

5.2 SISTEMA DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN - COLUMNAS

Son las encargadas de recibir y transmitir las cargas de la estructura a los anclajes, que a su vez las trasmiten al sistema de cimentación.
Su trabajo en la estructura es compresión y un poco a flexión para absorber el pandeo vertical.

5.2.1 TIPOS DE COLUMNAS

Cuando se habla de tipos de columnas se considera un tipo de perfil ó varios tipos de perfiles que han sido unidos por un medio rígido para adoptar una forma geométrica específica que cumpla con las áreas de sección requeridas y con los trabajos de compresión, tracción, pandeo vertical y cizalladura.

- **Columnas simples**

Son aquellas que están formadas por un solo perfil simple en forma de **H,** en forma de I, ocasionalmente en forma de doble **T** y también en celosía. Fig. 2

- **Columnas compuestas**

Son aquellas que están formadas por dos ó más perfiles simples, donde la unión de los elementos se realiza con unión ó cordón continuo de soldadura. Fig. 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "LUIS E." GOMEZ

Fig. 2

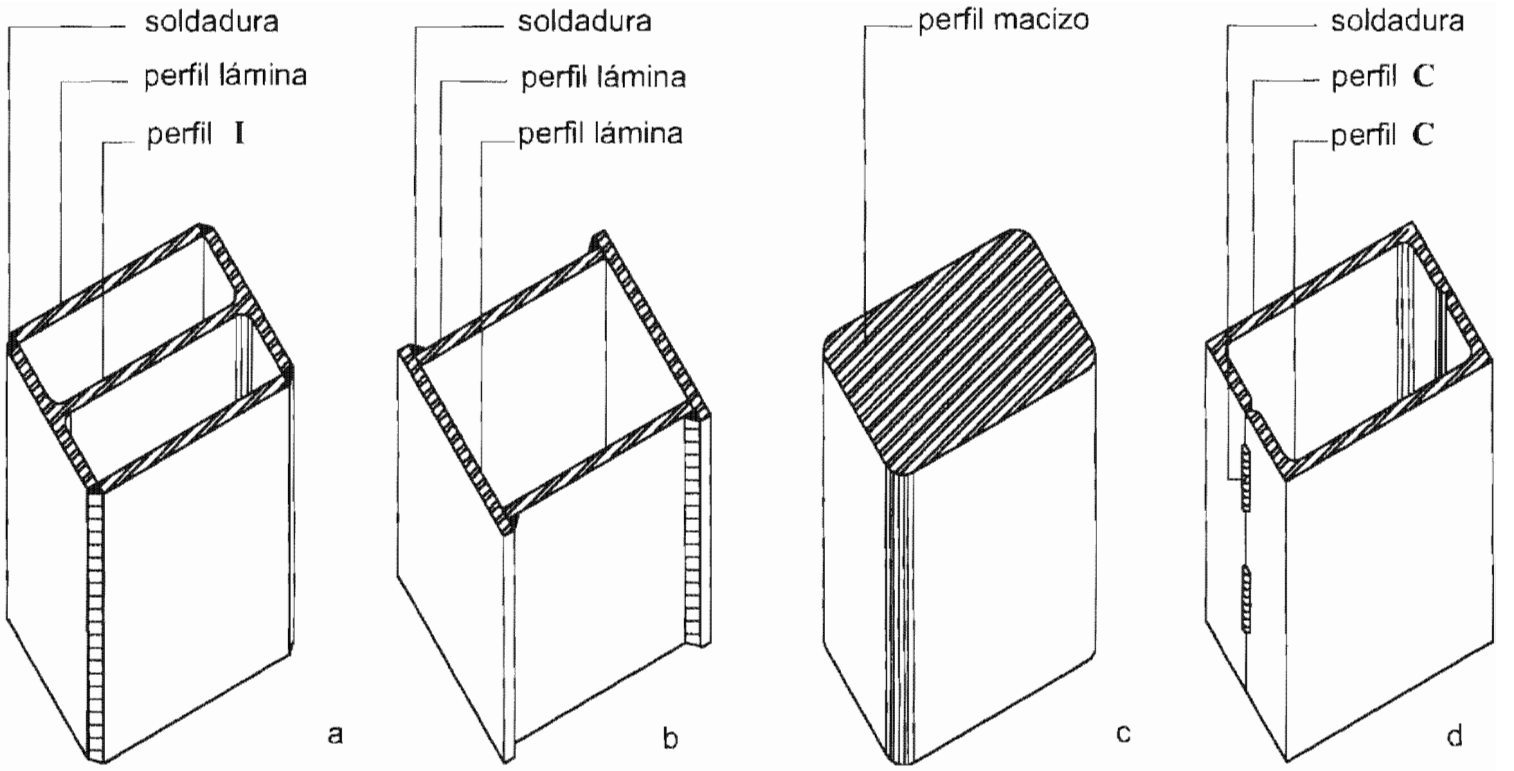

soldadura
perfil lámina
perfil I
a
soldadura
perfil lámina
perfil lámina
b
perfil macizo
c
soldadura
perfil C
perfil C
d

Fig.3

- **Columnas cruciformes**

Son aquellas que están formadas por perfiles en ángulo y chapas, unidos algunas veces por cordones continuos de soldadura ó por cordones discontinuos cuando se utilizan platinas como elemento de enlace. Fig. 4

- **Columnas tubulares**

Son aquellas que están formadas por perfiles tubulares de sección cuadrada ó circular, con ó sin costuras, con diferentes presentaciones de paredes delgadas ó gruesas. Fig. 5

- **Columnas macizas**

Son aquellas que están formadas por perfiles completamente macizos, por lo general cuadrados ó rectangulares, los que comúnmente se llaman de alma llena. Fig. 3c

- **Columnas armadas**

Son aquellas que están formadas con perfiles lámina y ángulos de diferentes dimensiones, unidas con soldadura. A estas pertenecen las armadas tipo celosía. Fig. 6

- **Columnas externas**

Son aquellas que utilizando diferentes tipos de perfil están ubicadas en la fachada de la edificación, que en oportunidades se utilizan para trasladar cargas a la cimentación y en otras hacen el trabajo del soporte de un muro cortina.

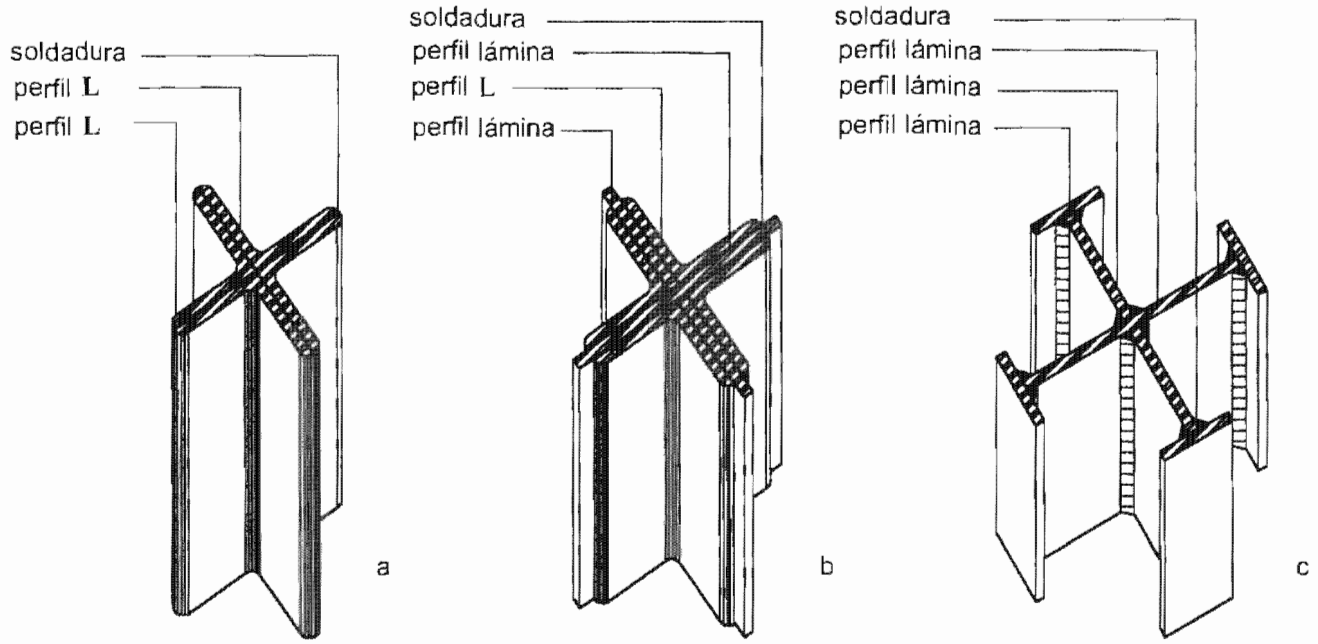

soldadura
perfil L
perfil L
a
soldadura
perfil lámina
perfil L
perfil lámina
b
soldadura
perfil lámina
perfil lámina
perfil lámina
c

Fig. 4

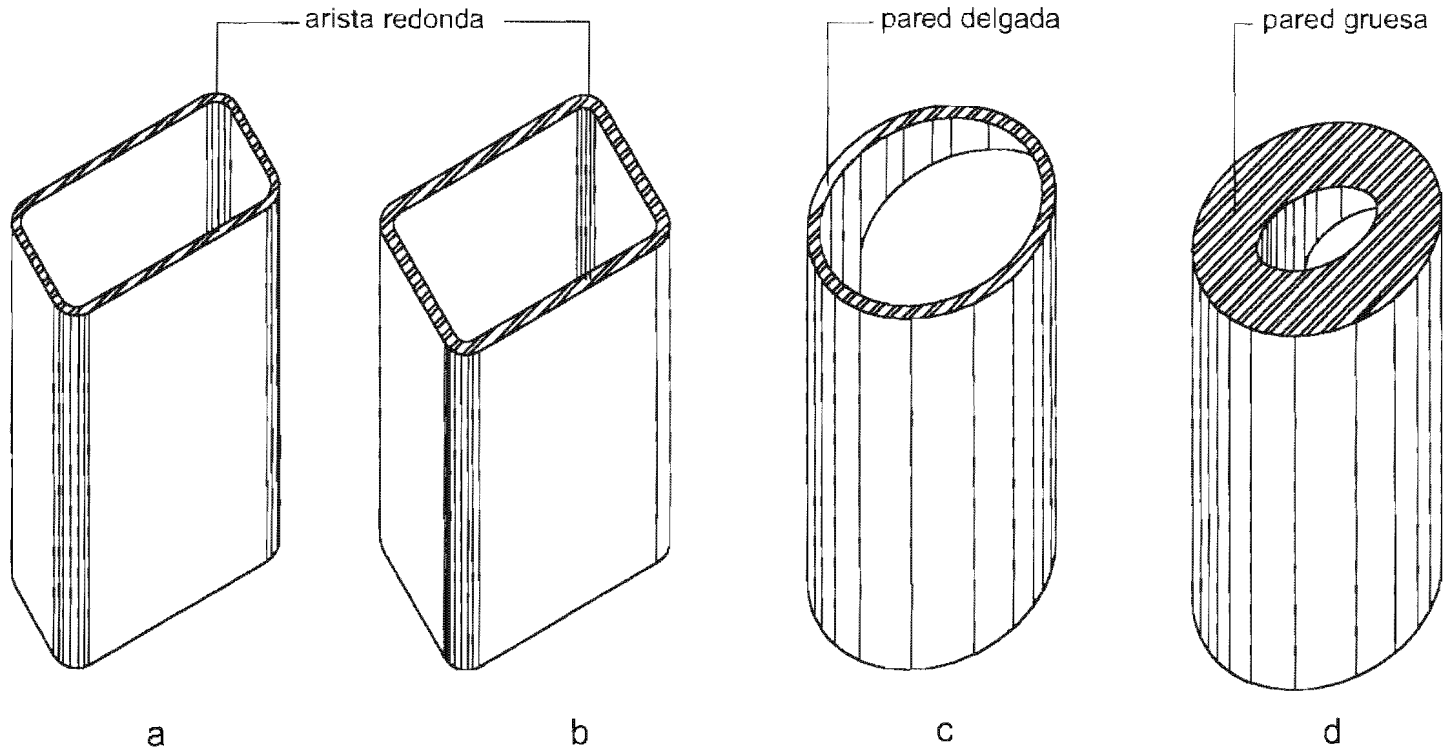


Fig. 5

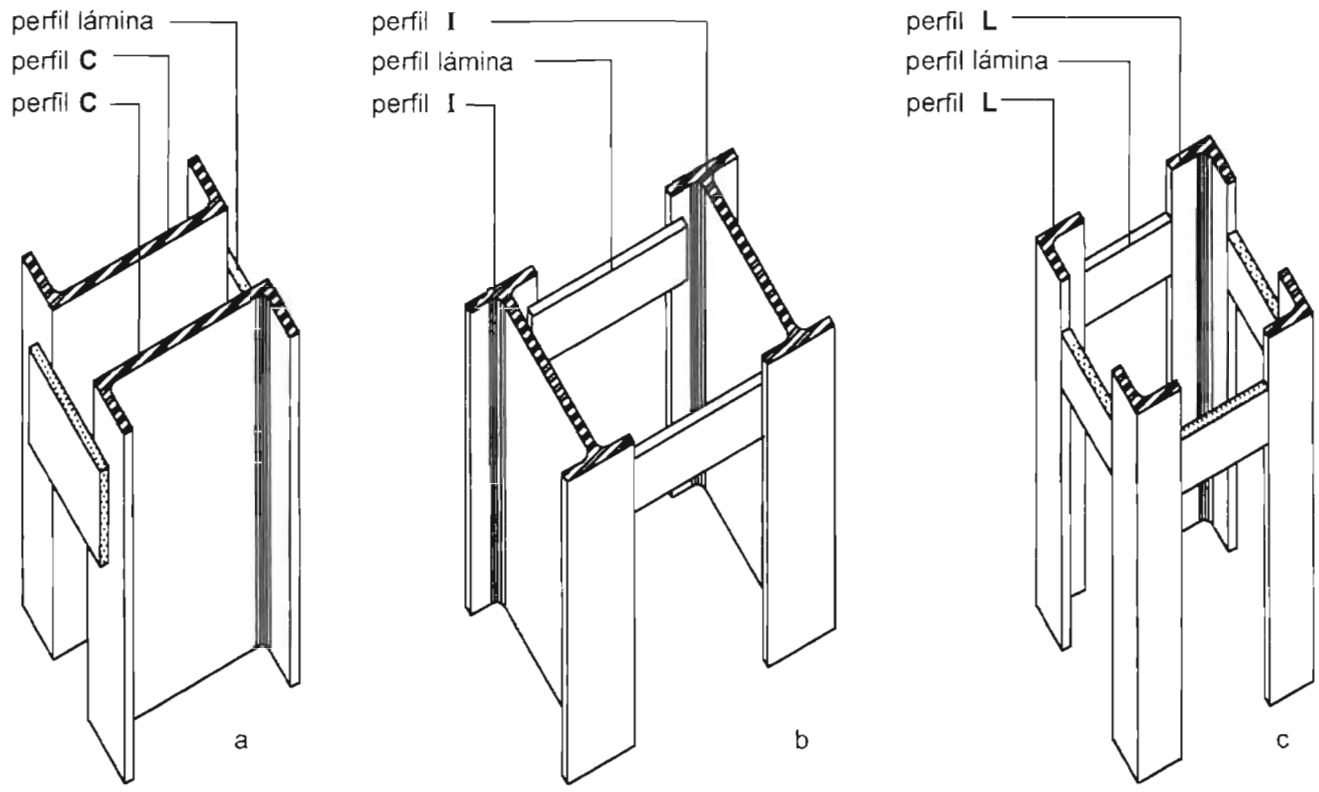

perfil lámina
perfil C
perfil C
a
perfil I
perfil lámina
perfil I
b
perfil L
perfil lámina
perfil L
c

Fig. 6

5.3 SISTEMA DE ELEMENTOS A FLEXIÓN - PISOS

Los pisos en edificios de estructura metálica, se consideran desde el inicio del planeamiento como principio básico en la economía del sistema y debe tenerse muy cuenta el concepto: **"mientras más corto sea el recorrido de las cargas para llegar a la fundación y mientras menos elementos estén involucrados en el transporte de las mismas, más económica será la estructura".** * F. Hart.

Un sistema de estructura metálica se caracteriza y se identifica primordialmente por una retícula rectangular y aún cuando pueden encontrarse ejemplos de otras geometrías, la sección rectangular ofrece alguna de las propiedades más importantes del sistema desde el punto de vista del funcionamiento y de la economía. Fig. 7

Los pisos en los edificios de estructura metálica son un sistema compuesto de losa de hormigón y la armadura de la misma, que es el conjunto de elementos metálicos, tales como celosías, vigas, perlines y durmientes, que trabajan para el traslado horizontal de las cargas.

Miradas desde el punto de vista del hormigón, que no es la clasificación más importante, hay tres tipos:

- Losas de hormigón reforzado fundido en sitio
- Losas prefabricadas en hormigón
- Losas en "metal deck" terminado en hormigón

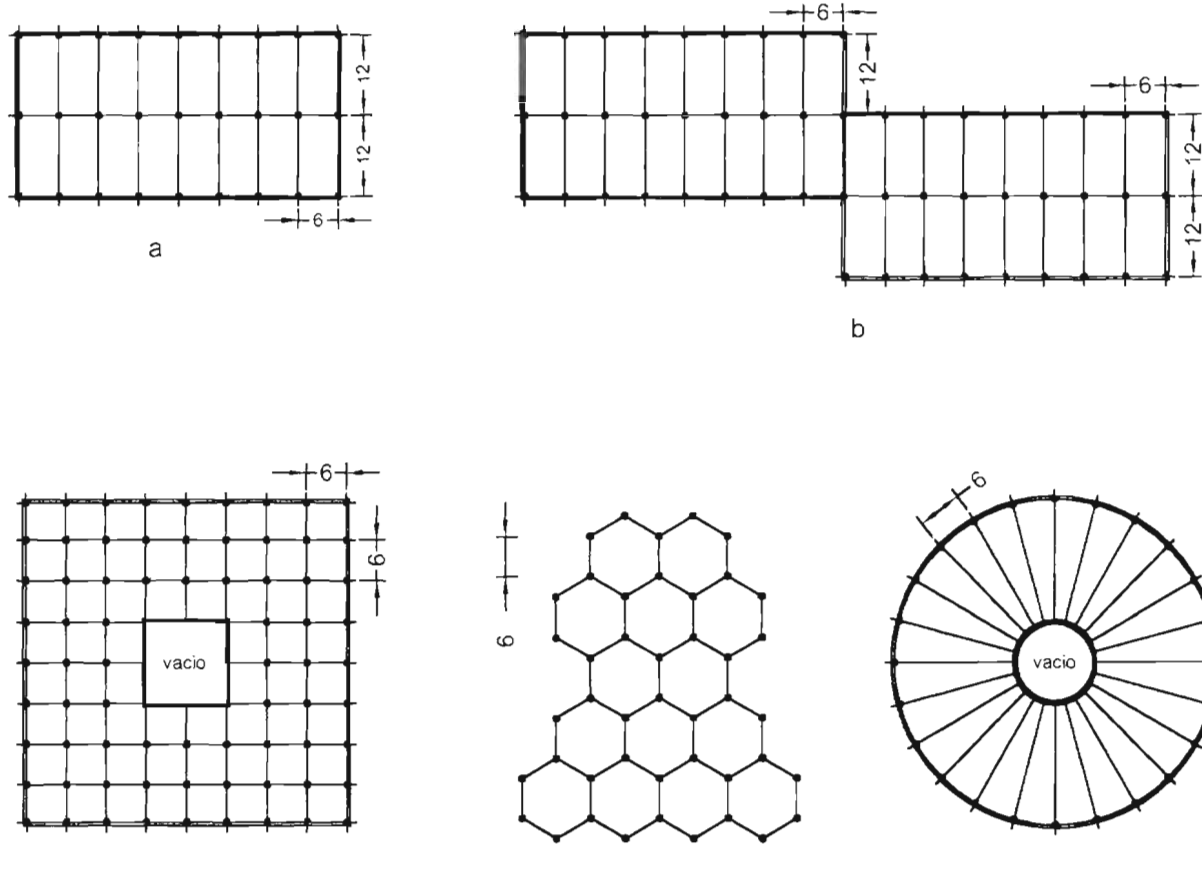


Fig. 7

Miradas desde el punto de vista de la trasmisión de las cargas, que es el más importante, existen los siguientes tipos:

- **LOSAS MACIZAS SIN VIGAS DE ACERO**

Son el tipo de losas ó placas, por lo general en hormigón, macizo ó aligerado, sin vigas de acero para el traslado de cargas, que son soportadas directamente por las columnas sin ninguna participación de vigas metálicas.
Sistema utilizado sólo en edificios de luces cortas, entre 6.00 m y 10.00 m y secciones entre 20 cm y 40 cm.
Van acabadas por encima y por debajo, no requieren cielo falso para alojar las instalaciones, la ductería eléctrica se empotra en la placa y los desagües van colgados en el taco de servicios. Fig. 8

Este sistema es muy utilizado cuando las placas se levantan posteriormente a su fundida sobre el nivel del primer piso **(lift slabs)**, fundidas una encima de otra, mediando entre las mismas un desmoldante para evitar que las caras inferior y superior de las placas se adhieran.
Las columnas son continuas y para conservar la continuidad se dejan las perforaciones para las mismas cuando se funden las placas y éstas se levantan con un equipo de izaje hidráulico que sea capaz de sujetarlas por encima, una por una, hasta colocarlas en la posición definitiva en la estructura.

Es el principio de funcionamiento del sistema "Cortina", desarrollado para edificios de baja altura por el ingeniero mejicano Pablo Cortina, con el cual ganó un premio mundial de construcción de vivienda masiva en un congreso en la

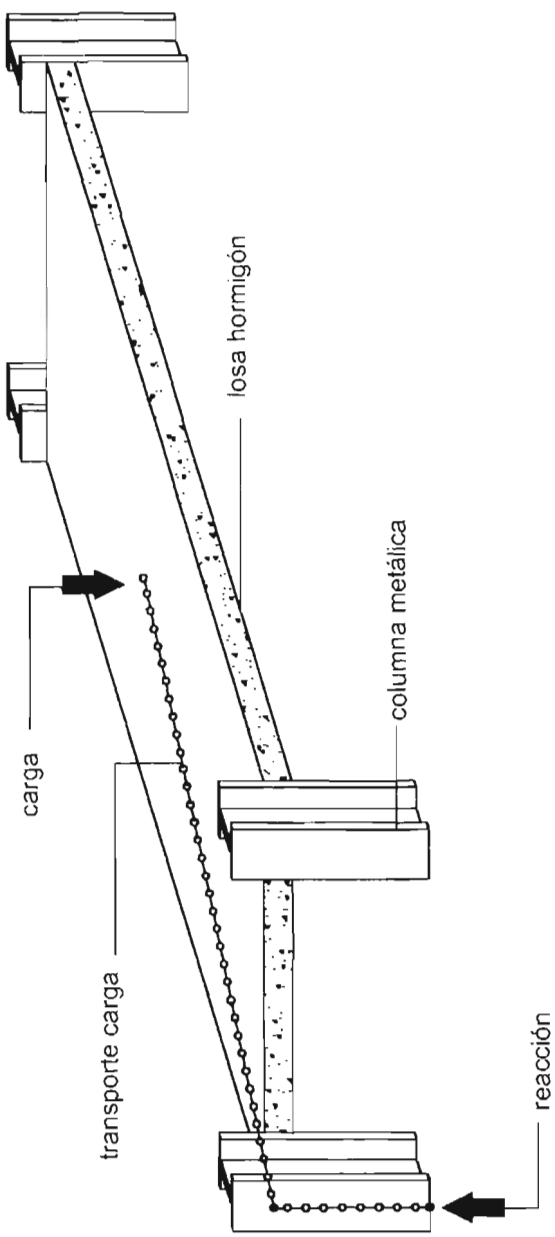

losa hormigón
columna metálica
carga
transporte carga
reacción

Fig. 8

India; aún cuando este sistema va mas allá, al involucrar entreverado en el vaciado superpuesto de las placas un porcentaje elevado de los muros exteriores é interiores.

- **LOSAS REFORZADAS CON VIGAS EN UNA DIRECCIÓN**

Sistema utilizado en edificios que tienen forma alargada, de luces pequeñas, con columnas externas únicamente, que por su característica de no tener apoyos internos ofrece gran flexibilidad en el diseño.

Las cargas se transportan de las placas a un sistema de vigas metálicas y de las vigas a las columnas que están siempre colocadas en el exterior ó fachada del edificio, conformando siempre una retícula rectangular.
En este sistema solo existen dos elementos de traslado horizontal de cargas, las losas y las vigas metálicas, que en este caso se consideran las vigas principales. Fig. 9

- **LOSAS REFORZADAS CON VIGAS EN DOS DIRECCIONES**

Sistema utilizado en edificios de luces largas y de vigas continuas donde las vigas del sistema de placa anterior pasan a ser secundarias y son recibidas con sus respectivas cargas por otro sistema de vigas en dirección contraria que se constituyen en las vigas primarias. Fig.10

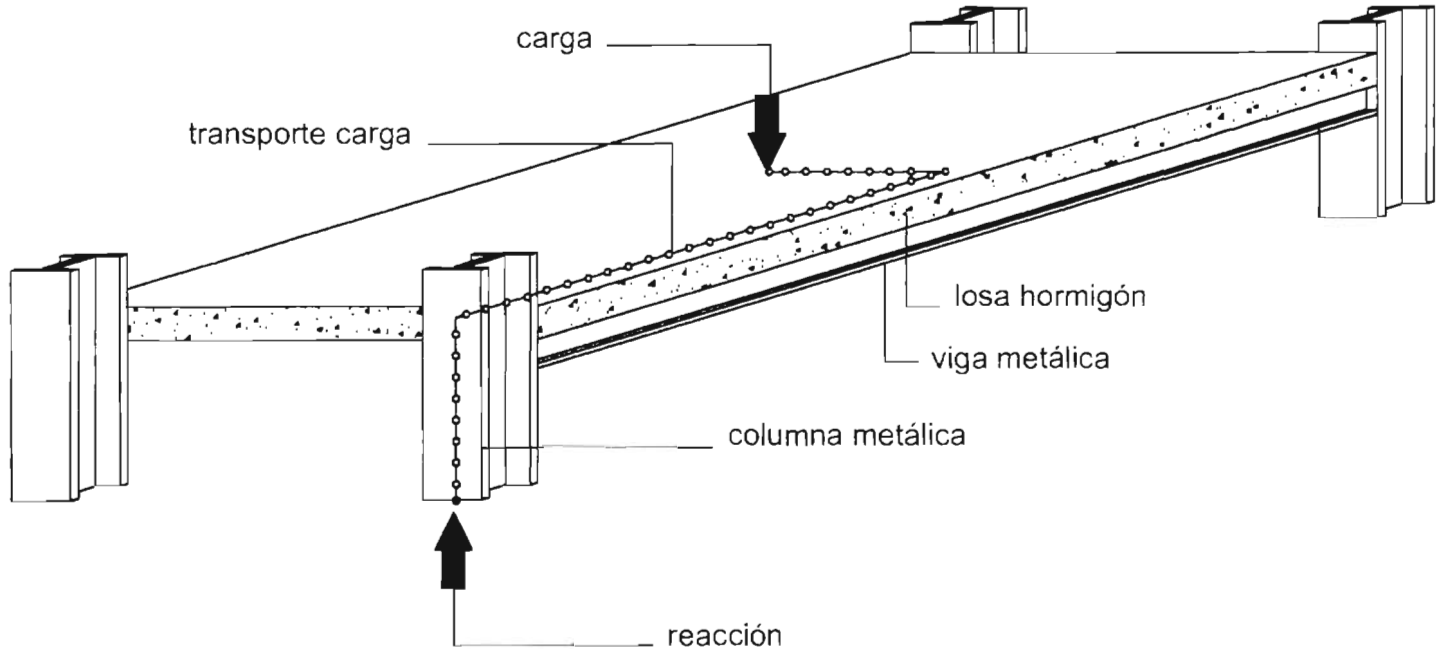

carga
transporte carga
losa hormigón
viga metálica
columna metálica
reacción

Fig. 9

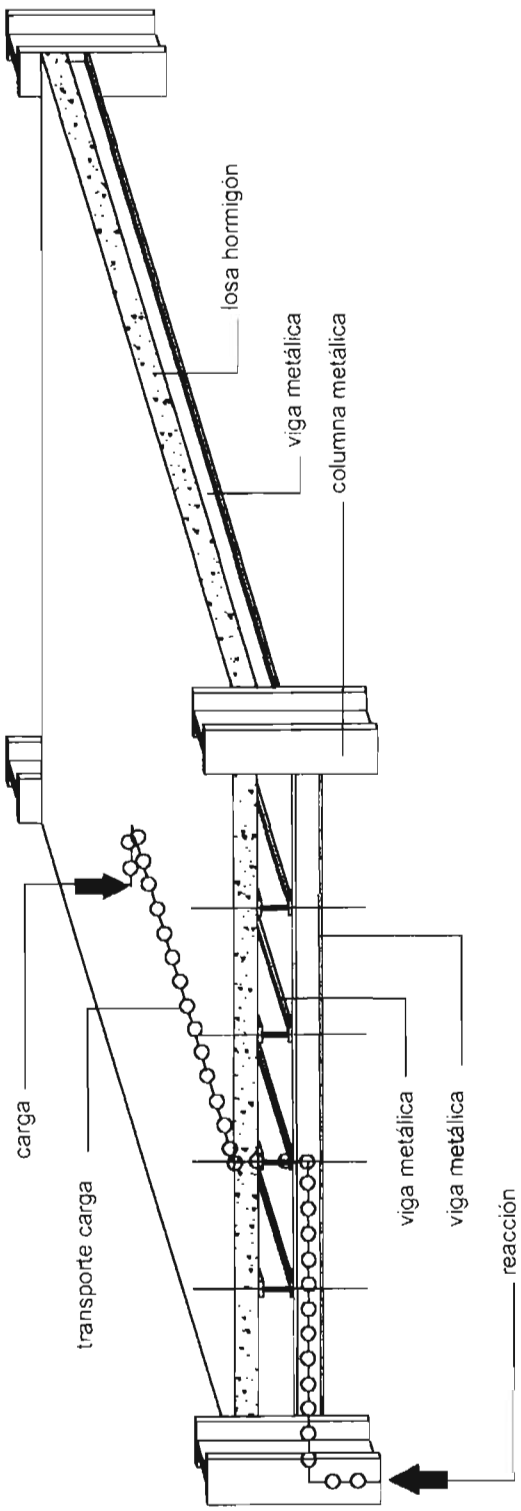

losa hormigón
viga metálica
columna metálica
carga
transporte carga
viga metálica
viga metálica
reacción

Fig. 10

- **LOSAS REFORZADAS CON VIGAS EN TRES DIRECCIONES**

Sistema utilizado en edificios de grandes luces, donde las vigas primarias del sistema de placa anterior son recibidas por otro sistema también en dirección contraria ó sea en dirección de las vigas secundarias para trasmitirlo a las columnas.

Estas vigas que se constituyen en las primarias de este sistema son por lo general vigas armadas del tipo celosía, que conforman una armadura horizontal dentro de la estructura metálica implementada para el transporte de grandes cargas. Fig. 11

- **LOSAS CON ASIENTO METÁLICO ("LÁMINA COLABORANTE")**

Aún cuando se dijo que este tipo de placas no está en la clasificación más importante, si son desde el punto de vista constructivo uno de los sistemas más difundidos en la ejecución de edificios en estructura metálica y por lo mismo se van a considerar ampliamente.

El **"metal deck",** llamado también como placas de **"steel deck", asiento metálico ó lámina colaborante** es el tipo de placas combinadas, de sección compuesta de hormigón y acero, utilizados comúnmente para edificios de estructura metálica.

Se pueden entender como losas compuestas, de un asiento metálico preformado, que hace las veces del refuerzo positivo de la placa y de formaleta

para el hormigón durante el armado y vaciado, que actúan de forma monolítica en la vida del edificio. Fig. 12

Las losas de asiento metálico tienen los siguientes elementos de constitución:

- **"Steel deck"**. Es el asiento metálico, que cumple dos funciones principales:

  a) Servir de formaleta de contacto que además cumple las funciones para sostener el peso propio, el del hormigón y el de las cargas vivas durante el proceso de construcción.

  b) Servir de refuerzo positivo de la losa, que forma con el hormigón un conjunto una vez que éste fragüe para sostener las cargas muertas y vivas de la edificación.

El asiento de acero es del tipo laminado en frío, galvanizado en caliente por el sistema de inmersión y tiene como base el rollo de lámina de 1.22 m de ancho, tiene diferentes calibres que van desde 0.72 mm hasta 1.50 mm y longitudes variables y máximas de 12.00 m.

Es muy importante que la lámina, llamada colaborante, sea grabada ó moldurada en alto relieve para mejorar la adherencia con el hormigón.

Se molduran básicamente para alturas de 5 cm y 7,5 cm y anchos de 64 cm y 93 cm.

- **Hormigón.** Debe tener una altura mínima de 5 cm por encima de la cresta de la lámina y la máxima depende de las luces entre columnas.
  Debe ser de una resistencia a la compresión mínima de 140 kg/cm^2; el agregado grueso debe ser de dimensiones que sirva para el poco espesor del recubrimiento para lo cual comúnmente se usa ¾" y ajustarse en un todo a la norma sismo resistente colombiana vigente, NSR-98, CC1322b, título F.

- **Refuerzo de repartición**. Consiste en malla electro soldada, colocada para absorber los esfuerzos de retracción del hormigón y esfuerzos de temperatura y aunque despreciable, también contribuye a mejorar las condiciones de carga de la losa.
  Debe ser de una resistencia mínima de 4.200 kg/cm^2.

- **Refuerzo negativo.** Cuando las losas son de vigas continuas, la malla electro soldada del acero de repartición no es suficiente y debe colocarse refuerzo negativo para los momentos que se generan en estos puntos de apoyo. Para este refuerzo se utilizan barras de la sección y resistencia según la cuantía especificada en los cálculos. Fig. 12
  Cuando hay voladizos, el asiento metálico debe considerarse solo para trabajar como formaleta y debe colocarse refuerzo negativo en la cuantía y posición para absorber el momento flector del voladizo.

- **Fijadores laterales**. Las láminas del "steel deck" deben traslapar y unirse, para lo cual se pueden usar uniones que van distanciadas a 90 cm, así: cordones de soldadura de 25mm de longitud, tornillo auto perforante ó remache del tipo "Pop" también a la misma distancia. Fig. 12

- **Conectores de cortante.** Son barras figuradas en escuadra, en **U**, ó tornillos de acero liso, que van soldados uniendo las vigas de soporte y el "steel deck" y hacen que viga, asiento metálico y hormigón, trabajen como una sola pieza, atendiendo los esfuerzos de cortante que producen un deslizamiento horizontal entre la lámina y el hormigón. Fig. 12

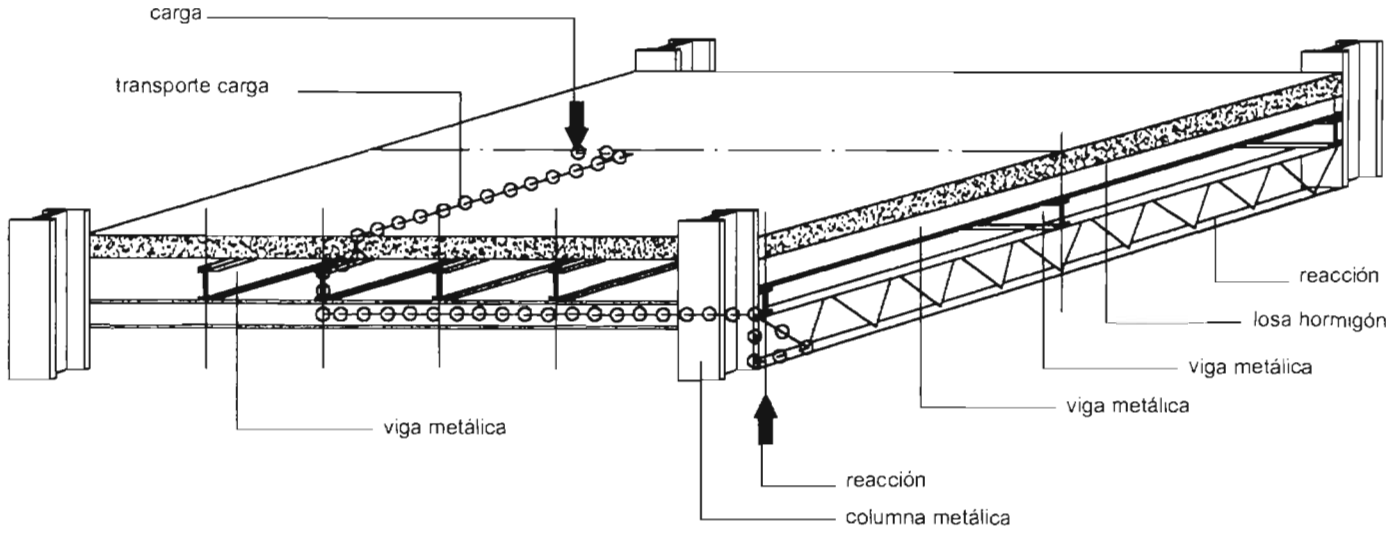

carga
transporte carga
reacción
losa hormigón
viga metálica
viga metálica
viga metálica
reacción
columna metálica

Fig. 11

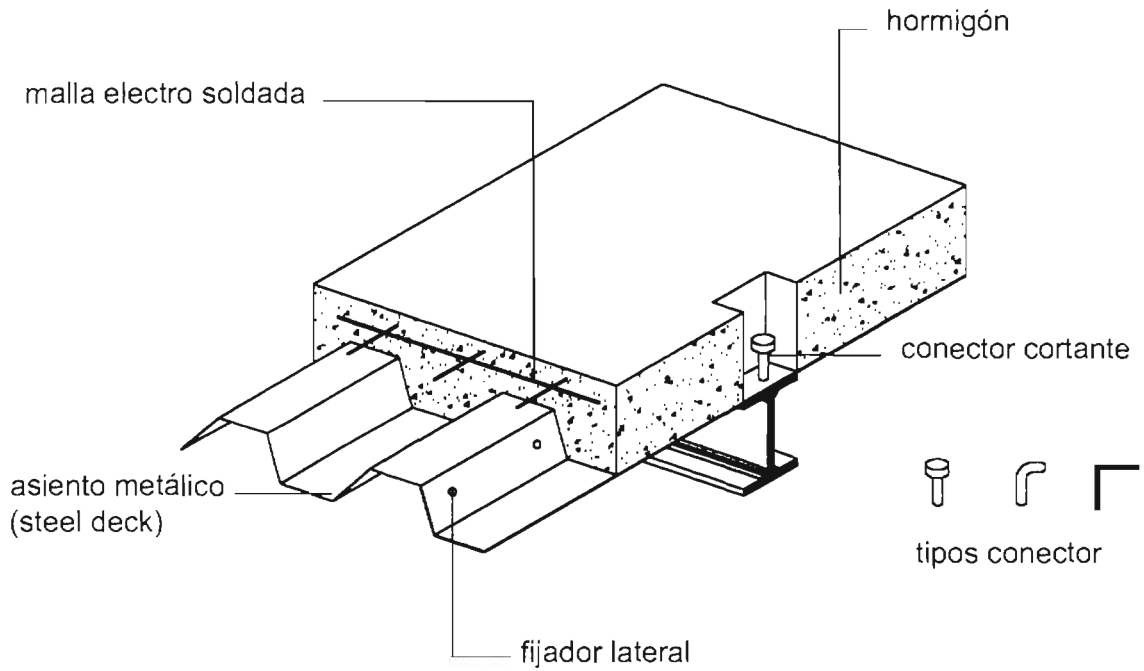

hormigón
malla electro soldada
conector cortante
asiento metálico
(steel deck)
tipos conector
fijador lateral

Fig. 12

5.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN

El acero como elemento base para la construcción de estructuras debe estar protegido contra los agentes externos que contribuyen vigorosamente como factores de conservación en el tiempo de la estructura: la corrosión y el fuego.

5.4.1 CORROSIÓN

La corrosión es un fenómeno natural que se produce por la reacción del oxígeno que se encuentra en el aire, con el hierro que se encuentra en el acero, produciéndose una liberación de energía que da lugar a otros compuestos más estables.

La corrosión se ve favorecida por circunstancias diversas, entre las que caben destacar entre otras:

- Elevada humedad relativa del aire
- Elevada temperatura
- Existencia de sustancias en suspensión en el aire que, con la humedad, generan un medio electrolítico
- Existencia de corrientes eléctricas erráticas

En estas condiciones, la corrosión tiene diferentes variables que la pueden producir:

- Corrosión química: producida por el ataque del metal por reacciones gaseosas ó líquidas en el medio ambiente.

- Corrosión electroquímica: producida por la existencia de diferencias de potencial entre el hierro y otros elementos, menos activos que él, que hace que en contacto en un medio electrolítico, se produzca una pequeña corriente eléctrica entre ánodo (hierro) y cátodo (otros elementos), dando origen a una transferencia iónica que convierte el hierro en óxido ferroso que se deposita sobre la superficie del material.

- Corrosión atmosférica: producida por los agentes existentes en la atmósfera que dependen de la situación geográfica y la agresividad del medio ambiente industrial, casi siempre contaminado con gases livianos y pesados, hollín, cenizas y compuestos azufrados.
  También contribuyen las atmósferas marinas por su alto contenido de sal, las arenas abrasivas y la humedad relativa bastante alta.

- Corrosión acuosa: producida por los componentes del agua, en oportunidades con concentraciones altas de sales solubles y materias orgánicas que aumentan la acción corrosiva.

- Corrosión por el suelo: producida por los ácidos existentes, contenido de humedad, sales, oxígeno y bacterias, que precipitan la oxidación en terrenos húmedos y pantanosos.

Los aceros, con excepción de los inoxidables y los aceros de intemperie deben tratarse contra la corrosión, fenómeno que se puede controlar de diferentes maneras:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTEC... E. GOMEZ

- **Proceso químico.** La corrosión depende en gran porcentaje de la humedad y de la cantidad de substancias agresivas que se encuentran en la atmósfera.

La corrosión ocurre cuando la humedad relativa supera el 70% y se causa por la reacción del oxígeno con el acero de la superficie, incrementándose el fenómeno en la medida en que la humedad asciende y rebajando cuando la misma está por debajo de esta cifra ó en las zonas tropicales donde la humedad se encuentra por debajo de estos valores.

La humedad debe entonces controlarse para evitar la corrosión para lo cual existen tratamientos de preparación de la superficie y la aplicación de agentes pasivos y agentes activos de protección.

Un sistema de protección que perdure en el tiempo debe ser de los denominados activos, consistentes en aplicaciones sucesivas en varias capas de pintura anticorrosiva como imprimante y capas sucesivas de pintura como acabado final. Lo cual requiere el conocimiento de las características del material a proteger, del tipo de ambiente que lo rodea y de los posibles agentes agresivos cuya actuación sea previsible.

La pintura aplicada como imprimante y como acabado final debe tener un espesor definido entre 40 micras para interiores y 80 micras para exteriores y también un control para conservar su efectividad en el tiempo.

Un sistema de protección químico, requiere de las siguientes fases:

- Preparación de la superficie

- Aplicación de las pinturas de protección activa y pasiva ó de acabado

- **Preparación de la superficie**

Una preparación correcta de la superficie, es fundamental para lograr un buen comportamiento de la pintura que se aplicará posteriormente.
El método correcto consiste en:

- Eliminación de aceite, grasa y polvo por medio de solventes
- Eliminación de escamas de laminación y óxidos por medio de temperatura con soplete
- Limpieza con herramientas eléctricas con cepillos giratorios de alambre, discos abrasivos y pulidoras
- Limpieza con chorro de arena común, arena de cuarzo, carboncillo negro, granalla ó perdigones, comúnmente llamado como "sand blasting".
- Limpieza por un método manual utilizando espátulas, papel de lija, rasquetas

Es recomendable pintar lo antes posible después de la preparación para evitar nuevas oxidaciones.

- **Aplicación de la pintura de protección activa y pasiva.**

La barrera de protección se divide en dos partes, pasiva y activa.
La protección pasiva se realiza por un recubrimiento uniforme y continuo que no permita al oxígeno llegar hasta el acero. Sin embargo cualquier pequeño poro convierte la barrera en insuficiente.

Para evitar la penetración del oxígeno hasta la superficie del acero por dichos poros, se aplica una capa interior, que contiene partículas metálicas activas que pueden combinarse con el oxígeno antes que con el hierro. Estos metales son el plomo, el zinc y el cadmio, entre otros. Estos son los que comúnmente conocemos como **anticorrosivos**.
Las pinturas de acabado ó pasivas impiden la destrucción prematura de la capa activa y los compuestos de las dos capas deben tolerarse químicamente.

Un buen recubrimiento con anticorrosivo debe durar unos 10 años en ambientes exteriores normales. Después de este tiempo es suficiente renovar la capa de acabado; no obstante, si anualmente se reparan los pequeños deterioros que se produzcan, el plazo de mantenimiento general de toda la pintura se alarga en forma sustancial.

Los sistemas habituales de aplicación son la brocha, el rodillo y la pistola, según las características de la pintura aplicada.

Las láminas usadas para los sistemas de losas compuestas en "steel deck" siempre traen incorporado un sistema de galvanización en caliente con zinc, mas no los perfiles, que tendrán de todas maneras que ser tratados contra la corrosión sobre todo en los ambientes agresivos.

- **Otras protecciones**

a. Recubrimientos metálicos

En ciertos diseños y para partes especiales de la edificación se usan otros métodos de protección como el galvanizado, que no se usa en estructuras para edificios, que consiste en recubrir con zinc fundido las superficies a proteger por

el método de inmersión en caliente ó aplicarlo por vía electroquímica a partir de sus sales.

Existen en el mercado aceros de baja aleación, patinables, en los que la oxidación de la superficie, crea una capa de óxido protectora que impide el progreso de la oxidación.

b. Recubrimientos no metálicos

Consiste en la aplicación de una resina mezclada con un disolvente volátil, la cual una vez aplicada permite la evaporación del solvente, quedando solo el recubrimiento resinoso que es el que provee la resistencia contra la oxidación.
En estas están: nitrocelulosa, gomas cloradas, bituminosas, silicatos y epóxicas.

5.4.2 FUEGO

Constituye uno de los puntos más vulnerables y una de las desventajas del sistema y por ello debe ser cuidadosamente manejado desde el inicio mismo del proyecto, donde están involucrados Promotores, Diseñadores y Constructores, siguiendo el título "J" de la norma NSR-98.

La protección contra el fuego empieza con los sistemas, elementos, medidas y precauciones implementadas para prevenirlo, para combatirlo en caso de incendio y por lo menos para que la edificación permanezca estable durante cierto período de tiempo.

El fuego causa daños por combustión en los elementos permanentes de la estructura y en algunos no permanentes que pueden llevar el edificio hasta el

colapso; por ello la prevención empieza desde donde empieza el proyecto, tema que puede manejarse considerando varios aspectos:

1. Aplicando y cumpliendo rigurosamente las normas existentes

2. Reduciendo los riesgos y causas del fuego derivados del uso de materiales e instalaciones permanentes combustibles

3. Reduciendo la posibilidad de uso y almacenamiento de materiales inflamables como, combustibles, pegantes, pinturas y muebles de alta combustión

4. Prevenir que el fuego ya creado se propague, instalando muros y pisos cortafuego, separando los edificios cuando son más de una unidad, instalando sistemas automáticos de rociadores de agua ("sprinklers") contra incendio, instalando un sistema de hidrantes que permitan operar las máquinas de bomberos

5. Diseñar escaleras y accesos que permitan que las cuadrillas de bomberos puedan llegar hasta el sitio del incendio e instalar "siamesas" que permitan la conexión de equipos para combatir el fuego

6. Instalar en cada piso gabinetes con equipos individuales de incendio según las normas

7. Diseñar escaleras y rutas de escape amplias como primer requerimiento para salvar vidas humanas, previendo que sean ventiladas y que no permitan la acumulación de humo y gases

8. Debe existir un sistema de alarma que permita avisar a toda la comunidad residente sobre la presencia del fuego

9. Implementar durante la vida del edificio por parte del Administrador de un sistema de chequeo y revisión de los equipos instalados así como realizar simulacros periódicos de incendio

Las protecciones contra el fuego pueden dividirse en dos clases:

1. Precauciones pasivas, que comprenden:

   - División del edificio creando pisos y muros cortafuego
   - Revestir los elementos estructurales por algún medio aislante
   - Dotar el edificio de rutas de escape

2. Precauciones activas, que comprenden:

   - Dotar el edificio con detectores de humo, de aumento inesperado de la temperatura y alarmas contra el fuego
   - Dotar el edificio de un sistema automático contra incendio, tipo rociadores ("sprinklers")

Todas las medidas pasivas ó activas que se tomen deben tener como objetivos principales: la prevención de la vida humana en primer lugar y después la prevención del daño del edificio y de las edificaciones vecinas.

Las normas internacionales establecen el grado mínimo de estabilidad al fuego de los elementos estructurales, dado en función del uso del edificio y de la altura máxima de evacuación.

El grado de estabilidad del fuego se determina por el tiempo que el elemento permanece estable al fuego, expresado en minutos, donde los tiempos normalizados son 15, 30, 60, 90, 120, 180 y 240 minutos.

TABLA DE ESTABILIDAD AL FUEGO

USO DEL EDIFICIO	SÓTANOS	ALTURA SOBRE LA RASANTE		
		<15m	<28m	>28
Viv. unifamiliar	EF-30	EF-30	EF-90	EF-120
Multifamiliar	EF-120	EF-60	EF-90	EF-120
Docente, administrativo	EF-120	EF-60	EF-90	EF-120
Comercial	EF-120	EF-90	EF-120	EF-180
Hospitalario	EF-120	EF-120	EF-120	EF-180

**Tomado de ITEA

Para alcanzar los tiempos de estabilidad debe recurrirse al recubrimiento de las superficies ó esconder los elementos estructurales, fachadas y losas de los edificios por medios como: aplicar pintura intumescente, revestir con placas de yeso, revestir con placa de mortero ó de fibras minerales.

La protección contra el fuego se hace con dos sistemas básicos:

- Pintura de elementos estructurales
- Recubrimiento de elementos estructurales

PROTECCIÓN CON PINTURA

La protección con pintura resistente al fuego es bastante utilizada, sobre todo en los elementos que van a dejar a la vista algunas de sus partes y de todas maneras deberá aplicarse la pintura anticorrosiva antes de aplicar la correspondiente contra el fuego.

Las pinturas tienen como objetivo principal proteger las partes de la estructura por un tiempo prudencial en el cual puedan actuar los actores y factores encargados de erradicar el fuego. Por lo tanto son una solución temporal y en ningún caso se aplican para permitir que el fuego sea indefinido y mucho menos para responder a casos donde no se hallan tomado las medidas descritas anteriormente.

Deben revestirse con pintura todos los elementos metálicos estructurales expuestos interiormente al fuego y de su efectivo control depende sustancialmente la protección de la estructura y del edificio en caso de siniestro.

La protección con base en pinturas abarca las siguientes fases:

- Pinturas en taller

  Aplicación de la pintura contra fuego una vez manufacturados los elementos en el taller que actúa como imprimante y como protección temporal durante el proceso de transporte, almacenamiento, izaje y ensamble de la estructura.

- Pinturas en obra

  Aplicación en la obra de la pintura definitiva contra fuego la cual hace en ocasiones las veces del acabado final de algunas partes que quedan expuestas.

- Puntos inaccesibles

  Hay puntos de la obra inaccesibles a la pintura una vez se halla ensamblado la estructura por lo tanto estos deben ser cuidadosamente pintados, conservados antes del izaje, buscar su conservación en muy buen estado en el almacenamiento temporal en patio y que no se deterioren en el proceso de ensamble.

- Aceros inoxidables

  Los aceros que por asuntos del proyecto arquitectónico deben ser de textura y apariencia brillante por el color de los elementos inoxidables no pueden ser estructurales pues de lo contrario no podrán tener una protección con base en pinturas contra el fuego, por lo tanto no podrán usarse sino en elementos decorativos y su protección está dada por los elementos y dispositivos de protección contra el fuego instalados en el edificio.

PROTECCIÓN CON RECUBRIMIMIENTO

Deben recubrirse los elementos estructurales expuestos al fuego interior, especialmente las columnas.

Para estos recubrimientos se usan sustancialmente materiales como son el hormigón, el asbesto, la fibra de vidrio y el yeso.

Consiste básicamente en revestir totalmente toda la superficie desde el piso hasta la losa de enrase con placas de alguno de los materiales indicados, pegados con algún mortero refractario para así aislar completamente del fuego ó aplicar varias capas sucesivas una vez que la estructura halla sido terminada para evitar las humedades en el material de revestimiento.

Forro en hormigón vaciado:

Consiste en fundir en sitio un revestimiento alrededor de toda la columna en hormigón y malla de refuerzo para absorber dilataciones, con un espesor mínimo de 4 cm. y resistencia de 175 k/cm^2. Fig. 13

Forro prefabricado:

Consiste en revestir la columna con alguno de los siguientes elementos prefabricados:

a. Plaquetas de hormigón prefabricado, pegadas alrededor con una resina adhesiva.
b. Láminas planas de asbesto cemento, pegadas con una resina adhesiva.
c. Láminas de "gypsum plaster" incombustible.

Forro en estuco:

a. Consiste en aplicar un estuco plástico hasta de 6 mm alrededor de la columna.
b. Aplicar una capa de 4 cm de estuco de cuarzo y cemento, colocado sobre una base de malla del tipo para revoque.
c. Aplicar una capa de asbesto cemento liquido lanzado a pistola.

Forro en chaquetas:

Consiste en forrar la columna en tela de fibra mineral con refuerzo metálico.

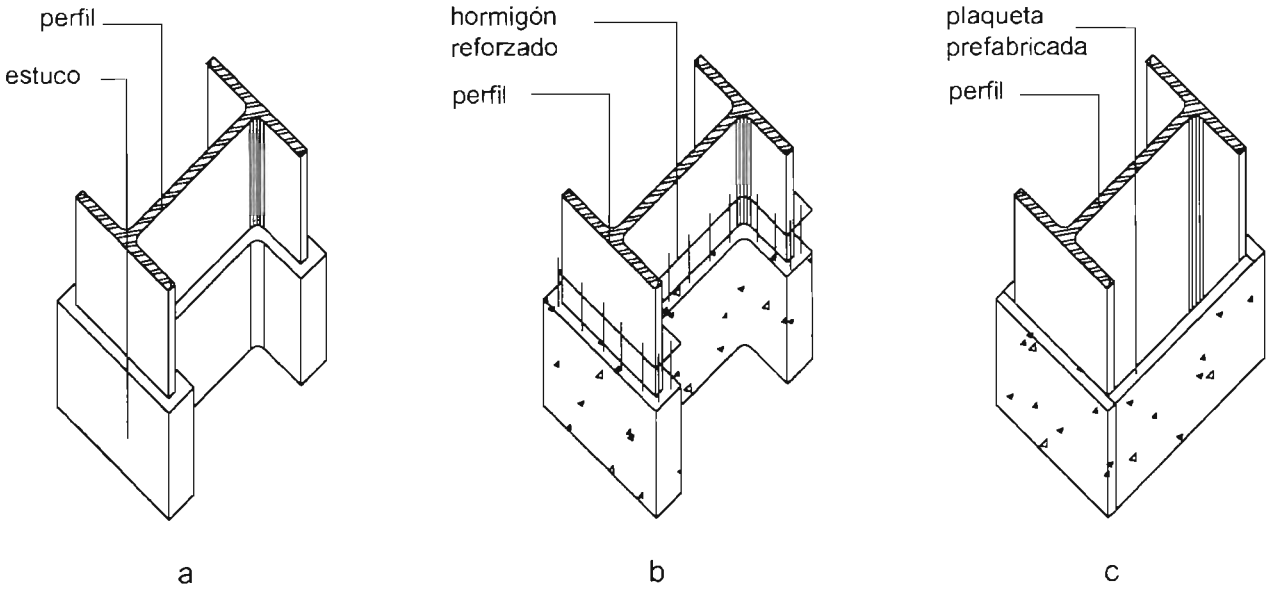

perfil
estuco
hormigón
reforzado
perfil
plaqueta
prefabricada
perfil
a
b
c

Fig. 13

Cuando se usan revestimientos de fibras minerales ó de yeso se deben usar placas de dos centímetros de espesor colocadas en forma de cajón alrededor del elemento, unidas con grapas ó ganchos de conexión. En este sistema es necesario aplicar previamente una pintura anticorrosiva a la superficie protegida.

5.5 SISTEMA DE CUBIERTAS

Los techos de los edificios de varios pisos en estructura metálica casi que invariablemente son planos, diseñados y construidos como un piso de características especiales, en ocasiones no transitables, diseñados para recoger las aguas lluvias, dotados de un sistema de recolección de las mismas para su evacuación.

Techos con pendientes se encuentran en edificios no tradicionales, tales como iglesias, algunos edificios comerciales, escenarios deportivos, etc.

El techo como tal, está sometido a trabajo diferente al de las placas normales del edificio y a cargas diferentes, considerándose las siguientes:

- Carga muerta. Menor que las de las placas normales
- Carga viva. Menor que el de las placas normales, compuesta por equipos y personas que hacen su mantenimiento
- Cargas temporales. No consideradas para las placas normales tales como, nieve, viento expresado como presión y succión y temperatura

188627

- Adicionalmente el techo como cerramiento es una barrera contra el agua exterior, vapor de agua interior y ruido

Indistintamente los techos pueden ser metálicos, losas en hormigón vaciadas en el sitio ó prefabricadas.
Cuando son metálicos es bastante conveniente y usual encontrar techos de lámina galvanizada acanalada del tipo corrugada, ribeteada y también en lámina de aluminio, todos ellos con tratamientos por otros medios para manejar los cambios de temperatura, ruido, etc.

Cuando los techos son en pendiente se convierten en un sistema de techo metálico consistente en una armadura y una cubierta de una tipología de techo de las que se ven corrientemente como estructuras espaciales ó laminares.

5.6 SISTEMA DE CIRCULACIONES VERTICALES

Constituyen también elementos estructurales además de ser la circulación vertical del edificio.
Están compuestos por, escaleras que hacen parte del sistema metálico, cuyos elementos de constitución gualderas, huellas y contrahuellas son metálicas también, buitrones de servicio y buitrones de ventilación que por lo general son de hormigón vaciado en sitio ó de mampostería y contribuyen en parte a la rigidización del sistema según esté planteado en el diseño estructural.

Trabajan para los esfuerzos laterales en dos direcciones, van empotrados en el piso y en el cielo y por ellos se conducen todas las instalaciones eléctricas, telecomunicaciones, hidrosanitarias, tallos de incendio, gas y aire acondicionado central.

CAPÍTULO 3

ELEMENTOS DE CONSTITUCIÓN

54-69

6. ELEMENTOS DE CONSTITUCIÓN DEL SISTEMA

6.1 ACERO

Hasta 1.960 los aceros que se usaron en la construcción de estructuras metálicas se clasificaron siempre como aceros al carbón, designados por la ASTM como A7, el cual tenía un mínimo de resistencia de 33 ksi y quienes lo utilizaban siempre se referían a este material como el **"acero"**, sin ninguna identificación adicional. Y aún cuando otros aceros como el de alta resistencia a la corrosión era de consecución normal en el mercado, la verdad es que rara vez fueron utilizados en edificios y más bien su utilización se ubicó en la ejecución de puentes.

De 1960 hasta 1.990 otros tipos de acero fueron desarrollados por procesos de enfriamiento, templado y aleación con otros metales, incrementando con ello la resistencia; lo que permitió a Diseñadores y Constructores con tal incremento, rebajar el número y tamaño de elementos estructurales.

El Diseñador de esa época podía escoger entre máxima rigidez y menos peso, como el atributo óptimo en la estructura, para lo cual encontraba aceros de variadas resistencias para usar en su proyecto de acuerdo a sus criterios de diseño.

A partir de 1990 surgieron aceros que fueron desarrollados con base en los existentes, que permitieron mejores resistencias, mejor respuesta a las

condiciones climáticas y una mejor adaptación y comportamiento a la soldadura, como parte definitiva en el diseño del sistema completo.

Hoy se ha desarrollado y se consigue en el mercado una amplia gama de aceros de resistencia a la compresión, con límites de fluencia entre 24 ksi y 100 ksi y en un número apreciable de aleaciones que permiten cualquier tipo de solución, que dan validez a la frase del profesor F. Hart, experto diseñador y constructor alemán de edificios en estructura metálica, quién dice que: **"cualquier tipo de problema es solucionable en la edificación de estructura metálica".** * F. Hart

El acero estructural que se consigue hoy en el mercado, laminado en caliente ó en frío, puede ser de tres clases diferentes:

Acero-carbono, Acero de alta resistencia y baja aleación y Acero alta aleación, todos ellos clasificados por las normas ANSI, ASTM A6, DIN y BS, utilizados en distintos tipos de estructuras.

6.2 ACERO ESTRUCTURAL

Los aceros que comúnmente se consiguen para construcción de estructuras metálicas se consideran de tres clases:

- **Acero laminado**: producido por un proceso de laminación horizontal ó vertical, en frío ó en caliente, según la pieza.
- **Acero colado**: producido por un proceso de colado vertical del material en caliente para piezas individuales especiales.

- **Acero forjado**: producido por el doblado ó moldeado en frío de láminas para producir cierto tipo de elementos.

Para hablar del acero estructural utilizado en construcciones de estructura metálica, antes que nada hay que referirse a las propiedades que posee el material.

Propiedades físicas:

Densidad: $d = 7.85\ kg/dm^3$

Coef. expansión: $e = \dfrac{10 \times 10^{-6}}{\text{Temp.}^\circ \text{ Celsius}}$

Módulo elasticidad: $E = 2.1 \times 10^6\ kg/cm^2$

Propiedades mecánicas:

Las propiedades mecánicas del acero se determinan por medio de ensayos, de acuerdo a las normas ICONTEC ó ASTM donde los valores límites encontrados y la temperatura, caracterizan su soldabilidad, cualidad en la cual intervienen el tipo de acero, el proceso y los insumos utilizados, el diseño y los componentes estructurales del sistema.

Estas propiedades mecánicas a las que se hace referencia son:

Rango elástico
Rango plástico
Diseño plástico
Fuerza permisible
Tensión de rotura

Propiedades químicas ó de composición

Los aceros también se caracterizan por sus componentes, contenidos de carbono y contenidos de otros minerales en las posibles aleaciones con el material base que es el **acero carbono.**

CLASES DE ACERO

Aún cuando existen en la actualidad muchas clases de acero estructural vamos a ocuparnos de los aceros que se utilizan en la construcción de estructuras para edificios y descartaremos los aceros utilizados en puentes, conducciones de acueducto y alcantarillado, plataformas de exploración, construcción de barcos, etc.

6.2.1 ACERO CARBONO

Los **aceros al carbón** están clasificados en cuatro categorías, basados en el porcentaje de carbono que contienen:

- **Bajo en carbono**, con un contenido de menos del 0.15%
- **Rebajado en carbono**, con un contenido entre el 0.15% y 0.29%
- **Medio en carbono**, con un contenido entre el 0.29% y 0.59%
- **Alto en carbono**, con un contenido entre 0.59% y 1.70%

6.2.2 ACEROS DE BAJO CARBONO

Estos aceros aunque existen en el mercado no se usan en estructuras metálicas de edificios y su utilización ha sido ubicada en otro tipo de estructuras como puentes, plataformas submarinas, etc.

6.2.3 ACEROS DE CARBONO REBAJADO

Los aceros al carbón que están en la categoría de los aceros de carbono rebajado, tienen un contenido de carbono entre 0.15% y 0.29%, dependiendo del espesor del elemento estructural y son los que **comúnmente** se utilizan en la construcción de estructuras metálicas para edificios.
Estos aceros se caracterizan especialmente por su alta soldabilidad.

TIPOS DE ACERO CARBONO REBAJADO

- **Acero A 36**

Acero laminado en caliente que se usa para estructuras metálicas pernadas ó soldadas, **es el de más amplia utilización**, con límites de fluencia, 32 Ksi y 36 Ksi.

6.2.4 TIPOS DE ACERO MEDIO EN CARBONO

- **Acero A 325**

Acero laminado en caliente que se usa en la fabricación de tornillos y tuercas, con límite de fluencia, 50 Ksi.

- **Acero A 500**

Acero laminado en frío de uso general en estructuras pernadas y soldadas, con límites de fluencia, 33 Ksi, 42 Ksi y 46 Ksi para presentación en barras y 39 Ksi, 46 Ksi y 50 Ksi para perfilería.

- **Acero A 501**

Acero laminado en caliente de uso general en estructuras pernadas y soldadas, con límite de fluencia, 36 Ksi.

- **Acero A 529**

Acero laminado en caliente para platinas y barras de menos de ½ pulgada de espesor ó diámetro, para uso general en estructuras y armaduras pernadas ó soldadas, con límite de fluencia, 42 Ksi.

6.2.5 ACEROS DE ALTO CARBONO Y BAJA ALEACIÓN

Los aceros de esta categoría son considerados de alta resistencia, con contenidos de carbono entre .59% y 1.70% y aleaciones de columbio y vanadio para incrementar su resistencia, utilizados para algunas partes de las estructuras como, pernos, tuercas y remaches.

TIPOS DE ACERO ALTO CARBONO Y BAJA ALEACIÓN

- **Acero A 572**

Acero para perfilería en general, platinas y barras para estructuras pernadas ó soldadas, con límites de fluencia, 42 Ksi, 50 Ksi, 60 Ksi y 65 Ksi.

- **Acero A 607**

Acero laminado en frío ó en caliente, tiene aleación de columbio ó vanadio y se usa para estructuras donde grandes luces y economías en el peso son importantes, con límite de fluencia entre 45 Ksi y 70 Ksi. Adicionando cobre como aleación, su resistencia a la corrosión se incrementa hasta el doble con respecto al acero carbono rebajado normal A 36.

6.2.6 ACEROS ALEADOS

Aceros aleados con otros minerales, que se han templado por el proceso de subir y bajar la temperatura a la cual han sido laminados, para conseguir con ello límites de fluencia entre 80 Ksi y 100 Ksi.

TIPOS DE ACEROS ALEADOS

- **Acero A 490**

Acero aleado de alta resistencia, laminado en caliente, usado para tuercas y tornillos de alta resistencia con límites de fluencia, 90 Ksi.

- **Acero A 514**

Acero templado para la figuración de pletinas, usado en estructuras soldadas para puentes y algunas partes de estructuras de edificios, con un límite de fluencia entre 90 Ksi y 100 Ksi.

- **Acero A 709**

Acero templado para la figuración de pletinas y barras, usado en puentes y partes de estructuras de edificios, con límites de fluencia entre 36 Ksi y 100 Ksi.

6.2.7 ACEROS ESPECIALES

- **Aceros de intemperie.** Los aceros al carbono convencionales que no sean protegidos con pintura ú otros medios, se corroen, a menos que contengan pequeñas cantidades de manganeso y silicona que evitan la corrosión por la humedad, aumentando además su volumen.

Cuando además se agregan pequeñas cantidades de cromo, cobre, níquel y vanadio, las superficies expuestas a los rigores del clima desarrollan una capa gruesa de óxido ó pátina cuyo efecto es proteger el acero de la corrosión en el tiempo.

Estos aceros se conocen como aceros de intemperie, los cuales curados por la intemperie misma cambian inclusive de aspecto exterior al introducir coloraciones que varían entre café y púrpura.

Dependiendo del clima al cual esté expuesto el acero, el proceso de curado dura entre uno y tres años, tiempo en el cual el proceso alternado del paso de la humedad a material seco en la cara exterior del acero, estimula la oxidación, que sin embargo para que tenga un aspecto uniforme debe haber tenido un tratamiento previo de la superficie, consistente en la limpieza con un chorro de arena ó lijado durante el proceso de manufactura.

A pesar de su comportamiento y excelente aspecto este tipo de acero no debe usarse en ambientes demasiado agresivos, tales como las zonas aledañas al mar

y ciertas zonas industriales de alta concentración de gases en la atmósfera. Aunque en Japón existen experiencias en este sentido donde este tipo de aceros en el tipo de atmósfera mencionado ha tenido resultados positivos como producto de un cuidadoso y periódico mantenimiento con base en pinturas, situación que va en contra de los costos en la vida útil de la edificación.

"El tratamiento y aleación con otros metales lo hacen más costoso que los aceros convencionales, conservando las mismas propiedades mecánicas, pero su economía se refleja al necesitar poco ó ningún mantenimiento en el tiempo"*

(Weathering steel in steel structures. Lorenz Wetterfester Stahl.)

- **Aceros inoxidables.** Los aceros inoxidables utilizados en construcción, son aceros aleados, que contienen por lo menos un 12% de cromo y usualmente 1% de silicona y 1% de manganeso por volumen.

Algunos de ellos de más calidad llegan a tener otras aleaciones de molibdeno y níquel, constituyéndose estos y los anteriores, en aceros resistentes a los agentes químicos agresivos como la corrosión.

Por su excesivo costo, este tipo de aceros es usado solo en algunas partes de la edificación, tales como puntos inaccesibles para la inspección ubicados muchas veces en los ensambles de muros cortina ó fachadas flotantes, en partes de lámina doblada para estos mismos muros, en ventanas, puertas, rieles y rodamientos.

- **Aceros de alta tensión.** Para casos y propósitos específicos se consiguen aceros de baja aleación y alta tensión, con garantía de resistencia hasta de

70 kg/mm^2, cuya característica principal es el tener una estructura interior de grano muy fino, que por su bajo contenido de carbono tiene una gran soldabilidad.

Estos aceros son usados por lo general en los primeros pisos de las columnas de los edificios de altura mientras en las columnas de los pisos superiores se usan los aceros corrientes.

Hay un concepto general alrededor del tipo de acero usado en la construcción de estructuras metálicas expresado por el profesor Charles G. Salmon que dice: **".. el uso de aceros que tienen resistencias mayores al acero corriente A36, que no hayan sido tratados al calor, han resultado con problemas relacionados con la falta de ductibilidad y por rotura del material; el uso de estos tipos de acero requiere al menos una actitud muy consciente por parte del diseñador con respecto al comportamiento del material"***

*Steel structures design and behavior. C.G.Salmon.

6.3 PERFILES

Los perfiles son los elementos ya manufacturados a partir de los diferentes tipos de acero carbono, que de acuerdo a su posición en la estructura hacen trabajo para esfuerzos de compresión, tensión, pandeo, arriostramiento; utilizados como columnas, vigas, perlines y amarres.

Pueden ser laminados en caliente ó frío, fabricados con base de pletinas y láminas planas con uniones de soldadura.

Vienen en una amplia gama de secciones y en longitudes de 20 y 30 metros (60 y 90 pies), dependiendo del laminador y bajo ciertas condiciones se pueden conseguir longitudes hasta de 40 metros (120 pies).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTEC... "FE" GOMEZ

Esto trae consigo un problema para el fabricante y el constructor al tener que transportar longitudes, alturas y pesos fuera de lo común que conducen al estudio del equipo de transporte adecuado, alturas y capacidades de carga de puentes, localización de líneas de trasmisión y permisos especiales con las autoridades de tránsito municipales.

Existen varias denominaciones de perfiles según el código del país que se adopte, dentro de los cuales podemos identificar el DIN de Alemania, las BS de Gran Bretaña y las AISC de Estados Unidos que son las más comunes y por las cuales se rigen la mayoría de las edificaciones. Sin embargo la denominación americana difiere de la denominación europea aunque las características morfológicas de los perfiles sean muy parecidas ó en algunos casos, iguales.
La comunidad europea como consecuencia de la unificación de los países ha transformando todos los códigos existentes en uno solo que ya ha salido al mercado como "Euronorms" ó Eurocódigo y junta básicamente los códigos británicos, alemanes y franceses, que son los más importantes y utilizados en el diseño y fabricación de perfiles en esa parte del mundo.

TIPOS DE PERFILES SENCILLOS

- **Perfil I PN** (Europeo)
  I S (Americano)

Perfil en forma de **I**, con patines ó caras exteriores perpendiculares al alma e interiores con inclinación hasta del 14% con respecto a las exteriores, la unión entre los costados y las caras del alma son redondeadas, el borde de los mismos tiene arista viva exterior y la interior redondeada.
Su denominación Americana es viga en doble **T**. Fig. 14

- **Perfil I PE** (Europeo)
  W (Americano)

Perfil en forma de **I**, sus patines ó caras exteriores e interiores son perpendiculares y paralelas al alma, la unión entre las caras interiores y el alma son redondeadas, y el borde tiene arista interior y exterior viva. Su relación entre el ancho de los patines y la altura se mantiene inferior a .66.
Con denominación Americana de viga en **H**. Fig. 14

- **Perfil HE** (Europeo)
  H (Americano)

Perfil en forma de **H**, con caras exteriores é interiores perpendiculares y paralelas al alma, con uniones redondeadas y borde interior y exterior con aristas vivas.
Con denominación Americana de viga en **H**. Fig. 14

- **Perfil UPN** (Europeo)
  MC (Americano)

Perfil en forma de **U**, las caras exteriores de los patines son perpendiculares al alma, las interiores tienen una inclinación del 8% con respecto a las exteriores, la unión entre la cara interior del alma y las de los patines son redondeadas, los patines tienen el borde con arista interior redondeada y exterior viva.
Con equivalencia Americana de canal en **U**. Fig. 14

- **Perfil L** (Europeo)
  Angle L (Americano)

Su sección es en ángulo recto, los patines son de igual longitud, la unión entre las caras interiores es redondeada y las caras de los patines son paralelas, con patines de borde interior redondeado y exterior vivo.
Con denominación Americana de ángulos. Fig. 14

- **Perfil LD** (Europeo)
  Angle L (Americano)

La sección es en ángulo recto y patines de distinta longitud. La unión interior de sus caras es redondeada con las caras de los patines paralelas, de borde interior redondeado y exterior vivo. Con denominación Americana de ángulos. Fig. 14

- **Perfil T** (Europeo)
  S y M (Americano)

La sección es en forma de **T**, con uniones, aristas interiores y extremo del patín redondeado, las caras interiores del patín tienen una inclinación del 2% respecto a las exteriores y la del alma un 2% respecto al eje.
Con denominación Americana de viga **T** Fig. 14

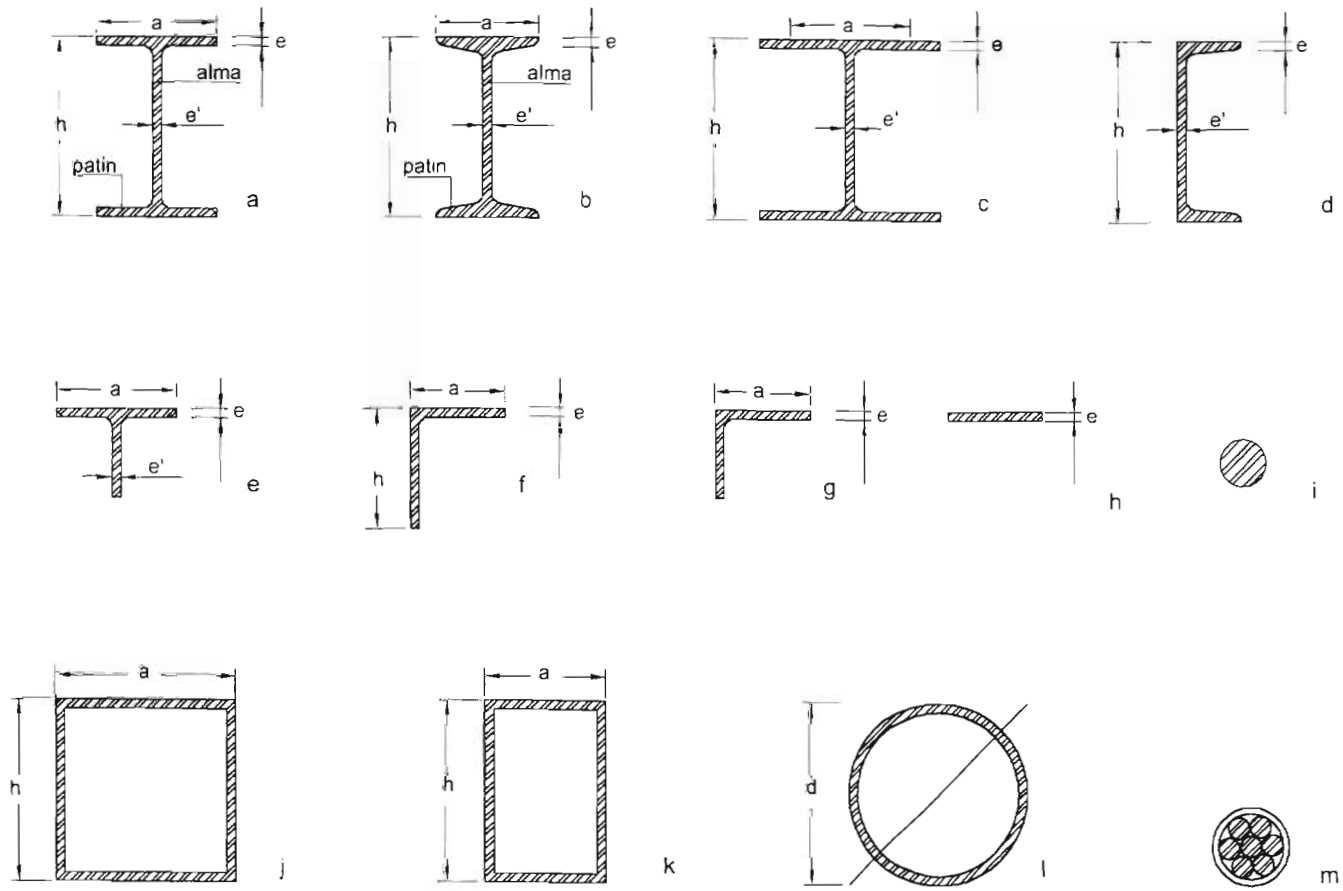


Fig. 14

TIPOS DE PERFILES TUBULARES

Los perfiles tubulares son producidos en sección cuadrada, rectangular y circular, laminados sin costura, con costura longitudinal a lo largo de toda la pieza ó con una costura en forma de espiral para las circulares. Fig. 14

- **Perfil tubular de sección cuadrada**

  Es de sección cuadrada, con variación del lado entre 6mm y 330mm.

- **Perfil tubular de sección redonda**

  Es de sección circular con diámetro que varía entre 6mm y 390mm.

- **Perfil tubular de sección rectangular**

  De sección rectangular, hasta de 622 mm.

TIPOS DE PERFILES DOBLADOS EN FRÍO

- **Canales en U y C**

Perfiles obtenidos de doblar en frío láminas ó cintas de acero con las que se producen gran variedad de formas y dimensiones para distintos trabajos en la estructura. Fig. 14

TIPOS DE LÁMINAS Y PLETINAS

Son piezas de laminado plano, su ancho es superior a 500 mm, de acuerdo a su espesor se clasifican en: pletina delgada, inferior a 3 mm, pletina media, de 3 mm hasta 4.75 mm y pletina gruesa, superior a 4.75 mm. Son la base para los perfiles doblados en frío con los que se producen canales y columnas armadas. Fig. 14

ALAMBRE

Producto circular delgado de diferentes espesores, producido después de varios procesos de laminado. Fig. 14

CAPÍTULO 4

CONEXIONES Y UNIONES

70-101

7. CONEXIONES

Hay diferentes tipos de conexiones entre elementos en estructura metálica que deben cumplir algunos requerimientos básicos entre ellos:

- Que garanticen una unión eficiente durante el izaje
- Que permitan ajustarse
- Que puedan ejecutarse de una manera simple sin permitir bamboleos

Las conexiones son muy importantes en el sentido de que del tratamiento que se les dé durante su fabricación e izaje de la estructura, depende en parte la economía del sistema.

Existen diferentes tipos de conexión entre los elementos de composición del sistema:

7.1 CONEXIÓN COLUMNA – COLUMNA

La limitación en las longitudes de los perfiles, el transporte, el almacenamiento y el montaje hacen que sea indispensable conectar y empalmar las columnas ó pilares del edificio metálico, consiguiendo con ello la continuidad del elemento a compresión ó formando una articulación.

Para el caso de columnas con trabajo a compresión, se recomiendan básicamente tres sistemas de empalme: placa de tapa, tapajuntas, soldadura al tope.

- Placa de tapa. En este caso, sean ó no de igual tamaño los perfiles a conectar, las tapas se unen mediante soldadura en el taller a cada uno de los elementos y posteriormente en obra si los perfiles son de igual dimensión se colocan tornillos de fijación, en caso de que no sean del mismo tamaño se colocan rigidizadores prolongando las alas del perfil de sección menor como un elemento de transición. Fig. 15a

- Tapajuntas. En este caso se usan láminas planas por las alas exteriores ó por el alma de los perfiles, las cuales se pueden unir por medio de soldadura ó atornillando la lámina tapajuntas a los perfiles.
  Cuando los perfiles no sean de la misma dimensión deberá colocarse una calza que irá soldada al perfil de menor dimensión para ser atornillado posteriormente al tapajuntas que ligará los dos perfiles principales. Fig. 15c,d

- Soldadura al tope. Este tipo de conexión se usa cuando los perfiles son de igual dimensión y en este caso se utilizará una soldadura de cordón corrido en todo el perímetro de los perfiles que se van a empalmar. Fig. 15b

Por razones de tipo constructivo los empalmes deberán quedar por encima de las losas, siendo el lugar ideal el tercio medio entre las placas de la estructura y nunca deberá ubicarse en la longitud de desarrollo de la placa.

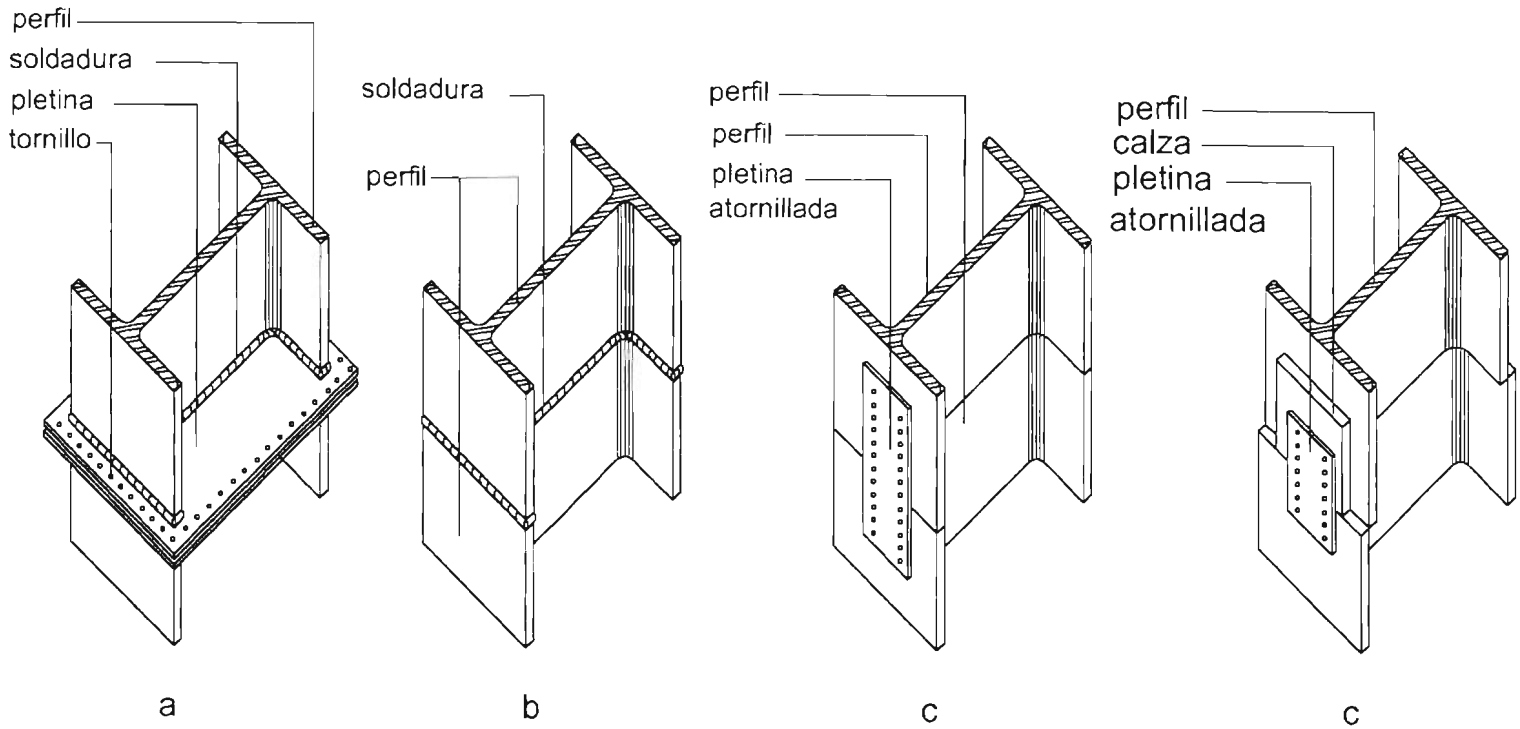

perfil
soldadura
pletina
tornillo
a
soldadura
perfil
b
perfil
perfil
pletina
atornillada
c
perfil
calza
pletina
atornillada
c

Fig. 15

7.2 CONEXIÓN COLUMNA - VIGA

En las conexiones **columna-viga** encontramos diferentes formas de conectar:

- **Conexión soldada.** Consiste en conectar la viga a la columna por medio de un cordón de soldadura en el alma y los patines, reforzando con rigidizadores colocados en la columna. Fig. 16c

- **Conexión simple**. Consiste en una pletina en forma de ángulo que hace la función de camisa, soldada a la columna, sobre la cual se atornilla la viga. En este caso la conexión es excéntrica. Fig. 16a

- **Conexión doble**. Consiste en una doble pletina en forma de ángulo que hace la función de camisa, atornillada a la columna, sobre la cual se atornilla la viga. Fig. 16a

- **Conexión tipo culata**. Consiste en una pletina plana soldada en forma de culata en el extremo de la viga y ésta a su vez soldada a la columna, reforzada con rigidizadores para dar continuidad. Fig. 16d

- **Conexión compuesta**. Consiste en una conexión doble complementada con una repisa en ángulo, atornillada, sobre la cual se apoya la viga que se atornilla también a las piezas anteriores. Fig. 16b

- **Conexión ménsula**. La conexión columna –viga mediante una ménsula es un procedimiento utilizable en edificaciones de una planta, generalmente de uso industrial. Esta utilización específica es debida a que este tipo de uniones no puede resistir empujes horizontales. Fig. 16e

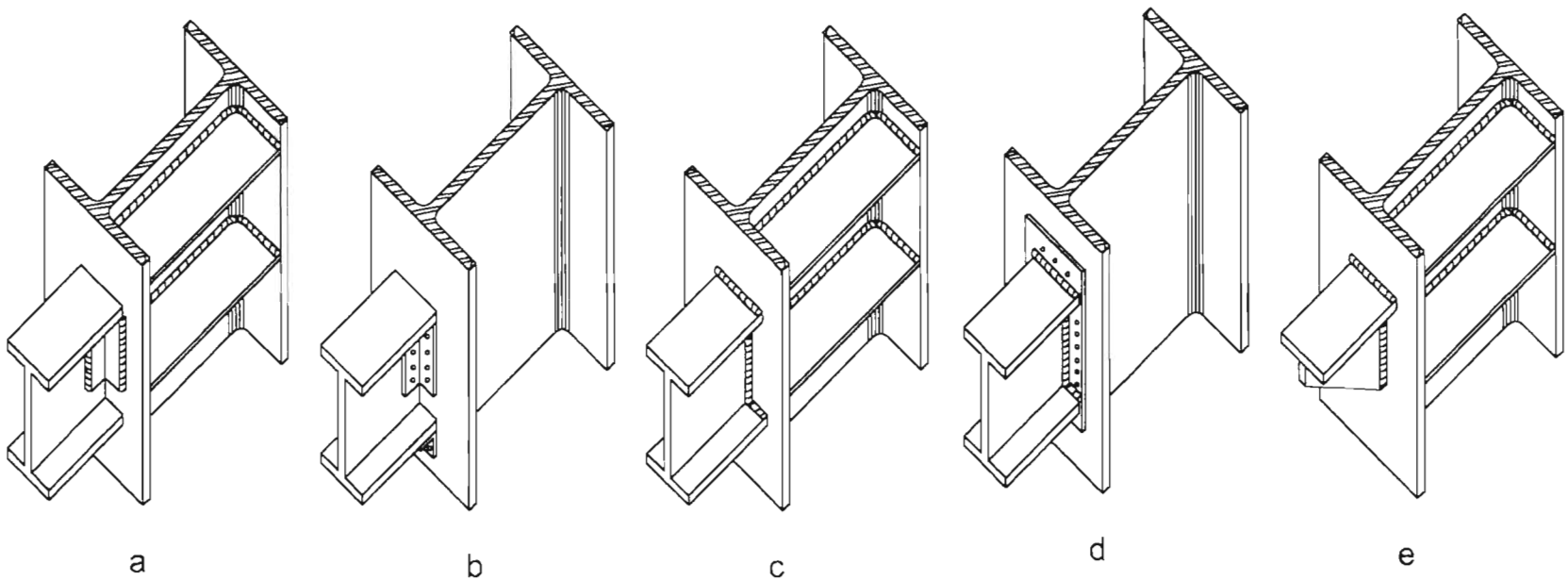


Fig. 16

7.2 CONEXIÓN VIGA – VIGA

En las conexiones **viga-viga, con continuidad**, se pueden usar básicamente los mismos sistemas usados para el empalme de columnas, así:

- **Tapajuntas**. En este caso se usan láminas planas por las alas exteriores ó por el alma de los perfiles, las cuales se pueden unir por medio de soldadura ó atornillando la lámina tapajuntas a los perfiles. Fig. 17a

- **Placa de tapa**. En este caso, sean ó no de igual tamaño los perfiles a conectar, las tapas se unen mediante soldadura en el taller a cada uno de los elementos y posteriormente en obra si los perfiles son de igual dimensión se colocan tornillos de fijación, en caso de que no sean del mismo tamaño se colocan rigidizadores prolongando las alas del perfil de sección menor como un elemento de transición. Fig. 17c

- **Soldadura al tope**. Este tipo de conexión se usa cuando los perfiles son de igual dimensión y en este caso se utilizará una soldadura de cordón corrido en todo el perímetro de los perfiles que se van a empalmar. Fig. 17b

En las conexiones **viga-viga, sin continuidad**, solo las fuerzas de cortante de la viga secundaria deben trasmitirse a la viga primaria.

- **Conexión sencilla**. Consiste en una pletina vertical soldada a la viga principal y la secundaria atornillada a la pletina. Fig. 18b

- **Conexión doble**: Consiste en dos pletinas verticales atornilladas a la viga principal en las cuales va atornillada el alma de la viga secundaria. Fig. 18b

- **Conexión culata soldada**. Consiste en una pletina plana soldada sobre la viga principal sobre la cual va soldada la viga secundaria. Fig. 18c

- **Conexión membrana soldada**. Consiste en soldar la membrana de la viga secundaria al alma de la viga principal; caso en el cual la soldadura debe hacerse alrededor de toda la zona de tensión. Fig. 18c

- **Conexión superpuesta**. (**Solo para cortante**). Las vigas secundarias se apoyan directamente sobre la viga principal y se conectan allí. En este caso se deben colocar rigidizadores soldados en las almas de los perfiles en los puntos de apoyo. Fig. 18e

7.3 VIGA PROFUNDA – VIGA

- **Conexión viga secundaria de menor sección que viga principal**. En este caso se usa una conexión básica de pletina doble donde el alma de la viga secundaria va atornillada a la de la viga principal. Fig. 18d

- **Conexión paredes de sección igual**. En este caso se usa una conexión de pletina sencilla y la viga secundaria se cajea en los dos patines superior ó inferior, dependiendo de su colocación. Fig. 18b

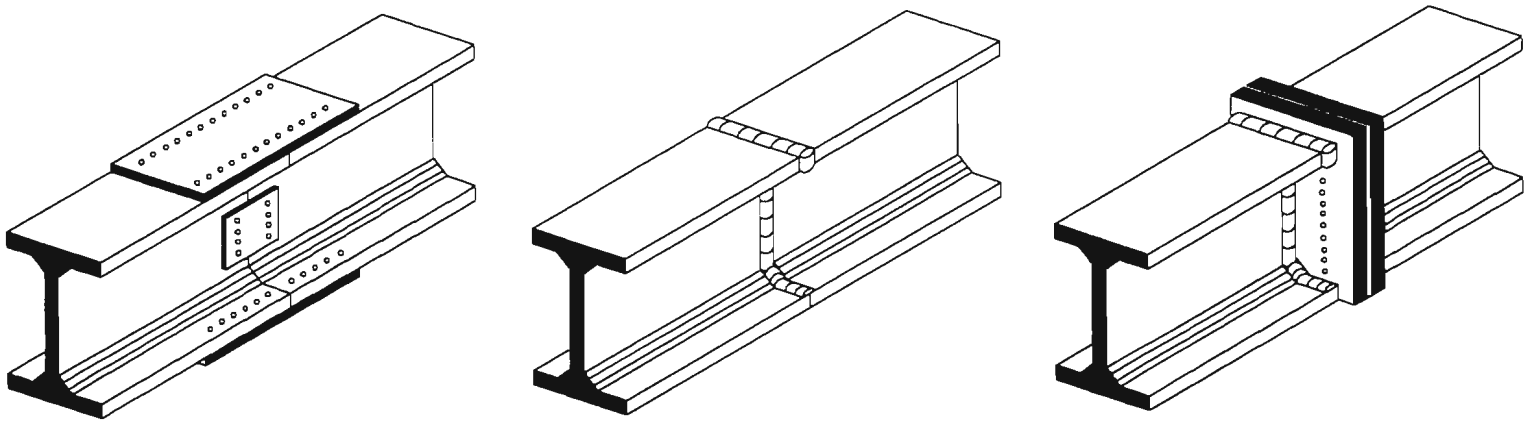
7.4 VIGA – VIGA, PARA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR

- **Conexión viga secundaria continua sobre viga principal**. En este caso solo se deben usar pernos para ligar una pletina sobrepuesta sobre la viga secundaria y colocar rigidizadores soldados en el plano vertical de las almas de las vigas. Fig. 18e

  También puede usarse un cordón de soldadura en toda la extensión de la pletina sobrepuesta. Fig. 18f

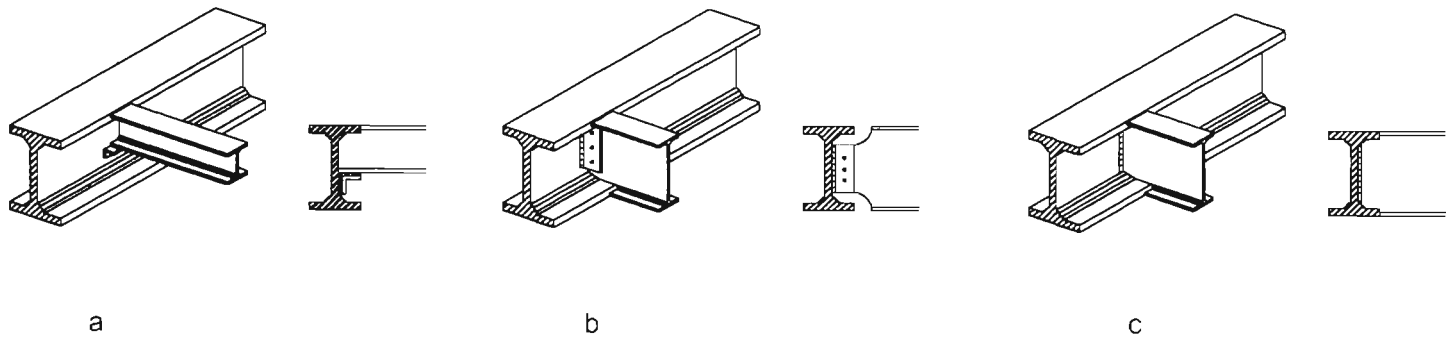
- **Vigas de igual sección, enrasadas al mismo nivel**. Deben cajearse los dos patines superior e inferior y reforzarse con pletinas atornilladas en los dos costados cajeados. Fig. 18d

- **Conexión soldada para vigas de diferente sección**. Se ejecutan soldando todas las paredes en contacto, colocando rigidizadores entre la viga de menor sección y la principal. Fig. 18d

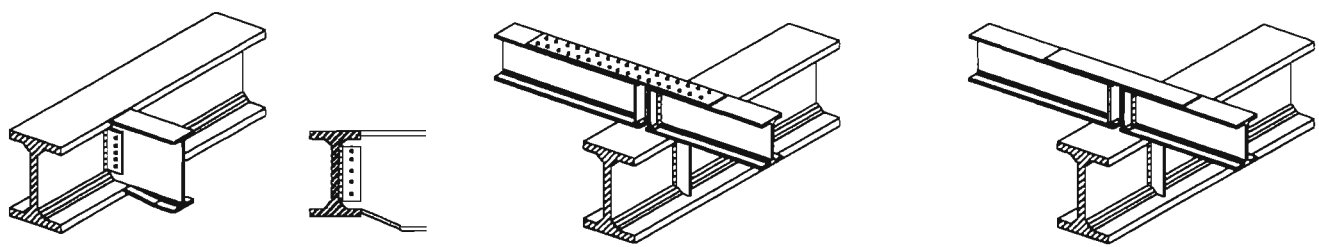


a b c

Fig. 17



a b c



d e f

Fig. 18

8. UNIONES

Los métodos para unir elementos en estructura metálica pueden dividirse en:

- Aquellos que deben destruirse para ser desarmados, y
- Aquellos que pueden desarmarse sin destruirse.

Siendo siempre la función de los mismos el juntar diversos elementos para producir un solo miembro ó para unir dos ó más elementos estructurales.

También pueden clasificarse en:

- Uniones articuladas, que permiten la rotación, y
- Uniones rígidas, que no permiten rotación.

Las uniones articuladas se utilizan en estructuras isostáticas que pueden ser desarmables, que se realizan con pernos y las rígidas ó de nudos en estructuras hiperestáticas, realizadas con soldadura.

8.1 UNIONES DESARMABLES

8.1.1 Unión remachada

Esta técnica consiste en juntar dos ó más piezas metálicas mediante la disposición y colocación de remaches, los cuales producen una unión hasta la fricción entre las piezas.

El remache es una pieza de acero formada por un cuerpo cilíndrico llamado caña ó vástago, de diámetro variable según el tipo de unión, con cabeza esférica, aplanada ó comprimida.

El remache es una conexión que aunque permite desarmar ó desmantelar la estructura no se considera desarmable sin que el remache deba ser destruido en la parte del vástago y su cabeza para retirarlo del sitio donde se encuentra instalado.

Los remaches que fueron uno de los elementos de unión mecánica por mucho tiempo, están prácticamente abolidos en la construcción de estructuras metálicas para edificios desde 1.968.

8.1.2 Unión atornillada ó pernada

El uso de tornillos en las estructuras de acero es un proceso que además de ser muy rápido, requiere menos mano de obra especializada que cuando se usa soldadura y eso hace que compitan económicamente, sobre todo en los países donde la obra de mano es muy cara.

Los tornillos ó pernos son piezas metálicas cilíndricas con cabeza cuadrada ó hexagonal, vástago liso, extremo libre roscado, que permite la fijación de perfiles metálicos mediante el apretado de la tuerca, con componentes adicionales como las arandelas planas, arandelas de presión ("guasas") y en ocasiones DTI (medidor de presión), considerándose todo el conjunto de elementos como unión pernada del tipo no destructivo. Fig. 19

Cuando se habla entonces de uniones atornilladas nos referimos al conjunto, tornillo, arandela y tuerca.

Están diseñados siempre con relación al área de la sección roscada del tornillo.

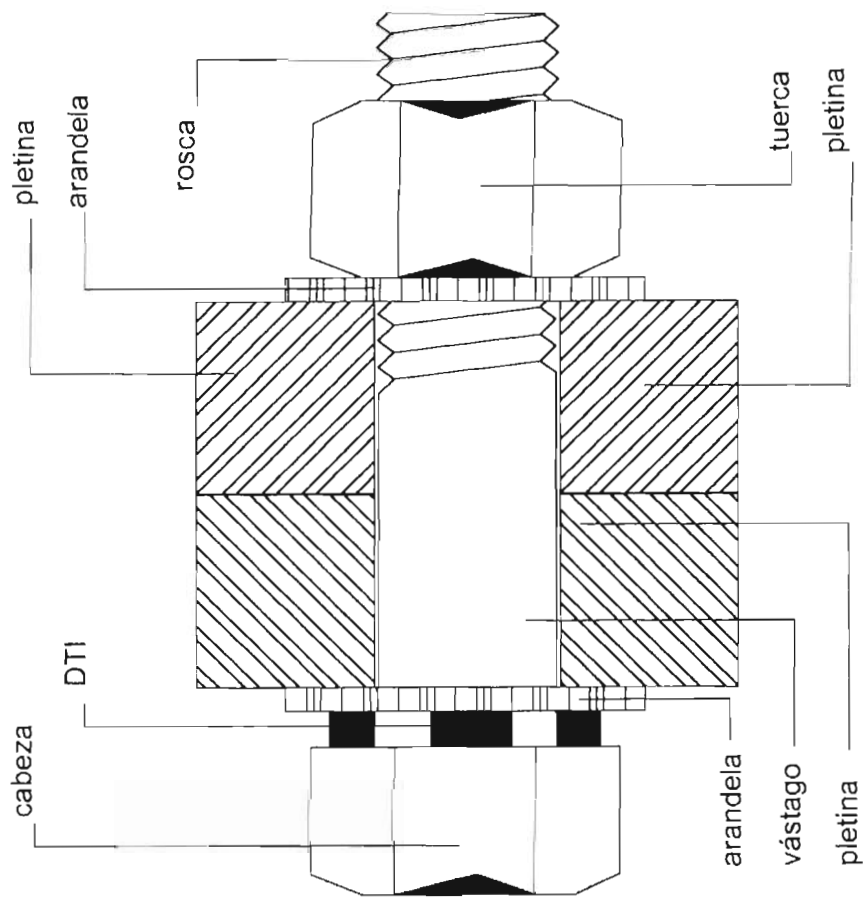

pletina
arandela
rosca
tuerca
pletina
DTI
cabeza
arandela
vástago
pletina

Fig. 19

En líneas generales se considera que este tipo de unión trabaja básicamente para cizalladura, pues en el rozamiento que es tan pequeño, el equilibrio de tensiones se hace básicamente por el cizallamiento entre el vástago del tornillo y la pieza; sin embargo esto no quiere decir que no intervengan otras fuerzas como el aplastamiento y la tracción.

Por su fabricación y trabajo se encuentran diferentes tipos de tornillos, así:

- **Perno ó tornillo para máquina (perno negro)**

Llamado perno negro, común ú ordinario, fabricados con acero A307 de bajo contenido de carbono, de cabeza y tuerca cuadrada y son los del tipo más barato de que se dispone para hacer conexiones.
Consiste en un tornillo de 1 mm menos de sección en el vástago que el hueco en el cual va alojado pues no tienen que ajustar a la pared interna de la perforación ya que solo empiezan a trabajar una vez que el mismo se deslice hasta la pared por efectos de cargar la estructura con las respectivas cargas muertas y vivas.
Utilizado ampliamente en Europa en puntos y en estructuras de cargas menores y para vientos y diagonales en estructuras grandes.

- **Perno ó tornillo de precisión**

Fabricado con acero A325 y A490, de un diámetro igual al de la perforación para que la espiga quede completamente ajustada a las paredes y así una vez que esté en posición haga parte de la sección del elemento perforado. Por sus dimensiones este tornillo tiene que ser puesto en posición por medios mecánicos pues debe entrar a presión en la perforación que lo va a recibir. Utilizado para edificios de cargas altas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTEC. "FE" GOMEZ

- **Perno ó tornillo de fricción**

Fabricado con acero A325 y A490, de un diámetro mayor en micras para ser introducidos mecánicamente en la perforación, que trabajan por fricción con las paredes de la perforación. Su trabajo además se basa en la fricción de la cabeza y la tuerca sobre las paredes de los elementos que se están uniendo, evitando el deslizamiento de las partes.

Deben ser puestos en posición por medio mecánico como una llave de torque ó medio mecánico eléctrico.

Estos pernos se denominan también de alta resistencia y son los de mas amplia utilización en todo tipo de estructuras en la actualidad pues las uniones que se obtienen son superiores en su trabajo y en la economía del sistema con relación a otras uniones y ofrecen buen número de ventajas, así:

1. Se requieren menos operarios que para remachar y soldar y se colocan a mayor velocidad.
2. Comparando con los remaches, se necesitan menor número de tornillos para obtener la misma resistencia.
3. Las uniones atornilladas requieren operarios menos especializados que las remachadas y soldadas.
4. No se requieren tornillos temporales como en las uniones soldadas.
5. El equipo de instalación es mas barato y produce menos ruido.
6. No hay peligro de fuego ni de calentamiento de piezas y por lo tanto es más seguro.
7. Ofrecen un mejor resultado del trabajo a la fatiga que las uniones remachadas y es igual ó mejor que el de las uniones soldadas.
8. Ofrecen mayor facilidad para desmantelar y desarmar la estructura.

En todo tipo de estructuras se utilizan básicamente dos clases de tornillos de alta resistencia que son los más utilizados como ya se dijo antes:

- **A325.** Fabricado en acero templado y de medio carbono.
- **A490.** Fabricado en acero con aleaciones.

Se encuentran en diámetros de ½", 5/8", ¾", 7/8", 1", 1 1/8", 1¼", 1 3/8", 1½". Fig. 20

- **Tuercas**

Fabricadas en los mismos aceros y diámetros de los tornillos, de forma siempre hexagonal, tienen problemas de identificación. Fig. 21

- **Arandelas**

Fabricadas en los mismos aceros y diámetros de los tornillos, entre las cuales se encuentran las arandelas de presión ó "guasas", las cuales tienen una abertura total transversal del material y un ángulo de alabeo que las hace diferenciar de las comunes pues no son completamente planas sino alabeadas.

8.1.3 INSTALACIÓN TORNILLOS

Los tornillos de alta resistencia se colocan en perforaciones que tienen dimensión de 1/16" mayores que su diámetro y por lo general se aprietan a una tensión que es igual a la carga de prueba, lo que significa el 70% de la resistencia última a tensión.

Las tuercas que tiene un trabajo muy importante por fricción, una vez que han sido apretadas no presentan casos de aflojamiento o pérdida de la tensión si han sido instaladas con toda propiedad.

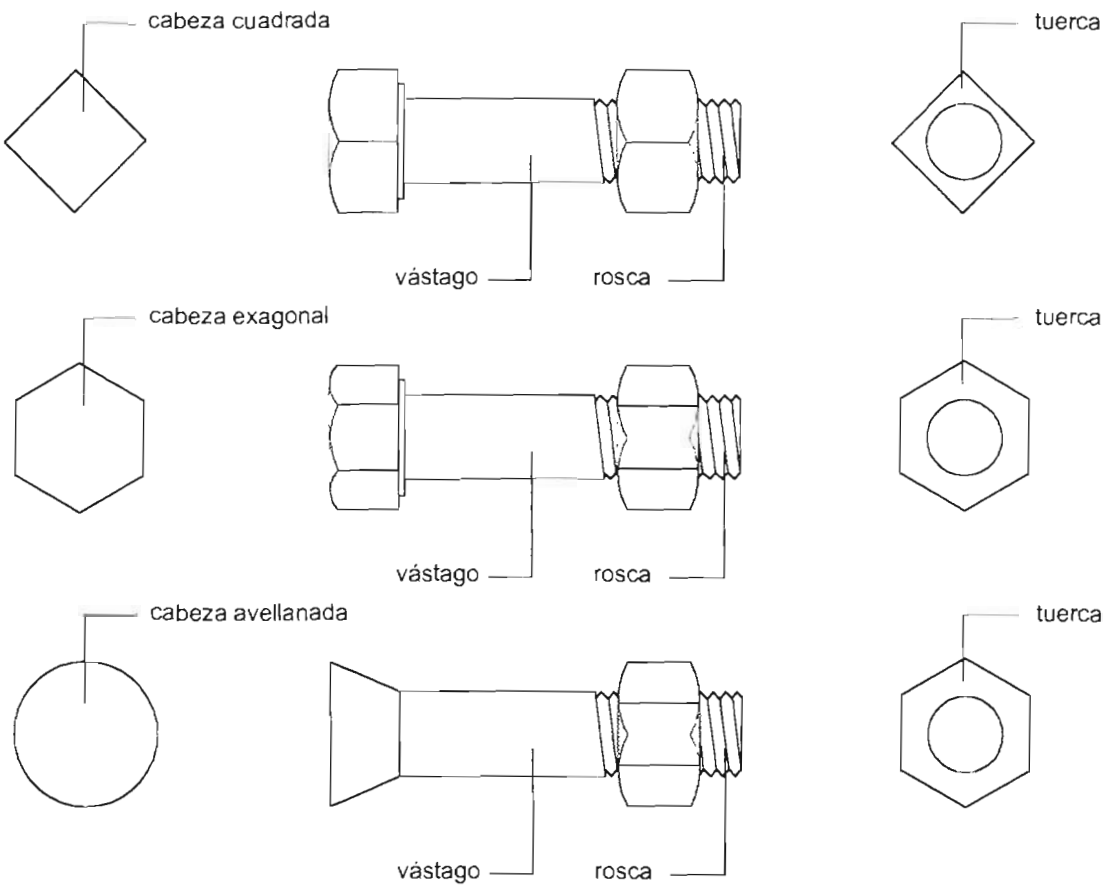
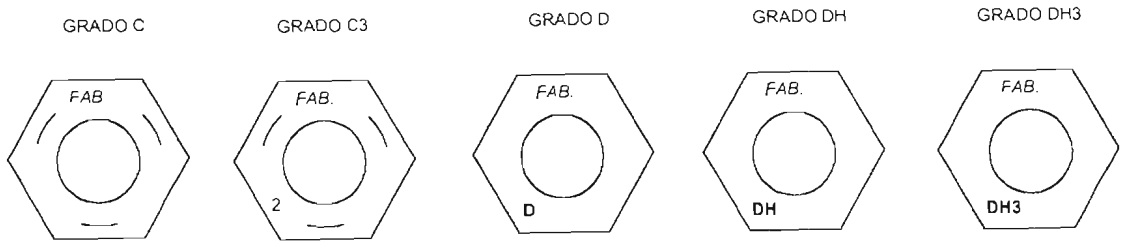

cabeza cuadrada
tuerca
vástago
rosca
cabeza exagonal
tuerca
vástago
rosca
cabeza avellanada
tuerca
vástago
rosca

Fig. 20

A563



A194

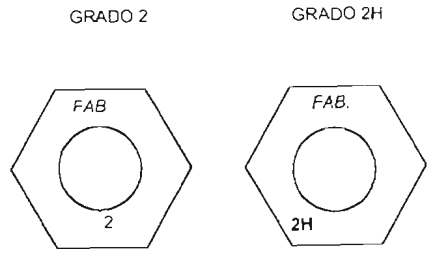


Fig. 21

En ocasiones según el diseño se colocan arandelas planas y de presión para mejorar la presión y la fricción entre las partes atornilladas y el tornillo mismo.

Durante mucho tiempo los tornillos se instalaron con el sistema denominado como "**una vuelta a la tuerca**", que consistía en girar la tuerca una vuelta completa a partir de que ésta estaba apretada por un método manual hasta el 90% de la carga de prueba. En la actualidad este método está en desuso.

Hoy se utiliza un método diferente llamado de la **"llave calibrada"** de impacto, que consiste en apretar los tornillos con una llave "Skidmore-Wilhelm" colocando un dispositivo calibrado (DTI, direct tensión indicator) entre la tuerca y el perfil, dispositivo que mide la presión que se va aplicando en la medida en que la tuerca se va apretando. Se toma el ajuste manual como punto de partida para aplicar a partir de este momento la llave de impacto para girar de allí en adelante ½ a 2/3 de vuelta, dependiendo del diámetro y longitud del tornillo.

También se utiliza el de la **"llave de torque",** en el cual la presión se mide en un calibrador que tiene la llave, donde la fuerza por la longitud del brazo de la llave son la presión alcanzada al apretar.

En todos los casos y por el método que se use debe existir un chequeo de preinstalación, consistente en tomar tres muestras de todos los elementos que intervienen en la unión, tornillo, tuerca, arandela plana, arandela de presión y medidor directo de presión, DTI, (si se usa) y con este conjunto seguir todo el procedimiento de apretado hasta el final, chequeando la presión obtenida y

recorriendo el mismo procedimiento en sentido inverso hasta desbaratar las tres uniones ensayadas.

Este chequeo es requerido como requisito indispensable sobre el conocimiento previo del sistema que se va utilizar y una vez que ha sido concluido se puede iniciar el proceso de atornillado definitivo de las partes que se van a unir en la estructura.

8.1.4 TIPOS DE UNIÓN CON TORNILLOS

Las uniones atornilladas se catalogan en cuatro categorías y la resistencia, el grado de tensión y los sistemas de inspección dependen de cada una de ellas.

El diseñador de la estructura atornillada debe consignar toda la información en los planos generales y también en los planos de taller y de erección de la estructura.

TIPOS DE UNIÓN

- **Tipo N cortante**, rosca del tornillo incluida. En la cual la rosca del tornillo está incluida en el plano de corte de la unión de las piezas metálicas a unir
- **Tipo X cortante**, rosca del tornillo no incluida. En la cual la rosca del tornillo está por fuera del plano de corte de las piezas metálicas a unir
- **Tipo SC**, deslizamiento crítico
- **Tipo DT**, tensión directa

8.2 UNIONES NO DESARMABLES

Son el tipo de uniones que deben destruirse por algún medio mecánico para desarmarse. En ellas encontramos las uniones soldadas.

8.2.1 UNIÓN SOLDADA

El concepto de unión soldada puede aplicarse a la fusión de dos ó más piezas de metal mediante un material de aportación llamado electrodo que por calor lo lleva a un estado fluido y plástico para convertir los elementos soldados en uno solo.

SOLDADURA

La soldadura es el elemento primordial en el trabajo de toda la estructura y como tal debe ser el más cuidadosamente trabajado en el sistema.

La soldadura que es el elemento de unión más usado en los edificios de estructura metálica es dependiente del concepto de **"soldabilidad"** del acero, el cual se puede interpretar como: **las condiciones y capacidad que ofrecen los materiales a unir por este medio para producir una unión libre de fracturas y rotura sin afectar sus propiedades físicas y químicas**; condiciones que deben tener todas las estructuras soldadas, las cuales son

aportadas por el tipo de acero en combinación con el tipo y los sistemas de juntas de soldadura utilizados.

8.2.2 MÉTODOS DE SOLDADURA

Existen en los edificios de estructura metálica diferentes medios y procedimientos de soldadura para diferentes tipos de metales y espesor de los materiales a unir. En ellos encontramos estos que son los usados generalmente en soldaduras para edificios y puentes que se definen como métodos de soldadura:

- **Soldadura manual con electrodo revestido**. Consiste en un método de alimentación manual, utilizando un electrodo revestido que se derrite por efectos de la corriente de un arco voltaico, formando una escoria protectora sobre el asiento de la soldadura.

- **Soldadura manual con alimentación automática**. Consiste en usar un método de alimentación automática, de una barra de alambre de soldar en la cual la protección del asiento de la soldadura se hace por medio de un gas que por lo general es gas carbónico, CO.

- **Soldadura a máquina con alimentación automática**. Consiste en usar un medio mecánico de alimentación del alambre de soldar y la protección del asiento de la soldadura se hace por medio de un polvo que se derrite en la superficie.

8.2.3 TIPOS DE SOLDADURA

- **SMAW (Shielded metal arc welding)**

Es el más tradicional de los tipos de soldadura, que a menudo se conoce como soldadura manual.
Consiste en crear temperatura por medio de un arco voltaico entre un electrodo revestido y los materiales que van a ser unidos, produciéndose una fusión entre los mismos.

El material metálico del electrodo se consume al ser transferido por su fusión, convirtiéndose en un material de aporte ó relleno y el material de revestimiento se convierte parte en gas que se evapora en el aire, parte se convierte en escoria y parte se absorbe por el material soldado.

Este procedimiento es el que comúnmente se conoce como **soldadura eléctrica.**

El electrodo revestido hace las siguientes funciones:

- Producir una protección contra el aire y estabilizar el arco
- Introducir dióxidos de otros materiales para refinar los granos del material a soldar
- Producir una cubierta de escoria para proteger la soldadura del oxígeno y retardar el enfriamiento

Hay diferentes tipos de electrodos para diferentes tipos de acero carbono y su denominación esta bajo las denominaciones de la AWS.

Existen básicamente electrodos para acero al carbono y para acero de baja aleación, clasificándose por las propiedades mecánicas del material de aporte, tipo de recubrimiento, posiciones en las que se puede usar el electrodo, tipo de corriente y polaridad a emplear.

De acuerdo con este sistema los electrodos se clasifican e identifican con la letra E y con cuatro ó cinco números dígitos, E6010, E6010-A, donde:

"E", significa electrodo

Los dos primeros dígitos, significan resistencia a la tracción

El tercer dígito significa las posiciones en que debe usurase el electrodo

El último digito significa las características del recubrimiento, la escoria y el tipo de corriente y polaridad.

En estos términos el electrodo **E-6010**, significa lo siguiente:

E: electrodo

60: 60ksi

1: para emplearlo en cualquier posición

0: electrodo con alto contenido de celulosa, base de sodio, para usar con corriente directa y polaridad invertida.

- **SAW (Sumerged arc welding)**

En este tipo de soldadura el arco voltaico no se ve pues está cubierto por una capa de material granular fundente.

El electrodo descubierto, es depositado como material de relleno y la punta del mismo está protegida permanentemente por la capa de material granular.

Este tipo es utilizado exclusivamente para soldaduras hechas en taller y por medios mecánicos automáticos.

- **GMAW (Gas metal arc welding)**

En este tipo de soldadura el electrodo es un alambre metálico, de alimentación continua de gas a través de un dispositivo en forma de pistola, donde la protección del fundente se provee por la presencia del gas, consistente en una mezcla de gases inertes y dióxido de carbono en diferentes proporciones.
Esta es la que comúnmente se conoce como soldadura **autógena.**

Cuando se agrega helio ó gas argón a los gases anteriores se obtiene la mezcla ideal para la soldadura de aceros inoxidables y para soldaduras de alta resistencia.

Cuando se agrega dióxido de carbono (CO_2) se obtiene la soldadura ideal para aceros de bajo carbono y para aceros aleados usados en diferentes partes de la edificación y en puentes.

- **FCAW (Flux cored arc welding)**

Proceso igual al GMAW (Gas metal arc welding) con la diferencia de que el electrodo pasa por una coraza ó cubierta tubular que hace el trabajo del gas.

8.2.4 JUNTAS DE SOLDADURA

Existen cinco (5) tipos básicos de juntas, sobre las cuales hay muchas variaciones, que dependen de: tamaño, forma de las piezas a soldar, tipo del relleno, área a soldar y costo de la soldadura.

- **JUNTA AL TOPE**

Usada para juntar perfiles ó platinas de la misma sección ó grueso.
Exige cuidados especiales como alinear y pulir previamente las caras a soldar.
Son soldaduras por lo general hechas en taller. Fig. 22a

- **JUNTA SUPERPUESTA Ó TRASLAPADA**

Usada para juntar piezas que superponen total ó parcialmente una sobre la otra. Fig. 22b
Permite soldar platinas de diferente espesor y por caras diferentes.
No requiere preparaciones ni cuidados especiales y permite un buen ajuste de las piezas.

- **JUNTA EN "T"**

Usada básicamente para fabricar piezas en **T** y en **I,** permite la construcción de otras piezas por medio de soldadura de cordón ó de relleno. Fig. 22c

- **JUNTA EN ESQUINA**

Usada para fabricar piezas rectangulares para vigas y columnas. Fig. 22d

- **JUNTA DE CANTO**

Usada para unir dos piezas en el mismo plano en piezas estructurales Fig. 22e

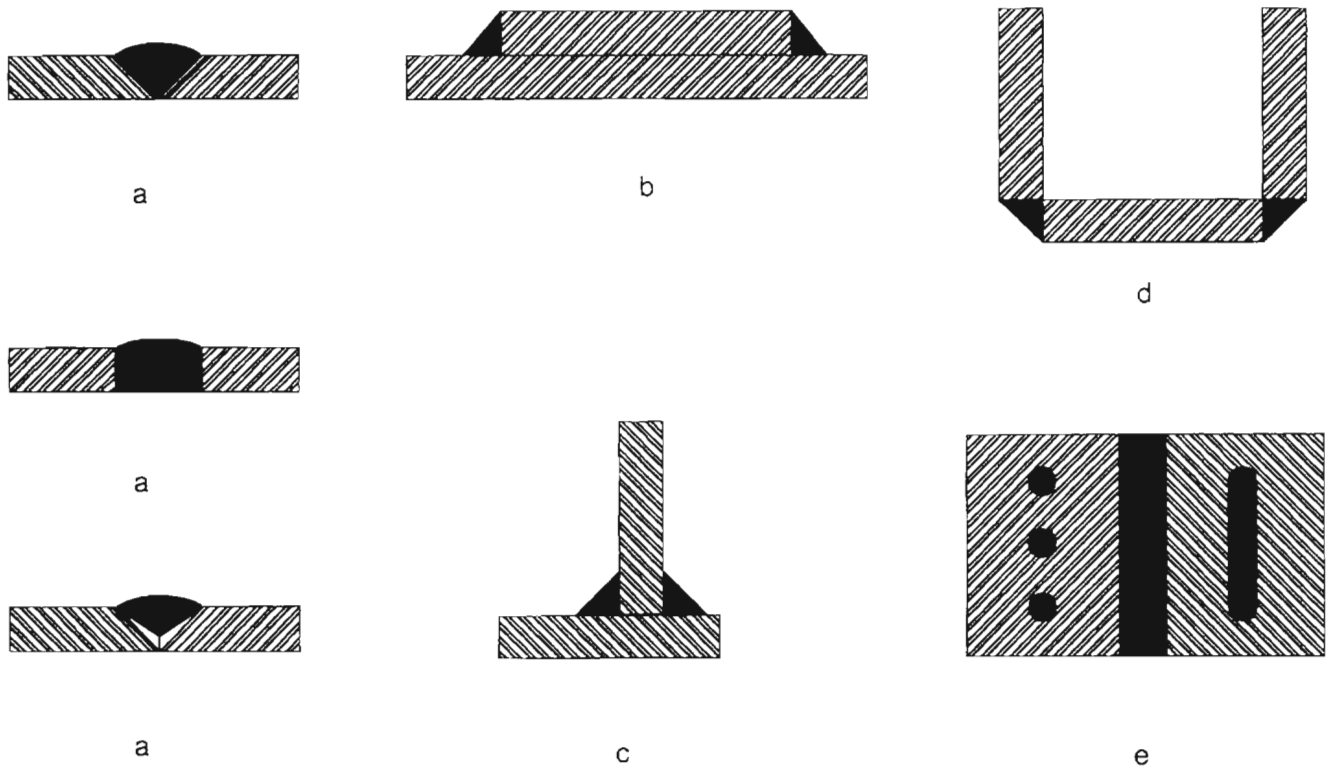


Fig. 22

8.2.5 FORMAS DE SOLDADURA

Existen cuatro formas de soldadura:

- **Acanalada ó estriada**

Utilizada para juntar piezas alineadas en el mismo plano ó lados adyacentes que requieren una preparación previa de las piezas a soldar.
Tiene diferentes formas y las hay de penetración parcial y penetración completa. Fig. 22a
Como su función principal es trasmitir todas las cargas entre las piezas a soldar debe tener la misma resistencia que tienen los elementos soldados.
Constituyen aproximadamente el 15% de las soldaduras de una estructura.

- **Cordón ó relleno**

Usada para juntar piezas en distintos planos y ángulos que no requieren cuidados especiales ni gran precisión y que tiene material de aporte ó de relleno casi siempre de forma triangular de lados iguales.
Por su fácil ejecución, adaptabilidad y su bajo costo es la forma mas usada en soldadura y constituyen aproximadamente el 80% de las soldaduras de una estructura. Fig. 22b, 22c

- **Ranura y Punto**

Usadas en combinación con soldaduras de cordón para evitar la cizalladura entre las piezas y para prevenir el pandeo de piezas superpuestas.
Constituyen aproximadamente el 5% de las soldaduras de la estructura.
Fig. 22f, 22g

8.2.6 POSICIONES DE EJECUCIÓN

La posición en la cual se ejecuta la soldadura tiene un importante significado en el aspecto estructural y económico de la estructura.
Tanto como que afecta la facilidad de ejecución, el tamaño del electrodo, la corriente utilizada y el grueso de las diferentes capas de soldaduras y el número de repasos necesarios.
La soldadura tiene posiciones en las cuales se puede ejecutar, siendo ellas: plana, horizontal, vertical y sobre cabeza. Fig.23

Plana: la cara de la soldadura es generalmente plana y la soldadura se ejecuta por encima de las partes a soldar.
Esta es la posición más común de ejecutar en trabajos de taller y de campo por lo fácil y por la velocidad de colocación del material que es tres veces mayor que el de las soldaduras horizontales.

Horizontal: el eje de la soldadura es horizontal y para soldaduras de cordón la cara está usualmente a 45 grados entre el plano vertical y horizontal, cuando en soldaduras acanaladas o estriadas la cara de la soldadura es vertical.

Vertical: el eje y la cara de la soldadura son verticales.

Sobre cabeza: la soldadura es ejecutada por debajo de las piezas a juntar.

El ejecutor debe en lo posible restringir y usar solo en casos muy críticos la soldadura sobre cabeza por ser la más difícil de ejecutar y en las soldaduras verticales, nunca soldar de arriba hacia abajo pues el material de relleno se chorrea.

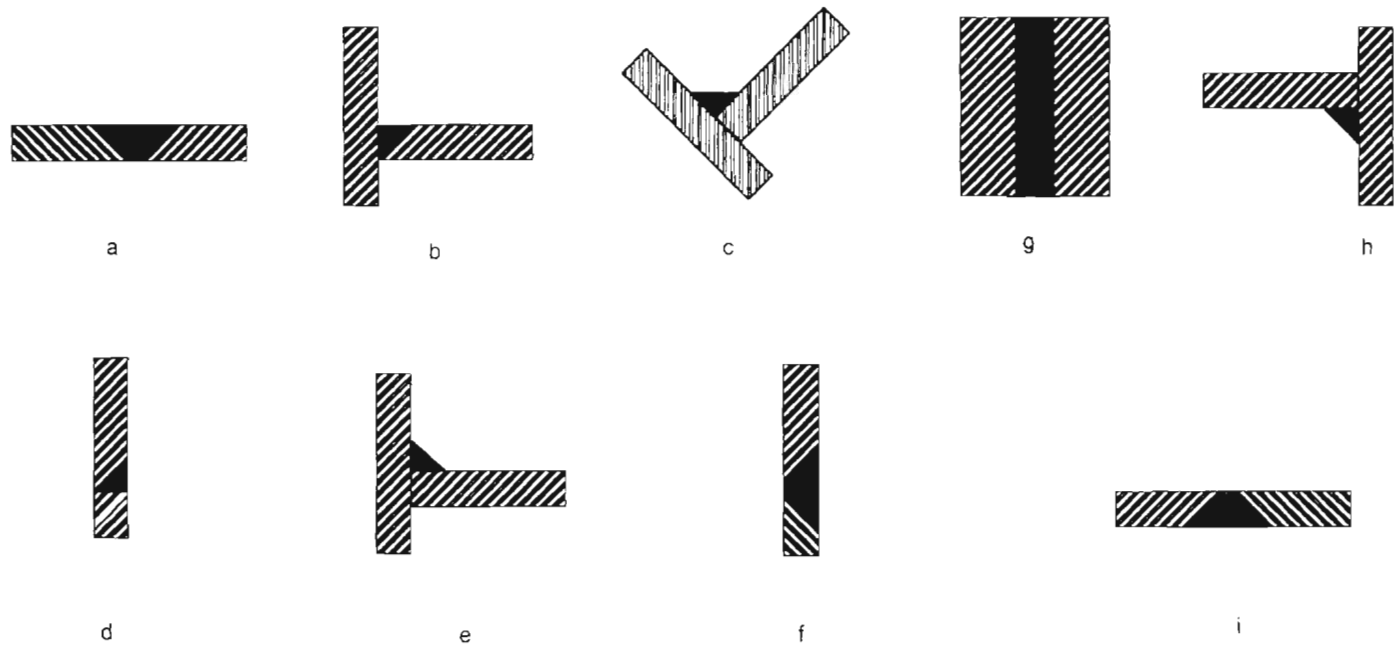


Fig. 23

SELECCIÓN DE LA SOLDADURA

Además del detalle y la forma de la soldadura, el Constructor debe ser cuidadoso en la escogencia del sistema de soldar que requiera menos material de soldadura para depositar, que se ejecute con una sola pasada del electrodo y por consiguiente se invierta menos tiempo en la ejecución pues el costo final va en relación directa al volumen de material colocado y al número de capas que se han depositado para conformar la soldadura.

En líneas generales la selección de electrodos, para una destinación especifica en acero de carbono medio se basa en los siguientes factores:

- Propiedades mecánicas del metal a soldar
- Composición química del metal a soldar
- Espesor y forma del metal a soldar
- Especificaciones y condiciones de servicio de la estructura a soldar
- Tratamiento térmico que se dará a la estructura
- Posibles posiciones de la soldadura durante la fabricación de la estructura
- Tipo de corriente y polaridad
- Diseño de la unión
- Eficiencia y condiciones de trabajo

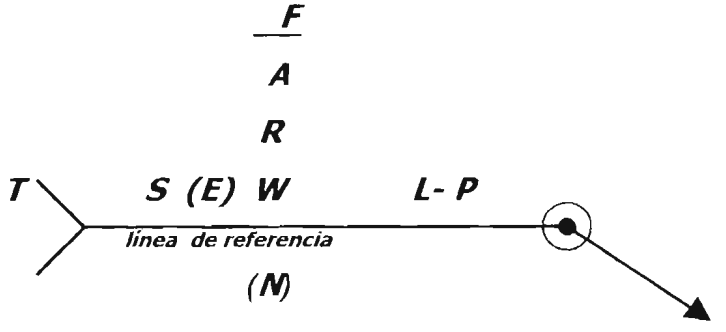
En los aceros al carbón de alta resistencia ó los inoxidables la selección se limita a uno ó dos electrodos diseñados y fabricados específicamente para este tipo de material y para dar una composición química específica en el material depositado.

En los aceros de baja aleación además de las condiciones químicas el electrodo se selecciona para obtener la mejor calidad al mas bajo costo, representado en la más alta velocidad de ejecución.

En todos los tipos de aceros de la estructura, además de la selección general se pueden escoger, electrodos de "solidificación rápida" que son aquellos adecuados para soldar verticalmente y sobre cabeza, electrodos de "llenado rápido" que son adecuados para soldaduras de alta velocidad, electrodos combinados de "llenado-solidificación" que son de características intermedias de velocidad y solidificación y electrodos bajos en hidrógeno apropiados para soldaduras de muy alta calidad y grandes espesores a llenar.

8.2.7 SÍMBOLOS EN LA SOLDADURA

Son el lenguaje técnico gráfico para indicar en los planos y especificaciones, el tipo, forma, tamaño y localización de la soldadura, que constituyen un código universal para diseñadores y constructores.



Donde, F = acabado de la soldadura

—— = línea de ejecución de la soldadura

A = ángulo de la soldadura

T = información adicional

S = profundidad de preparación

E = cuello de la soldadura

W = símbolo de la forma de la soldadura

L = longitud de soldadura

P = espaciamiento

N = número de soldaduras

8.2.8 MÉTODOS DE INSPECCIÓN

Siendo la soldadura un método de unión que necesita destruirse para desarmar las uniones debe ser muy estrictamente chequeado en su ejecución, tanto como que es el método más utilizado en la actualidad.
Existen algunas técnicas de inspección de la soldadura:

- Inspección visual. Ejecutada previamente, durante y después de haber terminado el proceso de soldar las piezas.
  Consiste básicamente en inspeccionar todos los elementos con los cuales se va a ejecutar la soldadura, chequear los procedimientos de ejecución aplicados por el soldador durante el tiempo de aplicación y finalmente inspeccionar el producto terminado en busca de algunos defectos, tales como: dimensiones, concordancia con los planos, aspecto general, investigación de la existencia de cráteres, grietas, picaduras y socavamientos en la soldadura ejecutada. Para ello se utiliza la observación sobre el

producto en proceso y terminado, basado en la experiencia del inspector en detectar algunos defectos que ameriten la destrucción y repetición del proceso de soldar las piezas que se están uniendo en el proceso.

Pueden utilizarse algunos elementos de ayuda tales como, planos de la obra, reglas, espejos y lupas, tiza térmica y cámara fotográfica.
Es un procedimiento económico, que requiere una gran experiencia, habilidad y buena vista por parte del Inspector y que en caso de la duda debe utilizar otro sistema que sea más confiable.

- Partículas magnéticas. Sistema ejecutado después de terminar la soldadura para identificar defectos superficiales y grietas producidos en la soldadura por discontinuidad en los materiales ferromagnéticos que no son identificables a simple vista.
  Para ejecutarlo se utilizan elementos como, bobinas de inducción magnética, fuentes de energía eléctrica, polvos magnéticos y luz ultravioleta.
  Es un sistema de bajo costo y de buenos resultados, pero que no es confiable en soldaduras gruesas.

Procedimiento:

1. Escoger la zona a la cual se le realizará el ensayo.
2. Espolvorear polvo magnético sobre la superficie.
3. Aplicar la corriente en la zona con la ayuda del equipo, esto genera un campo magnético en ángulos rectos en dirección del paso de la corriente.
4. El polvo magnético se aglomera en los puntos donde la corriente encuentra discontinuidad, indicando los defectos que tiene la superficie.

La forma, claridad de los contornos, el ancho y la altura a la que se aglomeran las partículas son aspectos que se utilizan para identificar discontinuidades; cuando se presentan formas poco usuales puede requerirse de otros métodos de prueba para determinar la identidad de la fisura.

- Tintas penetrantes. Sistema utilizado para identificar grietas superficiales y poros invisibles a la vista, utilizado donde no son aplicables los sistemas de partículas magnéticas como en los materiales no ferrosos.

  Para ejecutarlo se utilizan tintas penetrantes fluorescentes, tintas penetrantes colorantes, reveladores sobre la superficie soldada y lámpara ultravioleta, dando tiempo para que el material en chequeo absorba la tinta aplicada.

  Es un sistema poco costoso, ejecutable con equipos portátiles, con resultados identificables por un proceso visual como complemento.

Procedimiento:

1. Limpiar la superficie a la cual se le realizará el ensayo.
2. Aplicar la tinta fluorescente ó colorante.
3. Esperar un tiempo mínimo 15 minutos y máximo 1 hora, para que la tinta se absorba.
4. Limpiar el exceso de tinta en la superficie.
5. Si el ensayo se realizó con tinta fluorescente, exponer la superficie a rayos ultravioleta para identificar las fisuras ó defectos. Si el ensayo se realizó con tinta de color, las fisuras y defectos deben observarse a simple vista, en ocasiones es necesario utilizar lupas.

Debe darse tiempo para que se realice la absorción del material en las discontinuidades, el que puede requerir hasta una hora en trabajos de gran precisión.

- Ultrasonido. Método ultrasensible para detectar, localizar y medir defectos superficiales y profundos en los metales.

  Consiste en atravesar la pieza por un sonido ultrasónico y definir la energía disipada por una grieta ó por un objeto extraño dentro de la soldadura.

  Para ejecutarse se requiere de un equipo lanzador de rayos ultrasónicos, pantalla receptora de impulsos y elementos de calibración.

  Sistema costoso pero de resultados rápidos y confiables y de una gran capacidad de penetración para identificar problemas profundos.

  Este sistema requiere personal muy especializado en la utilización del equipo.

- Rayos gamma. Método utilizado para la evaluación dimensional y volumétrica del problema interno.

  El equipo es un conjunto de fuente emisora de rayos gamma, película radiográfica, revelador de película, pantalla, y dispositivo de control de radiación.

  Sistema costoso utilizado para evaluar las dimensiones del problema y su volumen que además de requerir el equipo especializado demanda un personal altamente calificado en el manejo de radiaciones donde debe chequearse periódicamente la influencia de la radiación sobre el organismo.

- Rayos equis (X). Método utilizado para establecer la presencia de discontinuidades, cambios de sección, variaciones en la densidad ó composición de la soldadura.

  Es el método más confiable aunque su aplicación e interpretación requieren un conocimiento profundo sobre el sistema. Con el fin de mejorar los resultados en ocasiones se usa un penetrómetro que actúa como calibrador.

  Requiere del mismo equipo usado para rayos gamma pero con fuente de

equis (X), el cual es de un costo bastante alto y presenta el mismo problema de radiación del sistema de rayos gamma.

Cualquiera de los sistemas utilizados va encaminado a identificar problemas en la soldadura terminada, tales como: fracturas, porosidad, mordedura en los bordes, inclusiones de escoria, grietas, cordones, huecos, falta de penetración, fusión incompleta, falta de conexión entre las partes, adherencia en los bordes de las piezas, existencia de copos producidos por hidrógeno.

CAPÍTULO 5

PROCESO CONSTRUCTIVO

106-135

9. PROCESO CONSTRUCTIVO

Antes de iniciar la construcción de un edificio de estructura en acero es muy importante hacer algunas definiciones como **trabajo previo,** que competen con la modalidad de contrato con el que se va a construir:

9.1 DEFINICIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL

El término "acero estructural" en un edificio metálico comprende los siguientes elementos de la estructura de acero, diferentes a los de los puentes que se construyen en el mismo material:

- Anclajes de acero para la estructura
- Bases de hierro ó acero
- Platinas
- Abrazaderas
- Broches
- Columnas
- Marcos de puerta que hagan parte del pórtico de acero
- Juntas de expansión
- Celosías
- Vigas y perlines
- Tensores
- Dinteles
- Separadores, ángulos, tees y pines
- Remaches, tornillos, arandelas y tuercas

- Riostras
- Amarres
- Vigas armadas

9.2 CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL PESO

Los contratos de edificios metálicos estipulan la unidad de medida por **kilogramo de fabricación, kilogramo enviado a la obra ó kilogramo de instalación.**

El cálculo se realiza se acuerdo al peso de los materiales que aparecen en los planos de taller y por un sistema que sea de fácil verificación para el Propietario de la obra ó su Interventor y para ello se usan los siguientes pasos en el procedimiento:

- El peso del acero se asume en 490 libras por pié cúbico ó 7.480 kilos por metro cúbico.
- El peso de perfiles, platinas, barras y perfiles tubulares se calcula siguiendo los planos de taller donde se indican las cantidades y dimensiones de los elementos.
- El peso de todos los elementos estructurales y perfiles tubulares es calculado usando el peso nominal por **milímetro** en toda la longitud.
- El peso de platinas y barras se calcula con el detalle de las dimensiones rectangulares en milímetros en toda la longitud.
- Cuando las partes se despiezan de elementos más grandes sin producir desperdicio, se usan las medidas reales.

- Cuando hay desperdicio que sobra este peso se desprecia y se considera el peso de la pieza base.
- No se deducen rebajas en el peso por perforaciones, huecos, pulimentos y preparaciones para soldar.
- El peso de encamisados se calcula con el detalle de cada una de las piezas y se agrega un 10% por traslapos.
- El peso de pernos, tuercas y arandelas se calcula con la siguiente tabla:

∅	peso x 100 unid.
1/2 "	20 lb.
5/8"	30 lb.
3/4"	50 lb.
7/8"	100 lb.
1"	150 lb.
1 1/8"	250 lb.
1 1/4"	325 lb.

- Para pernos, tuercas y arandelas se debe considerar y proveer un desperdicio del 2%.
- El peso de soldadura y recubrimientos de protección no se considera en el peso de la estructura para efectos de pago.
- El término "acero estructural" no incluye hierro, acero y otros elementos que se requieran para amarres temporales en el ensamble é izaje de la estructura, aunque ellos aparezcan en los planos.

9.3 PLANOS Y ESPECIFICACIONES

- Los planos y especificaciones deben incluir detalle preciso sobre el sitio donde se muestre claramente el acceso al lote, existencia de líneas de trasmisión de energía y existencia de edificaciones vecinas y sus alturas.

- Debe haber claridad sobre los planos y especificaciones sin importar la modalidad de contrato, estableciendo claramente la localización de todos los elementos estructurales, incluyendo los elementos ya ensamblados y la localización y tamaño de todas las aperturas y perforaciones.

- Debe ser elaborada una relación de todos los elementos a suministrar con el fin de poder establecer la cantidad, tamaño y peso de todos los componentes de la estructura.

- La información anterior es importante para el fabricante poder ordenar el material necesario y para la elaboración y preparación de los planos de taller, de los programas y diagramas de izaje.

- Debe incluirse todo el conjunto de planos de detalle que complemente la información anterior.

- En caso de discrepancias entre los planos y las especificaciones de construcción de edificios, priman las especificaciones. Caso contrario al de los puentes donde priman los planos.

- En caso de discrepancias entre los esquemas y las cotas, priman los esquemas y dibujos.

- En caso de que los planos de taller sean elaborados por el fabricante, estos deben ser aprobados y revisados por el Propietario ó su Interventor antes de iniciar el proceso de producción.

- Cuando los planos de taller son elaborados ó suministrados por el Propietario, este es responsable de la precisión y ajuste de los mismos.

9.4 ALMACENAMIENTO

- Muchos fabricantes mantienen inventarios de material para sus contratos, en tal caso los materiales seleccionados deben ser por lo menos de una calidad igual a los requeridos por las especificaciones de la ASTM que aplican a la clasificación de los mismos y deberá informar al Propietario sobre la procedencia de los mismos así como los **protocolos de fundición**.

- Cuando algunos materiales se ordenan directamente a la fundición, estos deben estar respaldados con los **protocolos de ensayos**, los cuales deben ser aprobados por el Propietario ó su Interventor.

- Materiales almacenados durante largos períodos de tiempo deben ser tratados para retirar todas las escamas de óxido, limallas, grasas y pinturas.

9.5 INSPECCIÓN, TRANSPORTE Y DESPACHOS

- Ensayos, fabricación y fundición deben ser ejecutados con el fin de demostrar la concordancia de los materiales con los requerimientos del contrato y a menos que se convenga algo en contrario deben cumplir con todas las especificaciones de la ASTM que apliquen.

Quien fabrica la estructura no hace ensayos de las piezas pues estos deben ser suministrados por el taller de fundición y laminado.

- Cuando el Propietario desea que los materiales sean inspeccionados por una tercera persona distinta al Fabricante, este Inspector se reserva el método de inspección el cual abarca la materia prima así como los procesos de manufactura, soldadura, controles de fabricación, almacenaje, etc. y estos deben cumplir con todos los requerimientos exigidos en el contrato.

- Previo a la pintura de elementos el Fabricante debe limpiar el acero de óxido, limalla, esquirlas, grasa y cualquier otro material extraño, lo cual se hará con cepillo de alambre ó cualquier otro método escogido por el mismo y a menos que se especifique, no es necesario el uso de chorro de arena, sopletear ó picar el material.

  A menos que se especifique otra cosa, la pintura aplicada es una base que pretende proteger el acero por un período de tiempo corto para prevenir la acción de los agentes atmosféricos y en todos los casos debe ser considerado como un tratamiento provisional y nunca definitivo.

- El Fabricante deberá tener en su taller copia del programa de izaje de la estructura y los elementos deberán enviarse en el orden en que no perjudiquen la secuencia de ensamble.
  Los materiales enviados deben llegar a riesgo del fabricante a la obra y cualquier deterioro en alguno de los elementos enviados deberá ser reparado ó repuesto a sus expensas y el funcionario que recibe deberá avisar inmediatamente al Propietario.
  El Fabricante deberá resolver todos los asuntos inherentes al transporte local, referentes a tamaño de la carga y horarios de descargue en la obra.

- Todos los elementos de acero que componen la estructura deben llegar marcados con pintura con un código para su identificación y ubicación en la obra.

- Los tornillos, tuercas y arandelas deben ser enviados en guacales ó cajas rotulados adecuadamente por tamaños para su fácil identificación.

Un edificio en estructura metálica tiene procedimientos de ejecución en común con un edificio tradicional de hormigón, de mampostería estructural ó de cualquier otro sistema y ellos constituyen básicamente el diseño de ejecución que es el mismo para los todos.

9.6 DISEÑO DE EJECUCIÓN

El diseño de ejecución puede entenderse como el **"EL QUÉ, EL CÓMO, EL CUÁNDO Y EL CON QUÉ"**, vamos a ejecutar el edificio.

Donde **EL QUÉ**, puede entenderse como el conocimiento previo del objeto que vamos a construir en todos los aspectos en la parte cualitativa y cuantitativa del mismo.

Es así como para la parte cualitativa tendrá que haber un conocimiento claro sobre:

- Planos arquitectónicos generales completos a escala menor
- Planos arquitectónicos de los detalles a escala mayor
- Planos estructurales completos con sus respectivos despieces y detalles de manufactura y ubicación

Para esta parte es importante decir que los planos estructurales de un edificio metálico tienen una codificación que indica el tipo de perfil, longitud, características y su ubicación en la obra.

- Planos de taller para todos los elementos estructurales con sus respectivas planillas de materiales
- Especificaciones técnicas de construcción
- Normas que aplican al sistema

En la parte cuantitativa habrá que tener un conocimiento claro sobre cantidades de obra para ejecutar por perfiles, tipo y ubicación, así como conocimiento del **peso en kilogramos que es la unidad de ejecución** en la estructura metálica.

Para efectos del conocimiento cuantitativo del edificio en acero estructural se debe dejar claro que es lo que constituye este sistema pues adicionalmente hay otros componentes que son parte de otros sistemas que por lo general son en otros materiales distintos al acero estructural.
Cuando se habla entonces de un sistema de edificio en acero estructural, se refiere a las partes del sistema tal como se dijo en la definición de un edificio de estructura en acero.

El CÓMO, puede entenderse como la alternativa y estrategia de ejecución escogida y su proceso constructivo, que comprenden:

- Sectorización del edificio
- Frentes de trabajo
- Dirección de la construcción en el sentido horizontal y vertical
- Almacenamientos
- Flujos de material
- Localización y operación del equipo de izaje y erección
- Operación del equipo de soldadores
- Diseño de un buen patio de operaciones e instalaciones provisionales
- Elaboración de un programa de Seguridad Industrial
- Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental
- Establecimiento del tipo de controles, sistema de aplicación de los mismos.

Esta parte del planeamiento es quizás la más importante del diseño de ejecución.

El CUÁNDO, puede entenderse como el tiempo en el cual vamos a ejecutar la obra ó lo que es lo mismo el programa de ejecución, que comprende:

- Diagrama de barras general
- Diagramas de barras por sectores
- Precedencias y secuencias
- Rendimientos de equipo
- Rendimientos de mano de obra
- Ruta crítica de la ejecución
- Establecimiento de un plan de control de los mismos, informes y su frecuencia.

Los diagramas de barras deben reposar también en el taller de fabricación para que los despachos coincidan con la secuencia de la erección en obra.

El CON QUÉ, puede entenderse como el conjunto de recursos necesarios para la ejecución, que comprende:

Recursos materiales

- Proceso de licitación, adjudicación y contratación
- Definición de los materiales que cumplen
- Transporte, almacenamiento y manipulación de los materiales
- Programa detallado de suministros
- Plazos de entrega y forma de pago
- Histogramas

Recursos humanos

- Conformación y asignación de cuadrillas por especialidades
- Llegada y salida de cuadrillas
- Rendimiento de cuadrillas
- Histogramas

Recursos de maquinaria y equipo

- Asignación de equipos
- Fechas de entrada y salida de equipos
- Definición sobre equipos propios ó arrendados
- Programa de mantenimiento preventivo
- Histogramas

Recursos económicos

- Presupuesto detallado
- Análisis de precios unitarios
- Flujo de fondos

Recursos informáticos

- Hardware disponible
- Software disponible

9.7 CONTROLES

Deben definirse claramente las políticas de ensayos y controles y su periodicidad. Ver Capitulo 6

9.8 INSTALACIONES PROVISIONALES

Las instalaciones provisionales de un edificio en acero estructural van bastante mas allá de lo que tradicionalmente se plantea, que casi siempre se circunscribe a resolver los campamentos y un poco proveer un patio de operaciones é instalaciones provisionales suficientes.

Van tanto mas allá como que hay que realizar un verdadero **diseño de planta de operación** donde se consideren todos los movimientos y tiempos y para ello se considera como requisito indispensable:

- Deberá construirse un cerramiento acorde con las normas municipales vigentes y que corresponda al aislamiento de la obra de los peatones. En una obra de este tipo se manejan elementos pesados con radios de giro que muchas veces pasan por encima de las circulaciones peatonales y por lo vistoso de las operaciones siempre despiertan mucha curiosidad entre los transeúntes.

- Debe proveerse un acceso de vehículos, con suficiente capacidad de soporte para que el piso no se deteriore con el paso de vehículos pesados.

- Deberá existir un espacio suficiente en el patio que permita la operación cómoda de grúas móviles y "derricks", con un piso debidamente afirmado y terminado, así como espacio suficiente para almacenamiento temporal de los elementos metálicos que en ocasiones alcanzan longitudes mayores de doce metros, ubicado cerca del sitio de izaje.
  Como área de almacenamiento se pueden considerar entre 3 y 4 m2 por tonelada cuando los elementos se almacenan acostados.

- Considerar el funcionamiento y radio de operación de grúas fijas, móviles y "derriks" en el sitio, el cual debe estar libre de líneas de energía y teléfonos para poder operar en forma segura.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTEC. FE" GOMEZ

- Cuando la estructura tiene un 100% de ocupación del lote deberá contemplarse el descargue directo desde el camión en la calle y usar una grúa fija arriostrada a la estructura para facilitar la operación.
  En este caso deberán conseguirse los permisos respectivos para descargue en horas que no perjudiquen el tráfico local y también los permisos para el trabajo en horas de la noche.

- Deben proveerse tres tipos de andamios:
  Andamios y puntales para soportes temporales
  Andamios para las áreas de trabajo y para circular hacia ellas
  Andamios y barreras de protección debajo de las áreas de trabajo y para proteger las áreas por donde circulas peatones y vehículos cercanos ala construcción.

- Las instalaciones provisionales deben contar con la energía adecuada para la instalación de grúas y soldadores é iluminación nocturna, según los consumos y capacidad requeridos y por sobre todo con las debidas protecciones para el caso de sobrecargas y cortos circuitos que puedan ocurrir eventualmente. Es necesario considerar que los consumos son altos luego debe existir un transformador de buen tamaño.

- Debe implementarse un completo programa de Seguridad Industrial preventiva y curativa, que prohíba terminantemente la circulación de personal en el radio de giro del equipo de izaje y sobre todo cuidar que alambres energizados hagan contacto con la estructura metálica y dotar la obra de un equipo completo de protección y extinción de incendios.
  Deben contemplarse vallas de seguridad para la caída de objetos, prohibir el ingreso de personal no autorizado a la obra.

- Debe implementarse desde el inicio de la obra un sistema de comunicaciones tipo radio teléfono, entre el personal que opera el equipo de izaje y el Residente y Maestro que manejan la operación del montaje. Para ello deberá establecerse previamente un código claro de mensajes y señales.

- El personal estimado para operar el izaje está considerado entre 10 y 12 hombres por grúa y 3 en labores de supervisión y coordinación.

9.9 CIMENTACIÓN - ANCLAJES

El sistema de fundaciones puede ser motivo de contrato entregado a Contratista distinto al de la estructura por lo diferentes que son las actividades y si esto ocurre, el Constructor de la cimentación deberá ejercer un control riguroso en una actividad tan importante como el arranque del edificio, como punto de partida para el éxito en la ejecución del trabajo metálico.

La cimentación de un edificio de estructura metálica no difiere de la de otro sistema constructivo y depende básicamente de las condiciones del terreno, del tipo de edificio, de las cargas del mismo, de las normas establecidas por la NSR-98.

Sea la cimentación diseñada, profunda ó superficial, el aspecto más importante es la unión de la sub-estructura con la super-estructura, la cual se hace por medio del sistema de anclajes usados en el edificio de estructura metálica.

El anclaje tiene dos aspectos fundamentales que cuidar, tanto como que es el principio del éxito de una buena obra pues edificio que arranca bien es posible que termine bien.

Como en toda estructura, el éxito final depende de un buen arranque, por lo tanto es indispensable que los anclajes queden bien ubicados, con tolerancias de error en desplazamientos horizontales mínimas y completamente a nivel.

Debe existir un plano de ejes de columnas para la localización de anclajes, el cual debe ser suministrado por el Diseñador de la estructura encargado por el Propietario.

La localización de puntos, ejes y líneas de trabajo deberá ejecutarse siempre con aparatos de precisión, preferiblemente electrónicos pues esto contribuye a la precisión y a evitar desplazamientos horizontales y verticales.

Veamos algunos aspectos vitales en el proceso constructivo del arranque de un edificio de estructura metálica:

9.9.1 Desplazamientos horizontales

Para evitar desplazamientos horizontales deberá usarse una plantilla de madera como guía, que sea fiel copia de las perforaciones donde se van a alojar los tornillos en la base de la columna.

Esta plantilla sirve para alojar temporalmente los pernos en el punto exacto durante el vaciado de las zapatas y deberá cuidarse adicionalmente la verticalidad de los pernos para que los mismos queden en la posición correcta

en la pletina de base del anclaje que es el arranque de la columna ó pilar del edificio.

Hay que anotar que los agujeros se construyen en la plantilla sin ninguna tolerancia y en la pletina de arranque con una tolerancia por exceso de 3 ó 4 mm y así permitir el posicionamiento fácil de la pletina.

Usando este procedimiento se eliminarán por completo los desplazamientos horizontales de los pernos, lo que garantiza un buen atornillado de la pletina de base de la columna.

Las tolerancias en la colocación de los anclajes deben estar dentro de los rangos permitidos en las especificaciones.

9.9.2 Nivelación

La nivelación de las plantillas en el vaciado de los anclajes es definitiva en el arranque de las columnas para que las pletinas de base asienten perfectamente pues en el caso contrario habrá que "calzar" la pletina con hormigón por debajo con el fin de nivelarla para el arranque.

Cuando se usan pletinas de dimensiones superiores a 750 mm x 400 mm se deben hacer agujeros de 50 mm para evitar la presencia de bolsas de aire que deforman la superficie acabada del vaciado.

Una vez que se termina el vaciado del hormigón y este ha empezado su proceso de fraguado se retiran las plantillas y se enrasa la superficie sobre la cual van a asentar las pletinas.

9.9.3 Calzado con "grout"

Como conservar la horizontalidad del vaciado del hormigón de los anclajes es a veces difícil, se debe prever calzarlos con "grout" de alta resistencia con el fin

de conservar la horizontalidad de la pletina del anclaje y permitir que la carga que aporta la pletina sea uniformemente repartida sobre el anclaje. Fig. 24

Para esto debe seguirse el siguiente procedimiento:

- Emparejar el enrase del hormigón, retirando todas las imperfecciones y dejando una superficie rugosa que permita la adherencia.

- Limpiar la superficie de toda grasa, aceite, polvo, pantano y de lechadas superficiales ó partículas de cemento sueltas.

- Limpiar los huecos de la pletina y los pernos que irán embebidos en el hormigón del anclaje.

- Limpiar la parte inferior de la pletina de todo elemento extraño que impida el contacto de la misma con el hormigón ó que impida la reacción del cemento.

- Hacer pruebas y chequeo de colocación de la pletina y del "grout" con el fin de evitar la presencia de aire por debajo de la pletina.

- Hacer un chequeo final de las alturas y horizontalidad de la pletina.

- Una vez que la pletina está en la posición correcta, alineada en dos direcciones, se satura de agua el hormigón del anclaje durante 6 horas antes de fundir el "grout".

- Retirar el agua sobrante ó detenida por medio de un sifón, bomba de succión ó secando la superficie.

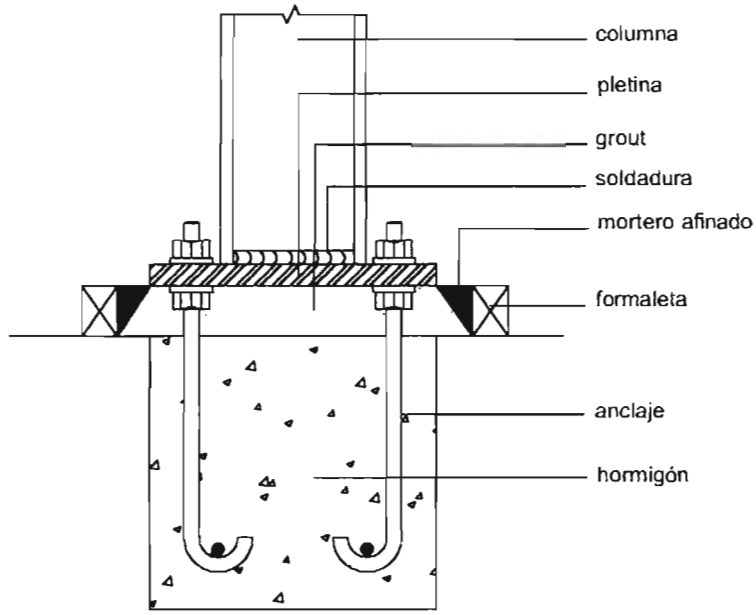

columna
pletina
grout
soldadura
mortero afinado
formaleta
anclaje
hormigón

Fig.24

- Para que el "grout" no se chorree hacia los lados se debe colocar formaleta alrededor del anclaje con una altura siquiera de 6 cm por encima del enrase del "grout".

- Inyectar el "grout" con un sistema rápido que garantice que el mismo se va a repartir uniformemente en toda la superficie y llenando toda la altura por vaciar.

  El vaciado no se debe interrumpir y la formaleta debe retirarse solo cuando el "grout" se halla endurecido.
- Nunca se debe agregar agua ni cemento para mejorar las condiciones de manejabilidad del "grout" y se prepara solo la cantidad que se pueda fundir en 15 minutos.

- Inyectar el "grout" sin detenerse para evitar la segregación de los elementos y la evaporación del agua de constitución.

- **No vibrar el "grout"** pues este por su configuración fluida debe llenar por sí mismo todos los espacios.

- Usar una "pesca" de alambre para ayudar al desalojo del aire y para hacer rodar el "grout".

- Una vez que el "grout" ha endurecido, se retira la formaleta y pulen las áreas y superficies exteriores a mano con un mortero de sello.

- Una vez que el "grout" ha adquirido la resistencia se aprietan las tuercas a los pernos del anclaje con una llave de torque ó de impacto hasta la resistencia especificada en los planos.

- Debe hacerse una nivelación en redondo a todo el conjunto de pletinas antes de iniciar el izaje y puesta en posición de las columnas de arranque.

El sistema de cimentación que incluye los anclajes debe estar completamente concluido para no interferir las labores del izaje.

9.10 IZAJE

El montaje del edificio de estructura metálica es más un problema de ensamble, plomado y nivelado de elementos que un problema de otra línea semejante del trabajo de construcción, donde interviene en forma sustancial el tipo y cantidad de equipo de izaje.

Cada elemento de la estructura viene marcado del taller del fabricante con una nomenclatura precisa que lo distingue de los otros elementos y demás miembros para ensamblar, manejados por unos planos de ensamble que muestran la posición de los diferentes elementos constitutivos de la estructura y que permiten a los operarios su fácil identificación en el patio de almacenamiento.

20C12(2-4)A, donde:

20: hoja donde se encuentra el detalle de la pieza y su ubicación

C: columnas

12: número de piezas despachadas

2-4: tramo ó piso de localización

A: ubicación de la grúa

El izaje ó erección de la estructura metálica tiene un aspecto muy importante para considerar, que va en relación directa con la calidad del producto terminado como son las **tolerancias**, que deben ser cuidadosamente manejadas durante todo el proceso de erección del edificio.

9.10.1 TOLERANCIAS

Es de esperar que se presenten algunas variaciones en las dimensiones de una pieza terminada en el esqueleto de un edificio de estructura metálica.

Estas tolerancias pueden ser originadas en diferentes momentos del estado del proceso:

a) En el laminado de los perfiles, ocasionando diferencias en la sección, pandeo y en el acabado; diferencias que deben estar dentro de lo permitido en las normas de la ASTM-A6.

b) En la fabricación de la estructura en taller y el acabado final, se presentan diferencias en dimensiones, las cuales deben estar dentro de las normas de la AISC.

c) En el izaje ó erección de la estructura, ocasionados por desplazamientos y desviaciones de los puntos, ejes y líneas de trabajo, los cuales se establecen como se explica más adelante.

Se entiende como **punto de trabajo** para piezas verticales el **centro geométrico** del elemento en cada uno de los extremos y para elementos horizontales y en pendiente el **centro del patín** superior.
Se entiende como **eje y línea de trabajo**, la **línea recta entre los puntos de trabajo**.

Las tolerancias para puntos y líneas de trabajo se establecen de la siguiente manera:

a) Una columna que se arma en piezas consecutivas se considera a plomo si la pendiente ó desplome de la línea de trabajo no supera la relación 1:500, considerando que: si está vecina de las guías de los ascensores no puede tener mas de 1" de desplome en su línea de trabajo en los primeros 20 pisos del edificio; de este nivel hacia arriba, el desplome puede incrementarse 1/32" por cada piso adicional, hasta un máximo de 2".

b) La línea de una columna exterior no puede tener un desplome mayor de 1" hacia el interior del edificio ni mayor de 2" hacia afuera, en edificios hasta de 20 pisos, por encima de esta altura el desplome puede ser incrementado en 1/16" por cada piso adicional hasta un máximo de 2" hacia el interior del edificio y 3" hacia afuera del edificio.

c) Los puntos de trabajo de una columna exterior no pueden tener un desplazamiento horizontal con respecto a una línea envolvente de toda la estructura, mayor de 1 ½" en el remate de la columna en edificios bajos hasta de 100 metros de longitud y puede incrementarse en ½" por cada 30 metros adicionales sin exceder de 3" en el desplazamiento.

d) El desplazamiento de la línea del centro de una columna exterior paralela al plano del muro con respecto a la columna establecida como línea de comparación no puede exceder de 2" en cualquier dirección en ningún punto en los 20 primeros pisos, con un incremento de 1/16" por cada piso adicional sin exceder de 3".

e) La alineación horizontal de miembros que conectan columnas se considera aceptable si la distancia desde del punto de trabajo del mismo miembro hasta la parte central de la columna no es mayor a 3/16" ó menor de 5/16" de la distancia especificada en los planos.

9.10.2 EQUIPO DE IZAJE

El equipo de izaje como se mencionó antes es básico en el rendimiento final por lo tanto se debe usar equipo adecuado y en la cantidad suficiente para levantar y sostener en posición temporal elementos de grandes pesos y de grandes longitudes.

Es importante anotar que la eficiencia en el montaje no depende solo de la planeación, características y posición del equipo de izaje, sino de las habilidades y experiencia del Operador, del Residente y del Maestro y por consiguiente de las condiciones locales de trabajo.

La velocidad del izaje depende del número de grúas utilizadas que dependen de las condiciones locales del lote y del número de ciclos de operación los cuales dependen básicamente de: la altura a la cual habrá que levantar elementos, la facilidad de operación con la carga, el número de elementos levantados y las condiciones del tiempo.

En países con bastante tradición en levantar estructuras metálicas se tiene como estadística que una grúa que trabaje 10 horas diarias, puede operar entre 10 y 20 ciclos y puede levantar aproximadamente entre 200 y 300 toneladas por mes, aprovechando que en oportunidades se pueden levantar conjuntos de varias piezas para colocarlos temporalmente en un lugar desde donde se pueden trasladar a su sitio definitivo en movimientos posteriores e inclusive a nivel del patio se pueden ensamblar algunos elementos para luego levantar elementos más pesados y reducir así el número de ciclos.

La operación del izaje comprende básicamente las siguientes operaciones:

- Descargue de elementos despachados del taller
- Izaje de elementos hasta el sito donde van a quedar instalados
- Sostener en posición los elementos para colocar las conexiones temporales
- Aplomar y nivelar los elementos izados
- Ejecución de las conexiones definitivas, atornilladas ó soldadas
- Izaje y desmantelamiento del sistema de andamios y puntales temporales

Para el descargue e izaje existen dos posibilidades:

- Descargar del camión directamente. Esta práctica es particularmente acostumbrada cuando el patio de almacenamiento es pequeño, en sitios estrechos, en los centros congestionados de las ciudades.
  En estos casos loa perfiles más largos y pesados se descargan directamente del vehículo y los elementos pequeños se descargan temporalmente en un sitio accesible para la grúa.

De todas maneras un eficiente izaje depende de la organización de los despachos y ambos programas de recepción de materiales y de izaje deben marchar armónicamente.

- Descargar en el patio de operaciones como operación intermedia al izaje. Este tipo de operación requiere de espacio en el patio y de una grúa para descargar diferente a las grúas de izaje, lo que genera extra costos. Esta práctica es utilizada cuando hay necesidad de recibir mucho material para izar y cuando los despachos no son lo suficientemente programados.

El planeamiento del izaje debe ser estudiado con antelación y es motivo de un plano de operación del equipo con su ubicación, radio de giro, altura y la ubicación de los elementos que se van a levantar, lo cual tiene incidencia directa en el número de ciclos del equipo y con ello será muy importante también definir las cantidades de material requerido así como la secuencia exacta de los elementos que se van a levantar.

El equipo a utilizar depende básicamente de las siguientes condiciones:

- De la forma de izaje

  Piso a piso ó módulo a módulo

- De la altura del edificio

  Baja altura: grúa telescópica móvil
  grúa de viga móvil ó "derrick"

Media altura: grúa telescópica móvil
grúa fija de torre

Gran altura: grúa trepadora arriostrada a las columnas de la estructura
grúa trepadora armada en un vacío interior del edificio
grúa trepadora armada en los núcleos de circulación del edificio

- De la longitud y posición de los elementos para levantar

Grúas telescópicas con brazo suficiente de los cuales se encuentran equipos hasta de 40 metros de alcance.
Grúas de torre con brazos hasta de 50 metros
Grúas trepadoras con brazos y pescante hasta de 30 metros

- Del peso de los elementos para levantar

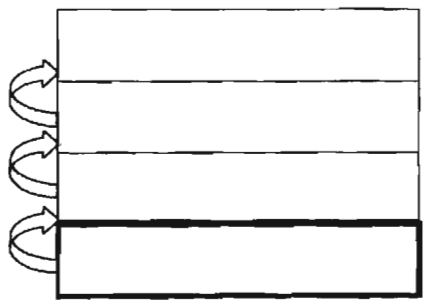
Grúas ó "derriks" con capacidad de levantar buen tonelaje en la punta con el fin de poder izar los perfiles de las columnas de los primeros tramos que son los más pesados por su longitud y vigas de secciones altas en edificios de grandes luces entre columnas. De estos se consiguen equipos hasta con capacidades de carga en la punta de cuarto toneladas.

FORMA DE IZAJE

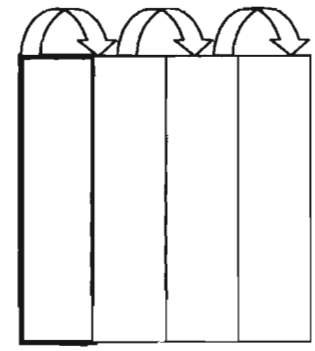
Un edificio de estructura metálica se puede izar piso por piso, caso en el cual cada piso se levanta completamente antes de iniciar el que sigue en altura y también se puede izar por módulos verticales completos.

Cualquiera de los dos sistemas es valedero y también hasta un tercero que es una combinación de los dos anteriores.

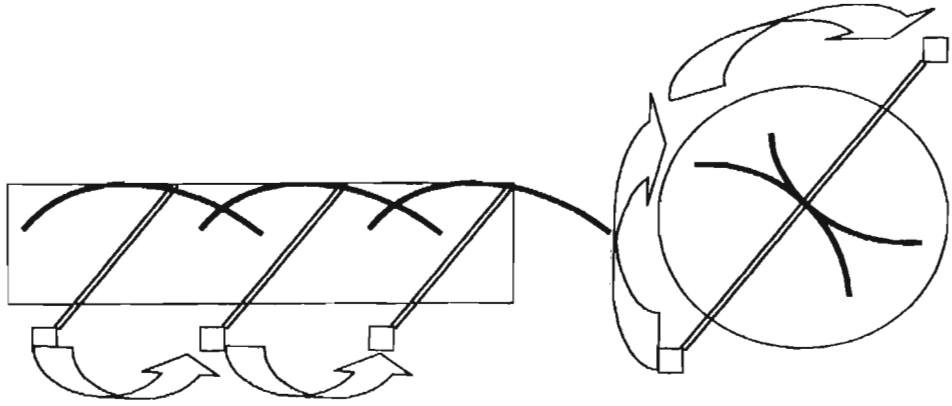
El sistema piso a piso se usa para edificios en altura y el sistema de módulos para edificios de baja altura y largos.



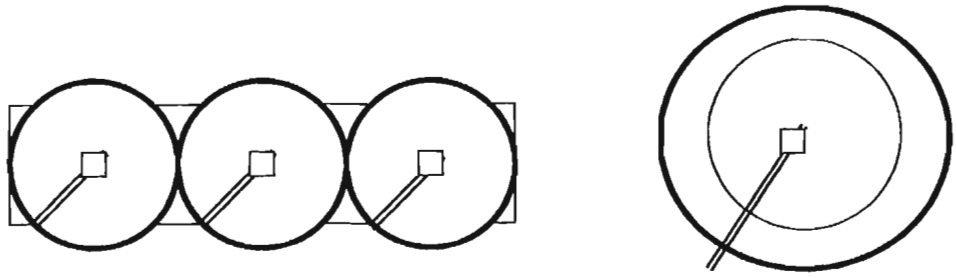
piso a piso



módulo a módulo



desde afuera



desde adentro

9.10.3 EQUIPO HUMANO DE CONTROL DE ERECCION

Es indispensable disponer en forma permanente de una comisión de topografía que se encargue del manejo de la posición vertical y horizontal de los perfiles, ojalá con equipos de medición y nivelación modernos, electrónicos y de información digital, que arrojen márgenes de error que estén comprendidos dentro de las tolerancias permitidas.

Debe existir Supervisor con calidades de Maestro que maneje el orden en el cual van a posicionarse los perfiles, así como un patiero que maneje un código de señales con el operador de la grúa por algún medio de radio interno tipo móvil ó "walky talky".

Por supuesto el Residente, quién es responsable de toda la operación técnica de la ejecución, deberá ser una persona de conocimiento del ensamble de estructuras metálicas, ordenado, ejecutivo, con capacidad de análisis y toma de decisiones, humano, con don de gentes y por sobre todo amante de la calidad.

9.10.4 AMARRES TEMPORALES

Escoger la columna para el inicio del izaje, la cual está determinada en la alternativa de ensamble en el diseño de ejecución, los perfiles se izan individualmente y sostienen por parejas sobre el mismo eje con puntos de soldadura, amarres ó tornillos temporales, los cuales se retiran una vez que los elementos están en posición completamente vertical y se han ensamblado a los perfiles horizontales.

Se paran en una sola dirección y por parejas de ejes armando marcos sucesivos y escogiendo los dos ejes que sean más convenientes para formar grupos cuadrados ó rectangulares de cuatro unidades según sea la operación de la grúa utilizada.

El marco se deja en posición hasta que los perfiles de las columnas sean soldados ó atornillados a las platinas de anclaje en forma definitiva y que las desviaciones por verticalidad estén dentro de los rangos permisibles.

Una vez que los perfiles están en su posición definitiva se procede a colocar los perfiles diagonales para dar rigidez definitiva al sistema.

Es importante resaltar que los primeros tramos de columnas se paran con los perfiles más largos y por consiguiente es muy importante tener mucho cuidado con el manejo de elementos de gran longitud pues son difíciles de aplomar.

Los perfiles de columnas traen ya soldadas las repisas donde van a asentar los elementos horizontales de las vigas y donde se asentaran temporalmente esperando su ensamble y unión definitiva.

Es importante tener cuidado en la posición de vigas horizontales pues muchas de ellas traen contraflecha, para que ellas no sean colocadas invertidas.

9.10.5 ENSAMBLE DEFINITIVO

Una vez que el primer grupo de verticales está aplomado y las vigas horizontales principales correspondientes niveladas se proceden al atornillado ó soldado según el caso para luego colocar los perlines en posición y proceder a su soldadura correspondiente.

Luego se colocan los perlines y diagonales para completar el sistema del esqueleto y posteriormente se arma el asiento metálico para las losas de "steel deck".

Las controles de soldadura y atornillado se describen mas adelante.
Los empates de columnas se hacen a una distancia de 60 centímetros por encima de la losa para evitar las interferencias de columnas y vigas.

9.10.6 MUROS CORTINA- Cladding

El "cladding" se puede definir como el sistema de armar el exterior del edificio ó fachada por módulos, asimilado a un sistema de muros cortina ó fachada flotante.

Hay dos sistemas básicamente:

a. Armar la fachada completa sobre el piso y luego izarla.
En este caso en el cual se requiere de espacio suficiente y superficie plana para armar la fachada.
Este sistema es utilizado en edificios de baja altura. Fig. 25c

b. Armar módulos para luego ensamblarlos directamente a la fachada.
En este caso se preensamblan módulos grandes en el taller ó en la obra misma.
Hay algunos componentes que se prestan para este tipo de ensambles parciales, tales como, amarres verticales, columnas y vigas externas.
En algunos casos se pueden armar módulos completos de piso. Fig. 25ª, 25b

Estos sistemas son particularmente usados para acelerar el procesos de ensamble y cuando se escoge esta alternativa se debe contar con espacio suficiente, una buena superficie de trabajo en el piso y por supuesto una grúa con una capacidad de carga suficiente para levantar pesos bastante grandes.

CAPÍTULO 6

CONTROLES

137-153

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "EFE" GOMEZ

La frecuencia y la rigurosidad del control estarán regidas por las normas existentes y fijadas de común acuerdo entre la Interventoría y el Constructor, quienes son los directos responsables de todo proceso de controlar la obra en todos los aspectos, sin importar quienes son los mandos medios que manejan la mecánica de los procedimientos.

- Medición de los resultados

  Medición de los resultados con la frecuencia fijada entre la Interventoría y el Constructor.

- Confrontación de resultados

  Cotejación de los resultados para confrontar si estos están dentro de las normas y especificaciones.

- Correctivos

  Cuando los controles no están dentro de lo establecido en la norma deben ordenarse los correctivos, algunos de los cuales llegan hasta la ejecución de pruebas destructivas y la repetición, cambios del proceso de ejecución, refuerzo de algunos elementos ó cambios en el diseño mismo.

CONTROLES DE EJECUCIÓN

Comprenden el manejo más adecuado de los recursos que se utilizan en las diferentes actividades de la obra, con el fin de obtener los resultados que el proyecto y todos sus participantes demandan.

Existe específicamente el **control de ejecución**, entendiendo que el de los procesos es un control diferente y que el de ejecución va encaminado a los resultados de la calidad y no a la optimización del proceso mismo.
Se entiende la calidad como el conjunto de operaciones que satisfacen los resultados exigidos por las normas y las especificaciones, basadas en un número predeterminado de ensayos e inspecciones visuales ó mecánicas.

10.1 CONTROL DE ALMACÉN

Para todo tipo de perfiles, tornillos, tuercas y arandelas, comprende tres etapas importantes:

10.1.1 Recepción

La recepción abarca un control visual y de chequeo de la información donde se constatan:

- Documentos de embarque internacional ó nacional
- Protocolo de los ensayos de resistencia
- Protocolo de la colada ó cochada de fundición
- Identificación, código y nomenclatura de cada uno de los tipos de piezas
- Cantidad de piezas remitidas en el despacho
- Control dimensional en milímetros y chequeo de las tolerancias
- Control del peso en kilogramos
- Rechazo de piezas defectuosas por pandeos, grietas ó escamas
- Fecha de recepción
- Especificaciones y normas especiales

- Asiento en el kárdex del almacén

Para elementos como tornillos, tuercas y arandelas, el peso se chequea por bultos de cien unidades de cada una.

Este control se ejecuta cada que llegue un despacho.

10.1.2 Almacenamiento

El almacenamiento es básico en la productividad y tener la ubicación precisa de cada uno de los elementos, agiliza la operación del izaje de las piezas.

El control comprende:

- Elaboración del diseño de planta de almacenaje temporal
- Ubicación en el patio por códigos y ensambles de obra
- Forma de almacenar evitando las superposiciones de piezas diferentes
- Evitar los movimientos dobles de piezas que producen tiempo perdido
- Consideración de los giros del equipo de transporte vertical
- Consideración de las edificaciones vecinas
- Controlar largas exposiciones al medio ambiente

10.1.3 Salida

El retiro del patio de materiales ó del almacén según sea el caso es muy importante par la elaboración del inventario periódico, luego debe llevarse un control riguroso de salida y descargue del inventario llevado en el kárdex.

El control comprende:

- Nomenclatura de la pieza retirada
- Cantidad retirada
- Lugar de retiro
- Fecha de retiro
- Ensamble de destino ó ubicación en la obra
- Actualización del inventario en libros todos los días.

10.2 CIMENTACION

La cimentación como ya se dijo es la base del éxito del edificio a construir y buenos procesos conducen a buenos resultados.

El control de la cimentación que se hace sobre los resultados, va encaminado a garantizar un buen arranque del edificio, deberá ser realizado por una comisión permanente de topografía y como tal comprende:

- Chequeo del replanteo horizontal y vertical iniciando en un eje diferente al del trazo inicial
- Dimensionamiento entre ejes y ángulos horizontales
- Nivelación en redondo de los ejes y puntos internos
- Verticalidad y posición de los anclajes
- Asentamientos diferenciales cada que se arma un piso nuevo y se agrega carga a la estructura

Será muy importante garantizar que las pletinas de anclaje queden en una posición sin errores, dentro de las tolerancias permitidas, para lo cual deberá

contarse con aparatos de precisión permanentemente en obra, siendo preferible el uso de aparatos electrónicos que ofrecen mayor confiabilidad.

10.3 CONTROL DE IZAJE

El control del izaje va encaminado a garantizar la verticalidad, horizontalidad y estabilidad de los perfiles, la estabilidad y arriostramiento adecuados de los elementos durante el proceso del montaje, el cumplimiento de los márgenes de tolerancias del ensamble y el cumplimiento del avance programado de ejecución de la obra.

El control del izaje así como la cimentación, debe contar con el apoyo permanente desde el inicio de los trabajos de una comisión de topografía, que realice cada que se necesite los chequeos de horizontalidad y verticalidad de cada uno de los elementos y en ningún caso hacer chequeos visuales en esta parte de la ejecución.

El control comprende:

- Verificación de la dirección de ensamble y el orden de colocación según el diseño de ejecución.
- Verificación del óptimo estado y las características técnicas del equipo de izaje
- Verificación de las medidas de Seguridad Industrial
- Verificación de la ubicación de los ejes de los pernos de anclaje de las columnas a la cimentación, conservando su nivel
- Verificación de la verticalidad de los perfiles de arranque que son de longitudes muy largas

- Chequeo de la nivelación de elementos horizontales y de sus apoyos y amarres temporales antes del ensamble definitivo
- Chequeo de los arriostramientos definitivos
- Corregir las desviaciones antes de soldar ó atornillar en forma definitiva

10.4 CONTROL DE ENSAMBLES

Los ensambles, soldados ó atornillados, son el objeto de controles más rigurosos pues constituyen en gran parte la seguridad y estabilidad para la vida futura del edificio.

Y aun cuando algunos son costosos no debe ahorrarse dinero suprimiendo algunos de ellos, cuando son estrictamente útiles y necesarios para conseguir no solo un edificio de calidad, sino también seguro.

10.4.1 Control de soldadura

Controlar la soldadura tiene objetivos claros, máxime que ésta, cuando presenta deficiencias, para repararla hay que destruirla en casi todos los casos y con ellos se persigue:

- Asegurar una correcta ejecución aplicando las normas y equivalencias
- Cumplir con las especificaciones de materiales y equipo utilizado
- Garantizar la calidad y la resistencia de la soldadura
- Conocer los tratamientos aplicados al proceso de soldadura, así como el análisis de los defectos de soldeo y corte
- Relacionar los defectos que se producen en las soldaduras, así como las causas que los originan

Los controles comprenden tres etapas, así:

Primera etapa, antes de soldar:

- Revisión general de planos, normas y especificaciones
- Revisión de los certificados y acreditación de soldadores
- Chequeo y prueba de los equipos y materiales para soldar
- Identificación de zonas que requieren especial cuidado
- Revisión de las superficies de metal donde se aplicará la soldadura en busca de irregularidades, escamas, fisuras, corrosión y partículas extrañas
- Revisión de las pruebas de calificación de cada uno de los operarios encargados del soldeo, las cuales se deben presentar cada seis meses

Segunda etapa, durante el proceso de soldar:

- Verificación de voltaje, amperaje y velocidad del equipo
- Verificar la temperatura en los casos requeridos
- Verificar que solamente el personal calificado asignado sea el ejecutor de la soldadura
- Inspeccionar la calidad de los pases de raíz
- Inspeccionar la preparación del respaldo antes de soldar el segundo lado de una junta doble
- Verificar la limpieza entre los pases de soldadura
- Verificar la calidad de las capas de soldadura aplicadas

- Chequear que las juntas a soldar estén secas, y libres de cascarilla, grasas, óxido y pintura
- Eliminar la escoria de la soldaduras de varias pasadas anteriores y la presencia de fisuras, cráteres y otras fallas de unión debe ser corregida antes de proceder a la colocación de nueva pasada
- Chequear las condiciones de comodidad para la ejecución de la soldadura: acceso, seguridad del soldador, etc.
- Suspender las soldaduras con temperaturas inferiores a 5° centígrados ó crear las condiciones de calefacción artificial ó calentamiento previo de las partes y tomar precauciones contra enfriamientos bruscos
- Evitar las velocidades grandes de enfriamiento producidas por corrientes de aire, lluvias, etc.
- Evitar vibraciones de los elementos soldados durante la soldadura y el enfriamiento del cordón de soldadura
- Asegurar la fusión de los bordes en las soldaduras de filete
- Chequeo visual para identificar fisuras, defectos de raíz, falta de fusión y presencia de escoria.
- Uso de lupas para comprobar las observaciones visuales
- Usar tintas penetrantes, rayos equis, rayos gamma, resonancia magnética según las normas y especificaciones del contrato
- Los espesores y las longitudes de las uniones soldadas deben ser por lo menos los espesores y las longitudes consideradas en el cálculo y proyecto

- Perfecta soldadura de la raíz, para garantizar una perfecta unión soldada
- Ejecución libre de cráteres de los extremos de las soldaduras a tope mediante chapas de inicio ó mediante medidas apropiadas
- Transiciones suaves entre la soldadura y la chapa sin socavaciones
- En soldaduras de filete, soldadura en ángulo con preparación en V y penetración parcial y soldaduras en ángulo con preparación en K y penetración parcial, deben cumplirse las siguientes condiciones:

  Penetración suficiente: en soldaduras de filete el cordón debe llegar por lo menos hasta 0,5 mm de la raíz teórica, debiendo ser el espesor de la soldadura real por lo menos igual al espesor de cálculo. En caso de soldaduras en ángulo con una solicitación perpendicular a la dirección de la soldadura, la penetración debe ser con certeza por lo menos hasta la raíz teórica
- Chequeo de las dimensiones
- Verificar la manipulación y el almacenamiento adecuado de los consumibles de soldadura
- La utilización del material base especificado
- El empleo de los consumibles de acuerdo con los procedimientos de soldadura aprobados y especialmente el correcto estado de conservación y secado en el caso de electrodos
- La ejecución por soldadores calificados previamente; cada soldador debe marcar con su código las soldaduras que realiza
- La preparación adecuada de los biseles para las juntas que lo requieran de acuerdo con planos y procedimientos aprobados

- La presentación y punteado correcto de las partes a soldar, verificando que las puntadas no presenten fisuras, cuando se admite la soldadura sobre las puntadas; verificando además que quien las realiza esté calificado como soldador de la categoría requerida
- La ejecución del alivio de tensiones si éste estuviera previsto en los procedimientos de soldadura aprobados
- La ejecución del precalentamiento previsto en los procedimientos de soldadura
- La colocación de probetas testigo, si así las hubiera previsto, para ensayos destructivos durante la fabricación
- La correcta secuencia de soldadura que debe estar indicada en los procedimientos, cuando ello fuera necesario
- El cumplimiento de lo escrito en las normas respectivas
- Se debe llevar un registro que se incorpore a la documentación técnica de la obra

Tercera etapa, después de ejecutada la soldadura:

- Inspeccionar la apariencia final de la soldadura para detectar porosidad, grietas, etc.
- Determinar los tamaños y las longitudes finales de las soldaduras
- Verificar el cumplimiento de los planos, especificaciones y normas
- Determinar las distorsiones posibles que se presenten en la estructura metálica

- Determinar las dimensiones y el cumplimiento de las tolerancias previamente establecidas
- Verificar la ejecución de los tratamientos térmicos posteriores a la soldadura donde se requiera
- Registrar toda la información técnica de la inspección y la ejecución

10.4.2 Control de atornillado

El atornillado, a pesar de que no tiene la desventaja de la soldadura de tenerse que destruir para repararlo, tiene también controles iguales de rigurosos pues si no se llegan a conseguir las resistencias de atornillado, es posible que tuercas y tornillos se aflojen, afectando la estabilidad de la estructura.

Con ellos se persigue:

- Cumplimiento de las normas y especificaciones del proyecto
- Asegurar que el equipo utilizado sea el adecuado
- Asegurar que el proceso sea el adecuado
- Garantizar la resistencia y calidad establecidas

El control comprende:

- Verificación del estado de elementos que se van a conectar
- Proteger de la humedad tornillos, tuercas y arandelas
- Comprobar las dimensiones de las perforaciones, pernos, tuercas y arandelas y las especificaciones de los elementos que se van a colocar

- Chequeo del estado del equipo de apretado y calibrarlo
- Se deben identificar claramente las conexiones con pernos apretados al 70%
- Chequeo de prueba del sistema de apriete
- Se debe inspeccionar constantemente la aplicación del método de apriete
- En la ejecución de uniones con tornillos normales debe controlarse que la rosca no quede en la zona del orificio y que el ajuste no exija mas de tres arandelas
- En los casos de unión con antideslizantes de alta resistencia se deben verificar que la superficie de rozamiento en la zona de contacto debe estar limpiada y decapada para asegurar el rozamiento
- Chequear la resistencia obtenida en los calibradores del equipo utilizado
- Utilizar los métodos de apriete permitidos por las normas
- Controlar cada uno de nudos atornillados
- Verificar la resistencia de los tornillos utilizados

10.5 CONTROL DE ACABADOS

El acabado constituye la apariencia final de la estructura y participa activamente en la vida del edificio, tanto como que es la parte expuesta a los agentes atmosféricos y al fuego, por lo tanto debe tener un control riguroso.
En el acabado final hay básicamente cuatro controles para vigilar:

10.5.1 Protección contra la corrosión

Persigue como objetivo final:

- Garantizar que las piezas mantengan sus características iniciales
- Protección del acero contra los agentes externos y ambientes agresivos

- Garantizar que la estructura se vea estética

Comprende:

- Eliminación de toda presencia y manifestación de óxidos, por los métodos manuales, mecánicos, neumáticos ó de temperatura existentes
- Eliminar todos los restos de polvo de la operación anterior
- La limpieza se considera eficaz durante un lapso de doce horas a partir de su realización
- Utilizar método visual de control
- Controlar toda la operación durante su ejecución
- Control del espesor en micras de las capas de pintura anticorrosiva y su tiempo de secado
- Chequeo de la pistola del equipo de presión arroje un rocío uniforme

10.5.2 Protección con pintura

Las partes expuesta que van acabadas en pintura que no sean de tratamiento contra el fuego tienen los controles de cualquier acabado en este material, solo que habrá que ser cuidadoso en cuanto que la estructura metálica no tiene otros revestimientos.

Los controles comprenden:

- Después del tratamiento contra la corrosión preparar la superficie eliminando mugre, grasas, partículas sueltas, sales, pinturas deterioradas, aceites y humedad, además se debe eliminar el óxido, para garantizar la perfecta adherencia y evitar ataques a la superficie

- Aplicar la pintura en tiempo seco, con temperaturas superiores a 5° centígrados e inferiores a 50° centígrados, de lo contrario se debe suspender el trabajo
- La humedad relativa no puede ser mayor de 90% ya que esta puede ocasionar "blanqueo" ó "mareo", pérdida de brillo y disminución en la resistencia de la pintura aplicada
- Proveer una buena ventilación ya que dispersa los vapores del solvente que son dañinos para el personal y elimina los riesgos de incendio y explosión
- Aplicar 3 capas de pintura, con espesor total, igual o superior a 120 µm ± 20 µm
- Cuando se trate de productos de dos componentes (Wash-primer) se debe revolver bien los dos componentes con un elemento limpio y debe haber un control exacto de la medida de cada uno de los componente según las cantidades recomendadas por el fabricante.
- En lo posible que los colores utilizados para las tres capas sean de diferentes tonos, para permitir mayor facilidad en el control visual
- Garantizar el secado de cada capa
- Verificar que cada película de pintura cubra, ángulos, entrantes y salientes, tornillos y cantos
- Las uniones antideslizantes deben ser masilladas y pintadas a brocha, a pistola ó por inmersión
- Controlar visualmente y si es necesario usar calibrador para medir el espesor de las capas de pintura
- Controlar durante todo el proceso y cada una de las capa aplicadas

10.5.3 Protección con pintura contra el fuego

El objetivo es no permitir la propagación del fuego durante un tiempo determinado y garantizar la estabilidad de la estructura durante ese tiempo, para permitir que el incendio sea controlado o apagado.

Los controles comprenden:

- Preparación de la superficie limpiándola de polvo, aceite, grasa, moho, oxidación, pinturas y otros materiales que impidan la adhesión del material.
- Chequeo del equipo de pintura
- Aplicar el material inmediatamente después de limpiar
- Controlar el uso protecciones como mascarillas y guantes adecuados por parte del personal
- Los productos de protección ignífuga deben ser aplicados después de que el trabajo de concreto haya terminado
- La aplicación debe realizarse en dos capas. Una vez la primera capa esté medianamente seca aplicar la segunda capa
- La mezcla de productos con agua debe ser hecha en la obra con la mínima cantidad de agua garantizando que la mezcla quede plástica
- Las mezclas deben ser realizadas con agua potable
- Aplicar "wash primer" a la parte inferior de las cubiertas de "steel deck"
- Inspeccionar en forma visual y medir con calibrados el espesor de las capas
- Controlar capa por capa después del secado y en todas las superficies aplicadas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "EFE" GOMEZ

10.6 CONTROL DE MANO DE OBRA

Los edificios de estructura metálica utilizan bastante menos cantidad de recurso humano que uno tradicional de hormigón y por el contrario, el recurso utilizado es en un 90% mano de obra calificada.

Cuando hablamos de mano de obra calificada nos referimos a profesionales de un oficio, con una alta especificidad, un alto rendimiento y niveles altos de calidad en el producto terminado.

El objetivo primordial de este control va encaminado a garantizar el cumplimiento de las normas y especificaciones del proyecto, garantizar la calidad de la obra ejecutada y medir los niveles de calidad de los soldadores para su homologación ante la AWS.

El control de la mano de obra empieza desde la selección misma del personal, transcurre con los controles y exámenes periódicos durante la ejecución y termina con la aprobación de la última soldadura ó ensamble atornillado ejecutado.

El control comprende:

- Certificado de acreditación para cada contrato por una entidad autorizada
- Calificación por cada proceso y tipo de soldadura por separado
- Examen de calificación para los cambios de dirección de la soldadura y soldaduras por un solo lado
- Evaluación de recalificación semestral sobre proceso y tipo de soldadura
- Control visual de las soldaduras ejecutadas
- Ensayos de las soldaduras ejecutadas

CAPÍTULO 7

NORMATIVIDAD

155-159

11. NORMAS

El Instituto Americano de Construcciones en Acero, AISC, es el autor del código para la construcción de estructuras para edificios y puentes en acero, el cual se compone básicamente de dos libros identificados con el nombre de: "Especificaciones para el diseño , fabricación y erección de estructuras de acero para edificios y código de prácticas visuales para edificios y puentes de acero", los cuales son revisados periódicamente por el Instituto desde 1.926, año de su primera publicación.
Esta labor es realizada por un equipo de veinte Ingenieros que pertenecen al personal de planta del Instituto, aglutinados en lo que suele denominarse como el "Comité de normas del AISC".

Este es el código que se usa en los países americanos para diseñadores, fabricantes y contratistas de edificios levantados en estructura metálica.
Existen otros códigos en el mundo, como los de Europa, Japón y China, que no son usados en nuestro medio aunque de algunos países de la Unión Europea se importan perfiles que están cobijados por el código unificado de los países que hacen parte de esta unión geopolítica.

Elaborar una lista de normas sería supremamente larga y mas bien se entrega un resumen con un apreciable detalle de los capítulos que abarcan las normas del AISC.

CAPITULO 1. Generalidades

a. Especificaciones generales

Comprende las especificaciones generales para el diseño, fabricación y erección de estructuras metálicas para edificios.
En este capítulo también se contemplan las especificaciones generales para diseño y fabricación de puentes y viaductos para ferrocarriles.
Contiene también el código de soldadura estructural que corresponde a la Sociedad Americana de Soldadores, AWS.

b. Planos y especificaciones para licitación

Comprende una guía completa sobre diseño estructural y sus detalles en tamaños, secciones, trabajo en la estructura para columnas, vigas, dinteles, arriostramientos y otros elementos así como tuercas y tornillos.

c. Patentes

Parte dedicada a las patentes que son propiedad de los fabricantes y proveedores, que deben tenerse en cuenta para el uso en Estados Unidos.

CAPITULO 2. Definición del Acero estructural

Definición de los términos que se entienden como acero estructural y los elementos usados en conexiones para diferentes trabajos en la estructura.

CAPITULO 3. Cálculo del peso

Descripción completa de cómo y que constituye el peso de cada uno de los elementos de la estructura metálica, encaminado a su identificación para los casos de licitación y contratación.

CAPITULO 4. Planos y especificaciones

Explicación sobre la información que deben contener los planos, especificaciones para licitación y contratación.

CAPITULOS 5. Materiales en almacén

En este capítulo se fijan las normas para los materiales que se encuentran almacenados por periodos largos de tiempo y los que no provienen directamente de la fundición.

CAPITULO 6. Inspección y ensayos

a. Ensayos

Sección dedicada a los ensayos a los que se deben someter los materiales para estar de acuerdo a los términos contractuales y que deben ser ejecutados por el taller de fundición.

El fabricante o responsable de la manufactura no ejecuta ensayos y trabaja con los protocolos suministrados por el fundidor.

b. Inspección

Sección dedicada a la inspección general de calidad que se debe hacer a todos los materiales y a los procesos realizados en el taller de manufactura.

c. Pintura

Sección dedicada a las herramientas y a los procedimientos que se deben seguir en la aplicación de pinturas intumescentes y normas sobre las mismas.

d. Despachos

Sección dedicada a los despachos en cantidades y a las condiciones del transporte.

e. Nomenclatura y embarque

Sección dedicada a las condiciones generales para la nomenclatura, marcada de piezas y las condiciones de embarque.

CAPITULO 7

a. Dedicada a los métodos de izaje y erección

b. Fundaciones, columnas contrafuertes

c. Localización del edificio

d. Bases, platinas, soldadura y vaciados

e. Dinteles

f. Patio y espacio de trabajo

g. Tolerancias

h. Apuntalamientos temporales

i. Corrección de errores

j. Ensamble

k. Corte de perfiles y cambios

l. Pisos temporales

m. Pintura de campo

n. Aseo y limpieza final

GLOSARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "EFE" GOMEZ

GLOSARIO

- ASTM: Sociedad americana de ensayos de materiales
- Blanqueo: color que toma la pintura con la humedad antes de secar
- Calzar: rellenar una cavidad con un material igual ó sustitutivo
- ANSI: Instituto de normas americanas
- AISC: Código del Instituto americano del acero
- ASME: Sociedad americana de ingenieros mecánicos
- AWS: Código americano de soldadura
- BS: normas británicas
- Camisa: forro alrededor de una columna
- Celsius: grados centígrados
- Claddig: fachada flotante armada en módulos
- Cortina Pablo: inventor del sistema constructivo de su nombre
- Derrick: grúa de brazo montada en orugas
- DIN: normas alemanas
- Dovela: hierro sembrado para traslapar
- DTI: medidor de presión
- Euronorms: normas europeas
- Gypsum plaster: material sintético incombustible
- Grout: mortero fluido de alta resistencia
- Intumescente: pintura contra el fuego
- Ksi: dos mil libras por pulgada cuadrada de resistencia
- Lámina colaborante: traducción del sistema de placas steel deck
- Lift slab: placa prefabricada para izar mecánicamente
- Mareo: decoloración parcial en manchas de la pintura

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

- DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS
  Jack Mc.Cormac. Mexico 1.975

- NORMAS COLOMBIANAS DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE
  Ley 400 de 1997. Decreto 33 de 1.998

- STRUCTURAL DETAILING
  AISC. Seventh edition. New York. 1.998

- MULTI-STOREY, BUILDINGS IN STEEL
  F. Hart, W Henn and H. Sontag
  Great Britain. 1994

- STEEL STRUCTURES. Desing and behavior
  Charles G. Salmon, John E. Johnson. 1990

- STRUCTURAL EXPERTELE
  ECOM. Associates

- MANUAL DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO
  Roger L Brokenbrough, Frederick S. Merrit
  Mc Graw Hill. Tomos I,II,III. 1998

- STRUCTURAL WELDING QUALITY HANDBOOK
  SSTC. Michigan. 2.001

- STRUCTURAL BOLTING HANDBOOK
  SSTC. Michigan. 2.001