

31
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
" A R A G O N "

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS
ESTRUCTURAS METALICAS**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a :

J O S E P L A T A H E R R E R A

San Juan Aragón, Méx.

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TEMARIO

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN.....	2
BREVE RESEÑA HISTÓRICA	4

CAPITULO II.

FABRICACION.

PLANOS PARA FABRICACIÓN.....	9
PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN.....	22
NORMAS PARA FABRICACIÓN.....	42

CAPITULO III.

MONTAJE.

PLANOS PARA MONTAJE	53
PROCEDIMIENTO DE MONTAJE	62
NORMAS PARA MONTAJE	70

CAPITULO IV.

CONTROL DE CALIDAD.

CONTROL DE CALIDAD EN TALLER	83
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA	88
NORMAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD	111

CAPITULO V.

ADMINISTRACIÓN DE LA OBRA	115
---------------------------------	-----

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES	126
--------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	127
--------------------	-----

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

I) INTRODUCCION

El objetivo principal de esta tesis, es, conocer los procedimientos que se pueden emplear para la fabricación y montaje, de los distintos elementos que componen las estructuras metálicas. Estos elementos pueden referirse a pequeños cobertizos, naves industriales, edificios agrícolas, edificios habitacionales, puentes etc.

El desarrollo de esta tesis se enfoca únicamente a la ejecución de la obra, considerando que previamente ya fue elaborado el proyecto y se tienen los planos de diseño.

En el capítulo I se hace una breve reseña histórica de la forma en que han evolucionado las estructuras metálicas.

En el capítulo II. Fabricación, se toma como punto de partida los planos para fabricación. Es decir, se tratan los requisitos que deben contener los planos de taller, los cuales se elaboran basados en los planos de diseño para iniciar propiamente la fabricación, así como las normas que la rigen.

En el capítulo III. Montaje, se analizan los planos para montaje, los cuales se elaboran en taller para detallar los ensambles, que se efectuarán en el lugar de la obra. Se estudian los procedimientos para el montaje y las normas que lo rigen.

En el capítulo IV. Control de calidad, se mencionan las principales consideraciones que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo un control de calidad, tanto en taller donde se fabrica la mayor parte de la estructura, como en la obra donde se realiza el montaje final. También se mencionan las normas que rigen dicho control de calidad.

En el capítulo V. Administración de la obra, se describen las

diferentes formas de llevar a cabo una obra, así como la manera de organizarla y formular un programa de avance de las diferentes partes de que consta.

En el capítulo VI. Se dan las conclusiones que se derivan de este trabajo de tesis.

Es importante hacer notar que dentro del procedimiento constructivo de las estructuras metálicas, se deriva una gama muy amplia de conocimientos, para cada uno de los distintos tipos de estructuras existentes, sin embargo, el presente trabajo de tesis, permite tener un conocimiento general del proceso que se lleva a cabo, para la construcción de las estructuras metálicas.

I.1) BREVE RESERVA HISTÓRICA

El hierro fue el primer metal que se utilizó en la industria para las estructuras sustentantes, pero lo difícil que resultaba producir el hierro soldable mediante fusión limitó durante siglos su uso a los productos de mayor precio, como son las armas y los aperos agrícolas.

Cuando progresó la siderurgia artesana, fue posible una producción más amplia y económica, se empezó a utilizar para elementos sometidos a tensión, como tirantes, cadenas o ménsulas.

En un principio, el material utilizado para las piezas sometidas a tensión fue la madera, pero las necesidades estéticas del proyectista la sustituyeron por el hierro.

En 1840 la producción de hierro entró a la fase industrial y diez años después se inició la fabricación del acero. Desde 1850 las siderurgias ofrecían a los proyectistas un catálogo de muchos perfiles entre los que predominaban los angulares.

La construcción de buques de acero, los ferrocarriles y las marquesinas de las estaciones, los grandes puentes ferroviarios, fueron exigiendo a las siderurgias producciones cada vez mayores.

En 1850, Stephenson, tras una serie de estudios experimentales, construyó el puente Britania en Inglaterra, utilizando materiales laminados y perfilados, tubular de cuatro tramos (dos extremos de 71.90 m cada uno, y los dos centrales de 141.73 m cada uno), que constituye la primera realización de las grandes vigas tubulares autoportantes tal como se las concibe en la actualidad.

En América, los puentes de madera y los puentes mixtos de madera y hierro fueron sustituidos por puentes totalmente metálicos, realizando las uniones entre sus elementos por medio de articulaciones formadas por pernos.

El sistema de articulaciones tenía la gran ventaja de que la puesta en obra era fácil y rápida, con una economía en el tiempo de montaje que se estimaba en 1/10 del necesario para efectuar las uniones roblonadas a pie de obra, y una economía en peso del 15 al 20% para claros de -- 30 m y del 40% para claros de 150 m.

En 1851 Paxton terminó en seis meses el Palacio de Cristal de Londres destinado a la primera exposición mundial; empleando 9 642 toneladas de estructura de hierro y utilizando aún la fundición para las columnas y para parte de los montantes, pero emplea redondos de hierro para los tirantes con lo que da a la estructura los caracteres de la -- moderna arquitectura del hierro.

Poco a poco, el hierro como elemento decorativo, empezó a tener gran reconocimiento. En 1889 se inaugura la exposición mundial de París -- Francia, con la construcción del Palacio de las Artes Liberales y la Torre Eiffel, en la cual emplearon 7 000 toneladas de acero, con -- 12 000 elementos unidos mediante 2' 500 000 roblones, esta torre alcanza una altura de 300 m. y para el montaje se emplearon 25 meses de trabajo.

En 1912 se construyó en Nueva York el "Woolworth Building" de estructura de acero, con 58 plantas y una altura de 231.6 m. Esta construcción se mantuvo como la más importante de su género hasta 1931, cuando se inaugura, también en Nueva York, el edificio más alto del mundo, hasta entonces, con estructura metálica: el "Empire State Building" de -- 85 plantas y 379 m de altura. El cálculo muy laborioso, de esta excepcional construcción llamó la atención de muchos estudiosos, entre -- ellos H. Cross quien perfeccionó un procedimiento rápido de cálculo de los pórticos elásticos, facilitando la solución por aproximaciones -- sucesivas, y que, hasta ahora, es el más usado.

Simultáneamente evolucionó también la técnica constructiva, la soldadura autógena por arco eléctrico ofreció nuevas posibilidades, ya --

que permite la unión directa, de las piezas, a tope una con otra, sin necesidad de cubrejuntas ni refuerzos. Además de la economía en peso, que llega al 15 % con respecto a las construcciones roblonadas, la soldadura eléctrica permite la realización de empotramientos perfectos.

En las vigas compuestas de paredes llenas y grandes cubrejuntas roblonadas y las vigas compuestas de tablas múltiples, llevaban a complicaciones constructivas, dificultades de montaje y aumento de peso, por lo que no era aconsejable su adopción.

Después del advenimiento de la soldadura eléctrica se resolvieron satisfactoriamente muchos problemas constructivos y estéticos, y las vigas de alma llena volvieron justamente a un puesto de honor, incluso para grandes claros, dando lugar a bellísimos ejemplos constructivos.

Desde el punto de vista económico, no se puede desconocer que las vigas llenas soldadas han reducido al mínimo, en muchos casos, la diferencia de peso y, sobre todo de costo.

Con la soldadura de arco eléctrico, se permite una gran libertad en la forma de los ensambles y uniones, la línea de la estructura puede adoptar una simplicidad y una armonía tal que satisfaga al crítico más exigente, permitiendo, al mismo tiempo satisfacer las exigencias de la técnica proyectista más depurada.

La técnica de la soldadura exigió aceros aptos para la operación metalúrgica, que el soldador ejecuta sobre el metal de base, un conocimiento perfecto de las modificaciones estructurales y de las coacciones que dicha operación puede inducir en él, metales de aportación (electrodos) perfectamente construidos. Hasta 1930, las uniones se realizaban exclusivamente por remachado y atornillado pero a partir de esta fecha se empezó a generalizar el empleo de la soldadura eléctrica. La siderurgia empezó a producir aceros que presentasen propiedades químicas que les confiriesen la necesaria soldabilidad.

En la actualidad las acerías sirven, bajo demanda, aceros de calidad garantizada.

Las características fundamentales de las modernas estructuras de acero son: la simplificación estructural y la adaptación de las líneas arquitectónicas a las necesidades funcionales de la obra, en conjunto, y de sus diversos elementos en detalle, para tener en cuenta las exigencias de la teoría de la elasticidad.

El flujo de fuerzas debe correr a lo largo de los elementos estructurales sin desviaciones y, sobre todo, sin variaciones bruscas.

La creciente industrialización de los últimos años ha dado lugar a un notable desarrollo de la construcción metálica, tanto en el campo de la edificación industrial como en edificios de carácter urbano.

C A P I T U L O I I

F A B R I C A C I O N

II.1) PLANOS PARA FABRICACIÓN.

Antes de iniciar propiamente la fabricación de la estructura, deberán presentarse los planos de taller. Estos deberán contener la información completa para la fabricación de los elementos de la estructura, incluyendo la localización, tipo y tamaño de todos los remaches, tornillos y soldaduras. Se hará la distinción entre sujetador y soldaduras de taller y de campo.

Se elaborarán de acuerdo con las más modernas prácticas se tendrá en cuenta la rapidez y economía en la fabricación y en el montaje.

Los planos para fabricación se realizan basados en los planos de diseño, los cuales han de contener el diseño completo con medidas, secciones y localización relativa de los diversos miembros. Se acotarán los niveles de piso, centros de columnas y proyecciones.

Los planos de diseño deben estar dibujados a una escala suficientemente grande para mostrar en forma adecuada la información. En ellos se indicarán el tipo o tipos de construcción según su destino; y contendrán además los datos de las cargas supuestas, de las fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales que han de ser resistidos por todos los miembros y conexiones; asimismo, contendrán todos los datos requeridos para la preparación adecuada de los planos de taller.

En el caso de juntas ensambladas con tornillos de alta resistencia, requeridos para resistir esfuerzos cortantes entre las partes unidas, los planos deben precisar el tipo de conexión: de fricción o de aplastamiento.

Cuando se requiera que las armaduras y vigas tengan contraflecha, se indicará en los planos de diseño.

Cuando el fabricante prepare los dibujos de taller deberá someter a copias de los mismos al propietario para su revisión y aprobación, --

considerando que le serán devueltos en un plazo no mayor de 14 días naturales el propietario devolverá estos planos aprobados sujetos a las correcciones anotadas.

El fabricante quedará autorizado para proceder a la fabricación después de corregir los dibujos de acuerdo con las anotaciones y enviar copias corregidas al propietario.

La aprobación del propietario de los dibujos de taller preparados por el fabricante indica que éste ha interpretado correctamente los planos estructurales y las especificaciones. Con su aprobación el propietario acepta plena responsabilidad por el diseño de conexiones hecho por el fabricante, como parte de la elaboración de los dibujos de taller.

Esta aprobación no releva al fabricante de su responsabilidad por la exactitud de las dimensiones detalladas en los dibujos de taller ni por el buen ajuste de las piezas al ensamblarse en el campo.

A no ser que estipule otra cosa, al aprobar el propietario con modificaciones los dibujos de taller o de montaje autoriza al fabricante a proceder con la construcción de los cambios anotados.

INDICACIONES PARA LAS SOLDADURAS

Se indicarán en los planos de taller las juntas, o grupos de juntas, en las que la secuencia y técnica de aplicación de las soldaduras requieran de especial atención para minimizar las soldaduras con restricción a la deformación y para evitar las distorsiones excesivas.

Las longitudes de soldadura indicadas en los planos de taller, de preferencia serán las longitudes efectivas.

Los símbolos de soldadura empleados en los planos de taller, de preferencia serán los de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS). Podrán emplearse otros símbolos adecuados siempre y cuando se expliquen en forma completa en los planos de taller.

EJEMPLIFICACIÓN DE LOS PLANOS DE TALLER.

A continuación se presenta un ejemplo para el cual se elaborarán los dibujos, de las diferentes partes de que consta un plano de taller para fabricación.

Estos dibujos corresponden a una estructura metálica que está formada principalmente, por dos marcos rígidos, largueros tipo canal, contra-venteos y contraflameos. (Fig. 1). Para la construcción de ésta estructura, se tomó la decisión de dividir, cada uno de los marcos rígidos en cuatro partes. Cada una de estas partes se fabricará en taller y posteriormente se ensamblará en el lugar de la obra.

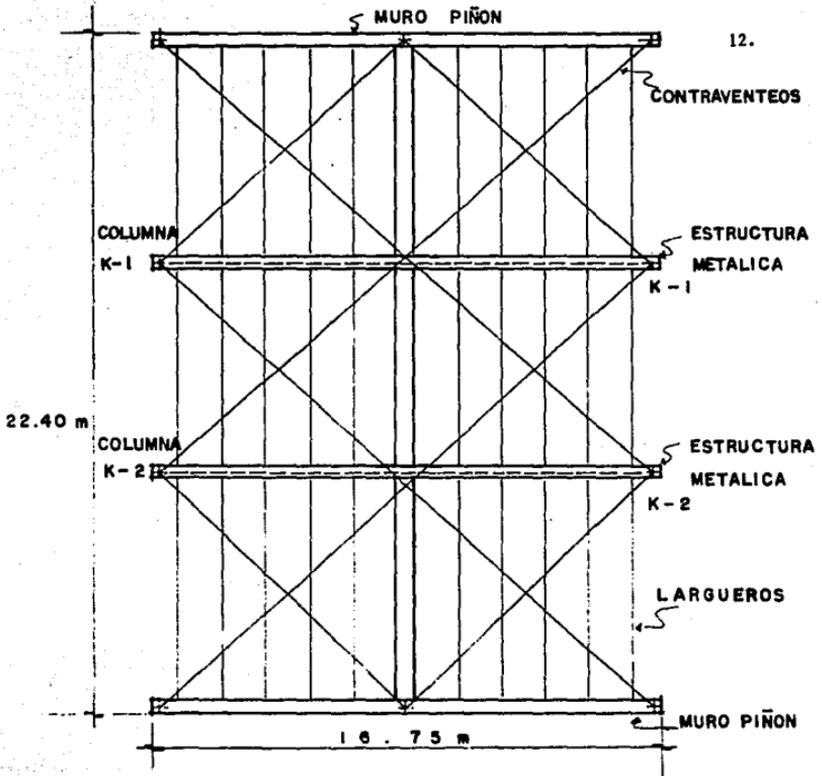
En el caso de un marco, las cuatro partes son: columna K1, columna KI, trabe TB-1 y trabe TB-1 A.

De la misma manera, para el otro marco las cuatro partes a fabricarse en taller son: columna K2, columna K2, trabe TB2 y trabe TB-2 A.

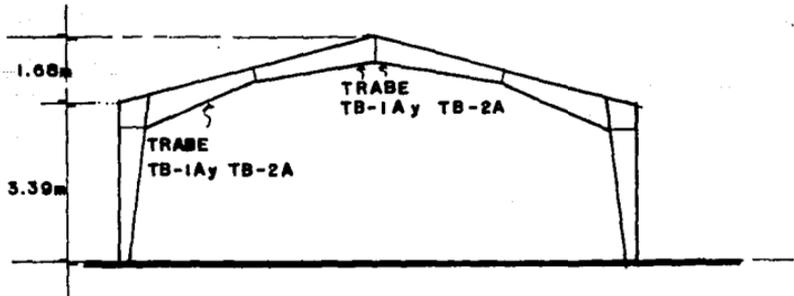
Los dibujos que a continuación se muestran, contienen los datos necesarios para la fabricación en taller, de cada una de las partes de que consta la estructura.

Es importante mencionar que todas las acotaciones de los dibujos de las figuras, corresponden a milímetros, que es la unidad que se emplea para la representación en los planos de taller.

En la (Fig. 2), se muestra el armado y despiece de las columnas K1 - y K2.



PLANTA A



CORTE

FIGURA I

En la (Fig. 3), se muestra el armado de las traves TB-1 y TB-2.

La (Fig. 4), corresponde al armado de las traves TB-1 A y TB - 2A.

En la (Fig. 5), se representa el despiece de las placas No. 11,15, y 19. Estas placas se emplearán en la construcción de las traves TB1, -- TB2, TB-1 A y TB-2A.

En la (Fig. 6), se muestra el armado y despiece de las placas No. 17- y 18. Estas placas también forman parte de las traves TB-1 y TB-2, se emplearán para el ensamble en el lugar de la obra.

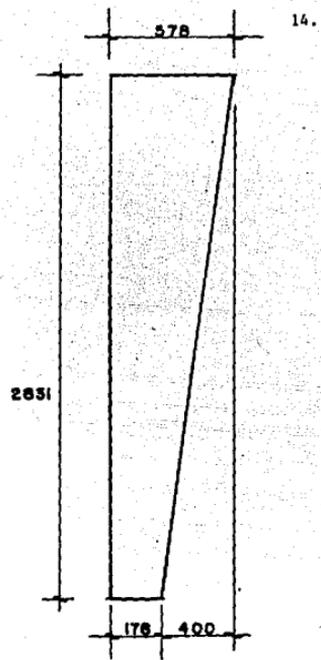
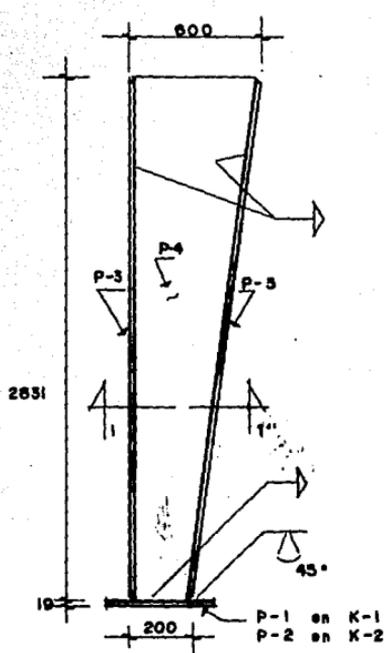
En esta figura también se describen las dimensiones de los contraventeos.

En la (Fig. 7), se muestran los cortes transversales de las traves - TB-1, TB-2, TB-1A y TB-2A. Se representa las conexiones de los largueros sobre las traves.

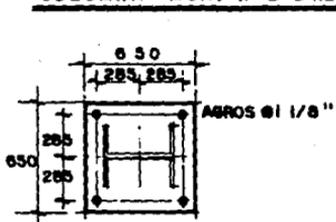
En la (Fig. 8), se muestran las conexiones de los ángulos A-1. Estos ángulos se emplearán para la instalación de los contraventeos.

Por último la (Fig. 9), representa las medidas de los largueros. Incluyendo el diámetro de los agujeros, para el montaje en obra.

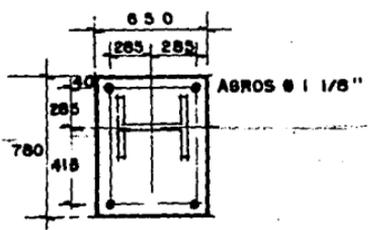
En el capítulo siguiente de montaje, se tomará en cuenta esta misma -- estructura para el ejemplificación de los planos que se realizan en -- taller para el montaje.



COLUMNA MCA. K-1 2 REQ.
 COLUMNA MCA. K-2 2 REQ.



SECCION I-I
 EN COLUMNA K-1



SECCION I-I
 EN COLUMNA K-2

FIGURA 2

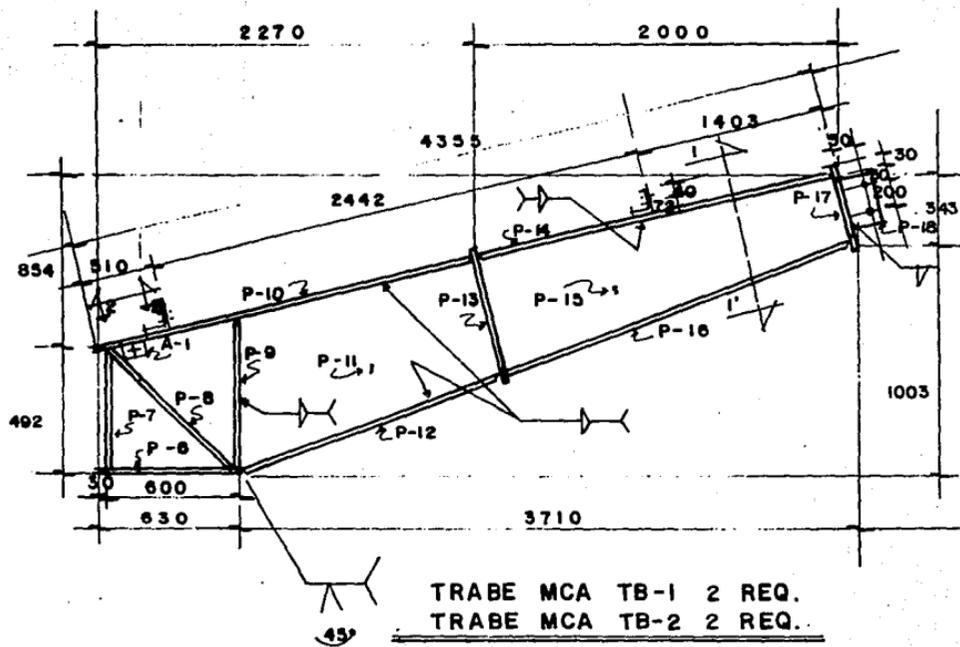
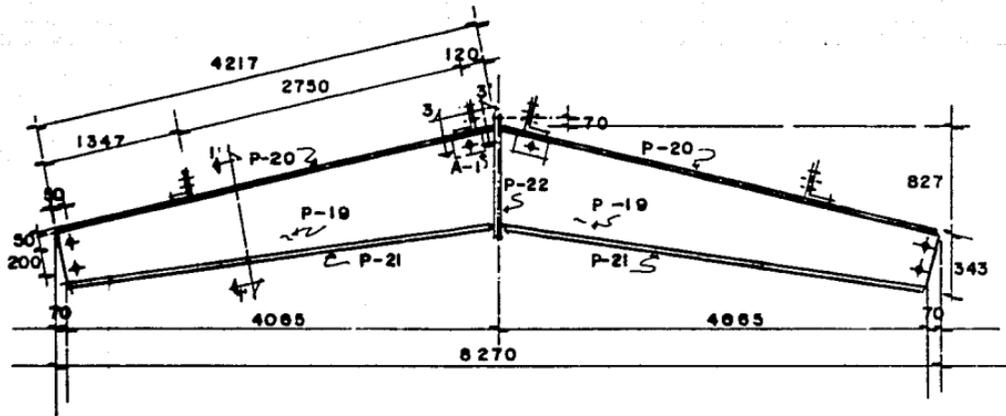


FIGURA 3



TRABE MCA TB-1A 1 REQ.
 TRABE MCA TB-2A 1 REQ.

FIGURA 4

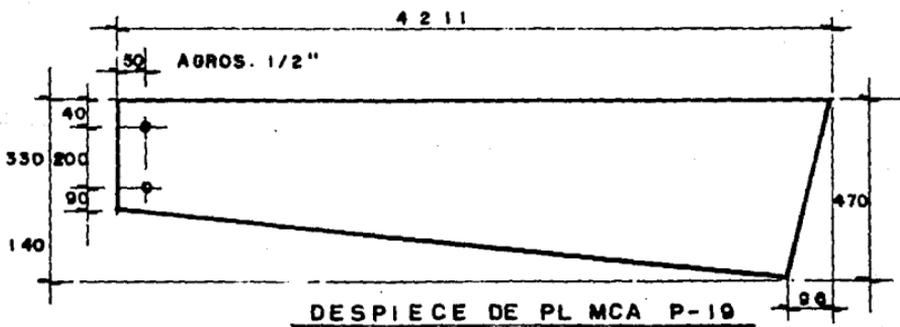
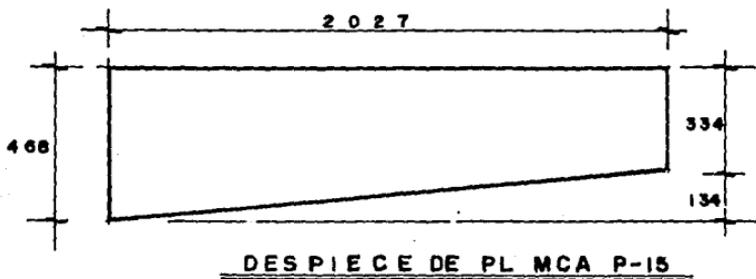
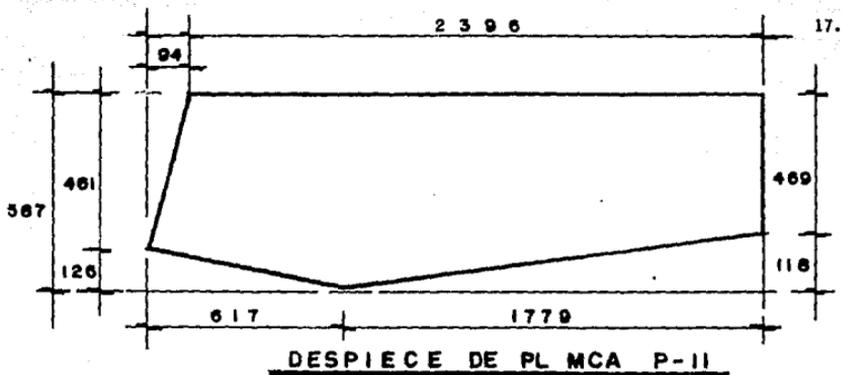
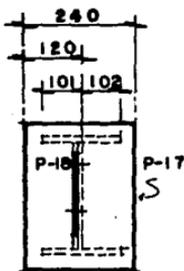
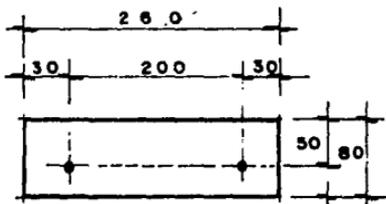


FIGURA 5



PLACA CENTRAL DE TRABE
TB-1A y TB-2A

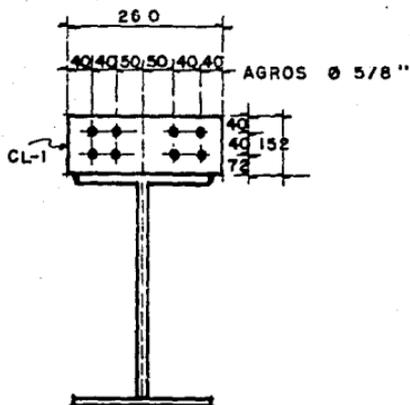


PLACA MCA P-18

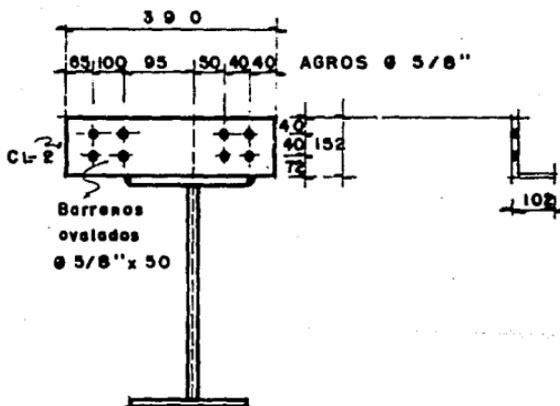
MCA CV-1	11110	4 REQ.
MCA CV-2	10934	4 REQ.
MCA CV-3	11381	4 REQ.
	100	100

C O N T R A V E N T E O S

FIGURA 6

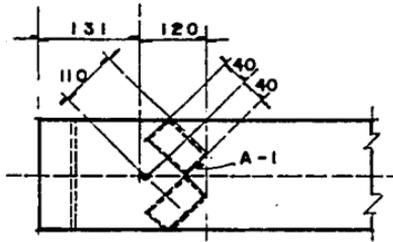


SECCION I - I
EN TB-1 y TB-1A

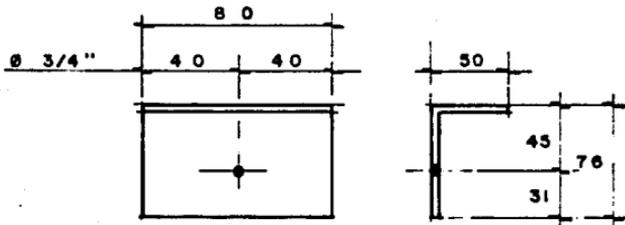


SECCION I - I
EN TB-2 y TB-2A

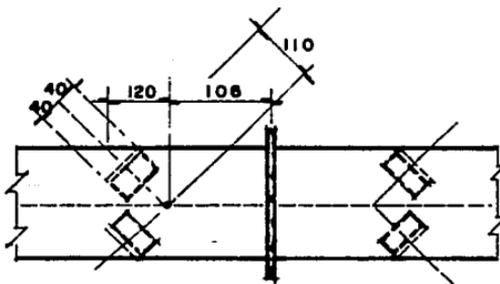
FIGURA 7



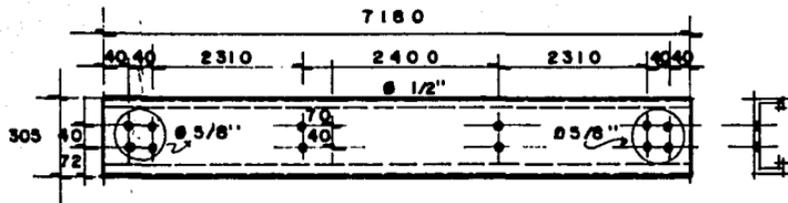
CONEXION DE ANGULOS A-1
VISTA 2-2



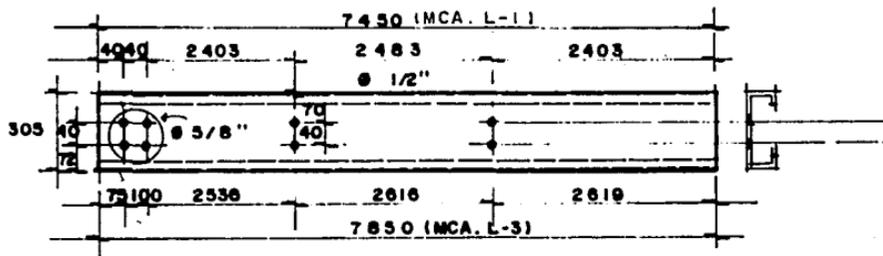
ANGULO MCA A-1



VISTA 3-3



LARGUEROS MCA. L-2
12 REQ



LARGUEROS MCA L-1 12 REQ.
LARGUEROS MCA L-3 12 REQ.

II.2) PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN

El acero es un producto derivado del hierro relativamente puro. Para su obtención es necesario combinar, además, carbono, y cantidades mínimas de magnesio, fósforo, azufre, silicio, etc.

La siguiente secuencia nos dará una idea de las etapas necesarias para obtener el hierro y el acero empleadas en la construcción.

EXPLOTACIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIAL. - Etapa inicial en la cual pueden emplearse los sistemas "a cielo abierto" o bien a "tajo abierto".

TRITURACIÓN. - En esta etapa, el producto resultante de la operación es almacenado en grandes patios donde se mezcla con otros minerales. - Estos patios constituirán la alimentación de los "altos hornos"

ALTOS HORNOS. - Es aquí precisamente, donde se inicia el proceso de manufactura del acero. El mineral de hierro se mezcla con carbón de coque y piedra caliza. El producto resultante de los altos hornos, se le designa con el nombre de arrabio o fierro de primera fusión, - contiene impurezas tales como carbono, silicio, magnesio, fósforo y azufre estas impurezas deberán eliminarse ya que confieren fragilidad a los productos de acero.

Para los procesos de aceración al hierro líquido se vacía en ollas-- termo para transportarlo a los hornos de aceración. Para poder cargar un horno, se requiere de un 75% de arrabio y el otro 25% serán: chatarra, mineral de hierro y piedra caliza.

Durante los procesos de aceración (por ejemplo el Siemens Martin o el de convertidor Bessemer) se eliminan las impurezas dando como resultado un hierro casi puro en elementos denominados lingotes.

Las normas comerciales del acero estructural, se elaboran sometiendo

los lingotes o procesos como laminación en caliente y tratamientos en frío, es así como a partir del primer proceso obtenemos placas, perfiles estructurales y casi todas las varillas usadas en el concreto reforzado. Algunos productos de acero, para construcciones estructurales, son: vigas de diferente sección transversal, canales, ángulos, -placas y secciones compuestas.

La facilidad de fabricación y montaje tienen una influencia importante en la economía del diseño; es aconsejable que el ingeniero en estructuras tenga el conocimiento completo de todos los detalles de fabricación y montaje. En su defecto, debe, cuando menos, tener una - idea clara de los procesos incluidos en estas operaciones.

En algunos diseños puede ser ventajoso el uso de aceros de alta resistencia. Aunque en este caso el peso del acero es menor, los costos de fabricación y montaje no se reducen necesariamente, ya que la mayoría de las operaciones de fabricación son relativamente independientes del peso o espesor de la parte trabajada.

PROPIEDADES DEL ACERO

Por medio de ensayo de laboratorio, se han obtenido las curvas llamadas de esfuerzo-deformación del acero. Tienen una gran importancia, puesto que de esas podemos definir las principales características - de este material metálico.

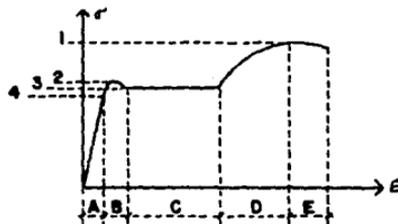


Fig. 11.2.

La fig. 11.2, representa la curva esfuerzo-deformación del acero y en ella se indica 1.- Esfuerzo máximo, 2.- Límite de fluencia superior, 3.- Límite de fluencia inferior, 4.- Límite de proporcionalidad, A.-- Rango elástico, B.- Flujo plástico restringido, C.- Flujo plástico no restringido, D.- Endurecimiento por deformación, E.- Estrangulamiento y fractura.

Podemos clasificar a los aceros empleados en la construcción, en dos tipos: Los que tienen un límite de fluencia definida (aceros laminados en caliente) y los que no lo tienen (aceros trabajados en frío).

Resistencia al esfuerzo cortante: 75 % de la resistencia a tensión

Módulo de elasticidad 2×10^6 Kg/cm².

Módulo de Poisson (Relación de la deformación transversal entre la deformación longitudinal) varía de 0.25 a 0.33.

Alta ductilidad (Capacidad de deformación antes de la falla), pero a mayor resistencia disminuye esta propiedad.

Su tenacidad (capacidad para absorber energía) es grande.

El acero es un material de consistencia dúctil pero ante ciertos factores se puede comportar frágilmente llegando incluso a fallar sin -- que antes haya presentado deformaciones plásticas. algunos factores -- que propician esta situación son: temperaturas bajas, defectos en la soldadura, esfuerzos de tensión elevados, alto contenido de carbono -- y composición química incorrecta.

Su peso volumetrico es de 7 800 Kg/m³. y su coeficiente de dilatación térmica es de 0.0001 m/°C.

"El hierro en la construcción" nos proporciona una serie de cualidades que tienen las obras construidas con estructuras metálicas al - -

compararlas con construcciones de concreto: el tiempo de ejecución es menor que el de una obra de concreto. El concreto requiere una -- constante supervisión de la dosificación de los agregados, problema que no se presenta en las estructuras metálicas. Las dimensiones de sus elementos son menores que en el caso del concreto.

Al sustituir aceros estructurales al carbón por aceros por aceros de alta resistencia no disminuyen necesariamente los costos de fabricación, ya que se requieren menores velocidades de trabajo en taladros y punzadoras, así como precauciones adicionales para las operaciones de soldadura.

Otros conceptos a considerar en la fabricación son los siguientes: -

- a) Exactitud y tolerancias en las dimensiones de las piezas. Si éstas son excesivamente rigurosas, el costo aumentará necesariamente.
- b) Rigidez de miembros grandes. Debido al gran tamaño de los miembros, no es posible conservarlos exactamente rectos; las desviaciones con respecto a su forma teórica pueden conservarse dentro de ciertos límites que no afectarán su utilidad estructural, pero los miembros rígidos no pueden conectarse fácilmente a otras piezas.
- c) Métodos para el enderezado del material y de los miembros fabricados. El método común es usar una prensa que trabaje el material a temperatura ambiente; lo cual se define como "enderezado en frío"; la aplicación de calor en un área reducida de la pieza, por medio de un soplete de oxígeno, es un método menos usado. Ambos métodos originan esfuerzos residuales en el miembro -- enderezado.

El ingeniero debe conocer los diferentes métodos usados en la fabricación y estar siempre consciente del efecto que tiene su diseño sobre los costos de fabricación.

Basados en los planos y especificaciones de diseño, varios fabricantes seleccionados preparan propuestas para la fabricación de la estructura para determinar el importe de estas propuestas, se debe estimar los -- costos de las siguientes partidas: materia prima en la laminadora, -- transporte desde la laminadora hasta el fabricante, planos de taller -- y plantillas, fabricación en el taller, transporte del material terminado desde el taller al lugar de la obra, gastos indirectos y utilidad.

FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS

La primera operación que se efectúa en el taller es la de "trazo"; se marca cada pieza con el nombre de la obra, número de parte, cantidad de piezas requeridas y cualesquiera instrucciones especiales referentes al procedimiento de fabricación.

La siguiente operación es cortar a medida y perforar los perfiles -- laminados. Los procedimientos para ello son distintos según se trate de planchas, o de barras planas, o de barras con diferentes perfiles.

El corte a medida de los perfiles laminados se hace casi siempre con la sierra, (Fig. 11.2.1). Los talleres de construcciones metálicas -- modernos tienen instalaciones de aserrado semiautomáticas o totalmente automáticas. Los cortes oblicuos respecto al plano vertical, (Fig. 11.2.2) pueden hacerse con ciertas sierras, pero casi siempre se hacen con el soplete.

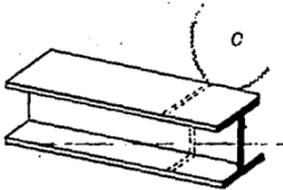


Fig. 11.2.1

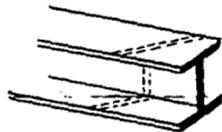


Fig. 11.2.2

Otros cortes se hacen siempre con el soplete, por ejemplo las escotaduras en las aletas o en el alma. Hay que tomar en cuenta que los cortes con el soplete deben efectuarse siempre sin afectar a los redondos de los ángulos. Los ángulos interiores de las perforaciones se abrirán previamente con la barrena para evitar que se produzcan resquebrajamientos a causa de las entalladuras, cosa que suele ocurrir fácilmente.

En las barras de perfiles laminados en caliente las perforaciones se hacen siempre con la barrena. En cada pieza se trazan los ejes de los orificios con una punta trazadora y se marcan los centros con punzón. En los talleres modernos las perforaciones se hacen por procedimientos totalmente automáticos en cadenas de trabajo accionadas electrónicamente.

Las barras planas, las cuadradas y las redondas se pueden cortar a la longitud deseada con sierra o soplete, pero casi siempre se cortan -- mediante cizallas especiales. Los otros cortes pueden hacerse también con estas cizallas, o si no, se hacen con el soplete. Los agujeros -- se hacen con barrena o bien, si se trata de paredes de poco grueso, -- con punzonadora.

El acero en forma de chapa o plancha se corta a medida con cizallas -- de guillotina o con soplete. Las máquinas de pórtico para efectuar -- cortes al soplete, pueden efectuar a la vez varios cortes paralelos, -- y también pueden estar preparadas para efectuar cortes curvos. Tres -- sopletes actuando sobre una misma sección bajo ángulos diferentes --- producen en los cantos el achafianamiento necesario para la soldadura-

Las pequeñas piezas se recortan de la plancha, a mano o por procedimientos: semi o totalmente automáticos, según plantillas dibujos o por sistemas electrónicos a base de coordenadas. Las planchas se perforan -- una por una, después del necesario marcado, o mediante máquinas -- -- automáticas regidas mediante sistemas de coordenadas.

Después de hechas las piezas se llevan al departamento de ensamblaje, una por una, o en palettes, según sean su peso o su tamaño.

Las distintas partes que constituyen un elemento se unen mediante - - tornillos, remaches o soldadura. Para elementos que se construyen en serie existen dispositivos de ensamblaje que reducen el trabajo y a la vez aumentan la exactitud.

Son de gran importancia para el buen rendimiento económico de un taller de construcciones metálicas los sistemas de transporte de los materiales en el interior del taller. Los modernos talleres tienen, como sistema de transporte por el suelo, pasillos de rodillos y rapidores transversales para las grandes vigas.

PROCEDIMIENTOS DE UNION

Las uniones o enlaces tienen por objeto unir entre si los elementos que, por diversas razones, no pueden obtenerse en una sola pieza.

Desde el punto de vista funcional se dividen en:

- a) Desmontables (se realizan con tornillos).
- b) Estables (se realizan con remaches o soldadura).

Las uniones por medio de tornillos, también se utilizan para estructuras permanentes, cuando se tienen que montar en condiciones difíciles y en lugares en que faltan las comodidades necesarias para realizar buenas soldaduras o buenos remachados.

Las uniones remachadas usadas con carácter general hace unos años, se utilizaban, sobre todo, para estructuras permanentes cuyo montaje no es previsible en el momento de la construcción; hoy se sustituyen, -- cada vez más, por las uniones soldadas electrónicamente.

UNIONES ATORNILLADAS

El tornillo es una pieza compuesta por un cuerpo cilíndrico y una cabeza exagonal (tornillo con cabeza de seis caras fig. 11.2.3) o troncocónica (tornillo de cabeza fresada fig. 11.2.4). El vástago del tornillo está roscado sobre una parte de su longitud con el fin de recibir una pieza, taladrada y roscada con el mismo diámetro y paso que el tornillo. Esta pieza, llamada tuerca, es generalmente de forma exagonal (tuerca de seis caras).

Las piezas a unir se aprietan fuertemente entre la tuerca y la cabeza del tornillo.

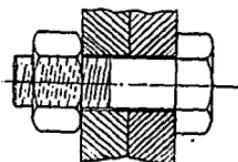


Fig. 11.2.3

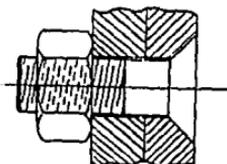


Fig. 11.2.4

Los tornillos se emplean, ya sea provisionalmente para la presentación de las piezas antes del remachado o bien definitivamente para las uniones en obra, que normalmente no se remachan, salvo indicación expresa del pliego de condiciones.

El juego de los tornillos en sus taladros es de 1mm excepto para los tornillos calibrados, que han de ajustarse perfectamente al taladro.

El esfuerzo de adherencia necesario se obtiene por un apriete determinado de los tornillos. Esta operación se realiza con la ayuda de una llave especial (dinamométrica) que permite controlar el valor del par de apriete aplicado a cada tornillo, y por consiguiente el es

fuerzo de adherencia desarrollado en la unión.

Este sistema de unión requiere una preparación de las superficies en contacto, las cuales deben limpiarse cuidadosamente por chorro de arena y estar exentas de pintura.

UNIONES REMACHADAS.

El remache es una pieza de unión, compuesta de un cuerpo cilíndrico y de dos cabezas, que pueden ser semiesféricas o troncocónicas.

Una de las cabezas viene ya formada de forja con el cuerpo del remache, mientras que la otra se forja en el momento de la colocación, en la operación llamada "remache".

Un remache puede tener dos cabezas semiesféricas (remache de cabezas esféricas Fig. 11.2.5) o dos cabezas troncocónicas (remache de cabezas perdidas Fig. 11.2.6) o bien una cabeza semiesférica y la otra troncocónica (remache de una cabeza perdida Fig. 11.2.7).

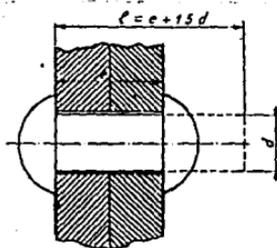


Fig. 11.2.5

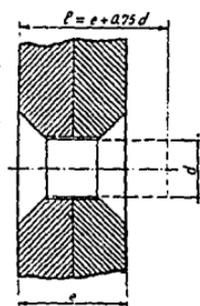


Fig. 11.2.7

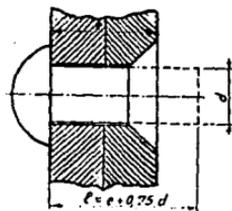


Fig. 11.2.6.

La longitud del remache queda determinada según el tipo de remache de manera que quede el metal suficiente (ni excesivo, ni escaso) para formar la segunda cabeza, tal como se indica en las figuras.

Si "e" es el espesor total de las piezas a unir, la longitud "l" de un remache de diámetro "d" será $L = e + 1.5$ para formar una cabeza esférica, y $L = e + 0.75$ para formar una cabeza perdida.

Los remaches se colocan en caliente, con martillo neumático o con prensa. Este último sistema es el mejor, permitiendo al cuerpo del remache llenar totalmente el taladro. El diámetro del taladro es 1 mm superior al diámetro nominal del remache.

Por regla general, los agujeros deben efectuarse con el taladro; se admite el punzonado pero escariando luego un espesor mínimo de 2 mm sobre el radio para eliminar la zona entallada y endurecida que llevaría fácilmente a una rotura frágil.

Los agujeros de elementos que deban superponerse para formar elementos de las estructuras deberán taladrarse, siempre que sea posible, al mismo tiempo, manteniendo las piezas engrapadas o atornilladas fuertemente en su posición definitiva. Para la construcción de elementos muchas veces repetidos, se admite el taladro con plantillas, con la condición de que lleven pantallas reguladas.

Las piezas perforadas al tiempo de unirse para el montaje van cuidadosamente marcadas con punzón para asegurar la exacta correspondencia. Si en el momento del montaje se notan excentricidades en los agujeros superpuestos, se tolera una diferencia no superior al mm que se elimina con escariador mecánico. Se prohíbe hacerlo con broca pasante o con lima redonda.

Los remaches deben fabricarse a máquina con un solo golpe y debe tener la cabeza exactamente centrada. La caña deberá tener la

longitud suficiente para llenar completamente el agujero durante el recalado y sentir la formación de una cabeza regular, llena sin defecto ni exceso de material.

Por regla general, los remaches de diámetro superior a 8 mm se recalcan en caliente. Los remaches se calentarán en horno de atmósfera reductora, en horno eléctrico o en máquinas calentadoras por resistencia.

Antes de introducirlos en los agujeros se les librá de escorias e impurezas; deben mantenerse al rojo hasta el final de la operación.

Los remaches importantes se hacen siempre con prensa. Las cabezas de cierre se formarán con máquina remachadora de presión uniforme. La presión debe ser igual, como mínimo, a 90 kg/mm^2 de sección de la caña del remache.

Las cabezas de cierre deberán ser sanas, sin rebabas, y la estampa no deberá dejar huellas sobre la chapa que rodea la cabeza.

UNIONES SOLDADAS.

La soldadura se realiza por fusión o por resistencia.

La soldadura por fusión consiste en obtener la unión de los metales por una fusión local que afecta a la superficie del metal a soldar y a una varilla de metal de aportación que, después de la fusión y enfriamiento consiguiente, constituye el "cordón de soldadura".

Este proceso puede realizarse mediante llama de gas o por arco eléctrico.

A) SOLDADURA POR GAS.- La soldadura por gas se realiza con soplete oxiacetilénico: los aceros suaves y extrasuaves se sueldan bien al soplete.

Este procedimiento tiene la ventaja de que la instalación no es costosa, pero tiene el inconveniente de provocar deformaciones importantes, difíciles de eliminar, sobre todo cuando se trata de paneles de grandes dimensiones.

B) SOLDADURA ELÉCTRICA. - La soldadura eléctrica al arco necesita la instalación de una máquina de soldar de 10 a 12 kw y exige una -- preparación de las superficies a soldar. En contrapartida, provoca deformaciones menos importantes que el soplete.

La soldadura al arco es la más utilizada como método sistemático de unión. En este procedimiento, el calor necesario para la fusión del metal es producido por el arco eléctrico formado entre las piezas a soldar y la varilla de metal de aportación, denominada "electrodo".

Los electrodos generalmente presentan un revestimiento fundente y -- tienen una longitud de 450mm.

Para los trabajos en serie o en los casos de grandes longitudes a -- soldar, se emplean máquinas de soldar automáticas.

CONSTITUCION DEL CORDON DE SOLDADURA.

El cordón de soldadura (Fig.II.2.8) presenta tres zonas:

- una zona central de metal de aportación;
- una zona de penetración, que debe haber alcanzado la fusión, pues en caso contrario habría solamente pegadura (defecto grave);
- finalmente, una zona de transición en la que el metal, sometido a altas temperaturas, ha sufrido transformaciones de carácter físico y químico por un defecto de temple. Una velocidad de enfriamiento demasiado elevado después de la soldadura hace al metal frágil y puede producir fisuras.

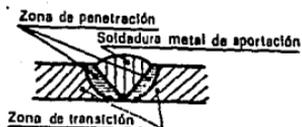


Fig. II.2.8

Las uniones soldadas se clasifican según las posiciones relativas de las piezas a soldar. A continuación se describen las más importantes.

SOLDADURA A TOPE.

Se colocan dos piezas borde contra borde y se sueldan en su sección de contacto (Fig. II. 2.9)



Fig. II.2.9

Ejemplo: Soldadura de cartabones en los extremos de las alas de una viga (Fig. II.2.10)

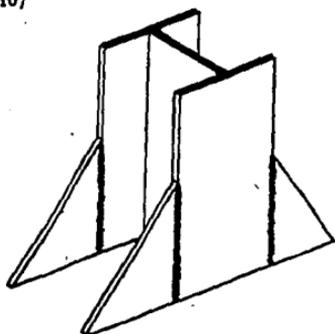


Fig. II. 2.10

La unión debe tener una resistencia por lo menos igual a la de las piezas a soldar. Con las máquinas de soldadura y los electrodos usados actualmente, es necesario someter las piezas a ciertas preparaciones que se detallan a continuación.

SOLDADURA RECTA.— Para chapas de hasta 15/10 de mm. Los bordes a soldar están en contacto (Fig. II.2.11). Para espesores de 15/10 a 5 mm, las chapas a soldar se separan con una distancia igual a medio espesor (Fig. II.2.12.).



Fig. II.2.11

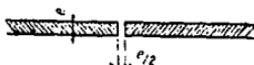


Fig. II.2.12.

La soldadura efectuada por una sola cara se llama simple. Se llama con recarga por el revés si se realiza por las dos caras.

SOLDADURA EN "V".— Para chapas de 5 a 12 mm. Los bordes están achaflanados por un solo lado, formando una "V" simétrica con relación al eje de la unión (Fig. II.2.13.)

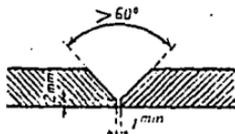


Fig. II.2.13

SOLDADURA EN "X".— Para espesores superiores a 12 mm. Los bordes están achaflanados por las dos caras, formando una ranura en "X" simétrica respecto al eje de la junta Fig. II.2.14.

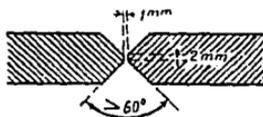


Fig. II.2.14

SOLDADURA EN ÁNGULO.— Esta soldadura se realiza en el ángulo de dos superficies. El cordón de soldadura adopta la forma de un triángulo isosceles rectilíneo Fig. II.2.15.

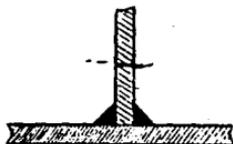


Fig. II.2.15

La soldadura se llama de cordones ligeros, si el arco de círculo que reemplaza a la hipotenusa tiene su centro por el exterior del cordón Fig. II.2.16.

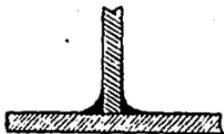


Fig. II.2.16

Para realizar las soldaduras en ángulo, las piezas están normalmente en contacto; sin embargo, una ligera separación asegura mejor penetración.

SOLDADURA EN HENDIDURA.

Esta soldadura consiste en llenar con metal de aportación una abertura practicada en una de las piezas de una unión por recubrimiento -- (Fig. II.2.17).



Fig. II.2.17

La soldadura se llama de "tapón" (también de botón) cuando la abertura es circular.

Esta soldadura es difícil de realizar correctamente. Se recomienda no recurrir a ella más que en el caso de que no pueda realizarse otro tipo de soldadura.

SOLDADURA POR PUNTOS.

Este método se aplica únicamente a las uniones con recubrimiento. El diámetro de los electrodos debe ser igual al espesor total a soldar.

El metal de las superficies en contacto alcanza el estado pastoso -- durante el paso de la corriente y la presión ejercida por los electrodos da lugar a la soldadura.

Las dos piezas se solapan una sobre otra y se sueldan en su perímetro de contacto (Fig. II.2.18)



Fig. II.2.18

Ejemplo: Una pletina de una viga en celosía, soldada sobre el alma -- del cordón formado por un perfil en "T" Fig. II.2.19.

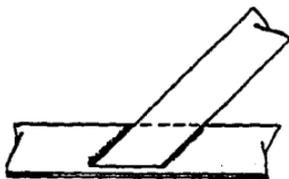


Fig. II.2.19

SOLDADURA EN "T"

El canto de una pieza se coloca en posición normal a la superficie -- de otra que se extiende a ambos lados de la junta Fig. II.2.20

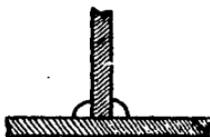


Fig. II.2.20

Ejemplo: Soldadura de una viga compuesta de alma y platabandas - - Fig. II.2.21.

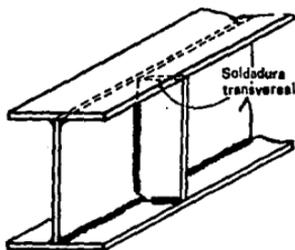


Fig. II.2.21

EJECUCION DE LAS SOLDADURAS.

La posición más cómoda para realizar los cordones es la soldadura horizontal o ligeramente inclinada hacia el operador soldador Fig. II. 2.22; son las que dan resultados mas seguros.

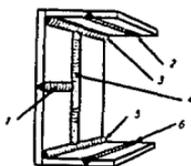


Fig. II.2.22

Fig. II.2.22.- Diversos tipos de cordones en ejecución horizontal, vertical y en techo.

1, cordón horizontal sobre paredes verticales; 2, cordón en techo; - 3, cordón de ángulo en techo; 4, cordón vertical; 5, cordón de ángulo horizontal; 6, cordón a tope en el plano.

Las soldaduras realizadas sobre superficies verticales con cordones horizontales requieren operarios muy prácticos y dan resultados menos seguros; las soldaduras con cordones verticales sobre superficies verticales son aún más difíciles y se pueden realizar con electrodos de escorias fluidas, subiendo, o con electrodos de escorias viscosas, bajando.

La soldadura invertida, realizada con cordones horizontales sobre la cara inferior de una pared horizontal, es la más difícil y la que se consigue peor.

En general, en los talleres se utilizan dispositivos giratorios ade-

cuados para girar las piezas de modo que permitan que todas las soldaduras se efectuen con cordones horizontales.

Por lo que respecta a la técnica de ejecución de los cordones, se utilizan esencialmente tres tipos de pasadas:

- 1) Pasada estrecha o longitudinal, sin movimientos laterales: en ella el electrodo avanza a velocidad constante de modo que la longitud del cordón difiere poco de la longitud del electrodo consumido, - la anchura del cordón varía entre una y dos veces el diámetro o - calibre del electrodo. Da los mejores resultados, pero es mas cara que las otras si los cordones son anchos, porque requiere bastantes pasadas sucesivas: sin embargo, da lugar a menores pasadas internas;
- 2) Pasada con movimientos transversales, o ancha, que se efectua avanzando en zig-zag mediante movimiento transversal del electrodo para obtener un cordón que pueda tener de anchura hasta 3 ó 4 veces el diámetro del electrodo. Se utiliza preferentemente para - cordones horizontales, puede dar modestas tensiones internas si - se ejecuta sobre piezas libres de deformarse;
- 3) Pasada triangular, utilizada sobre todo para uniones en "V" o en ángulos verticales o inclinados, en la que el cordón esta constituido por una espiral triangular cuyos lados visibles son arqueados. Se presta solamente para uniones corrientes, pero se excluye en los cordones de fuerza.

En las soldaduras horizontales a tope para chapas delgadas sin bisel utilizadas normalmente para espesores hasta 4mm., se aplica una sola pasada: sin embargo, siempre es aconsejable, si se quiere asegurar -- el éxito, la repetición por el reverso.

Para la soldadura horizontal a tope de espesor medio (hasta 10mm.) - se utilizan con preferencia 3 pasadas anchas con movimientos trans

versales.

Si las piezas a unir tienen gran espesor, es preferible aplicar todas las pasadas longitudinales para limitar las tensiones internas, sin embargo, para una preaplicación en "Y" sobre 10 mm de espesor se necesitan 10 pasadas, lo que implica una duración notablemente mayor del trabajo.

II.3) NORMAS PARA FABRICACIÓN.

Los elementos de las estructuras se fabricarán dentro de las tolerancias definidas en el Código de Prácticas Generales, última edición, del IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.)

I.) IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES.

1.1) De acuerdo con la norma NOM-B-252, el proveedor de aceros de alta resistencia y de aceros sujetos a especificaciones especiales deberá poner la marca de identificación a sus materiales laminados antes de entregarlos al taller del fabricante o a la obra.

1.2) Cuando los materiales laminados mencionados en el párrafo anterior carezcan de la marca de identificación del proveedor, no deberán usarse hasta su plena identificación mediante los ensayos mencionados en la sección 1.4.1.1 de las especificaciones IMCA, ni antes de aplicar la marca de identificación del fabricante que a continuación se describe.

1.3) Durante la fabricación, cada pieza de acero de alta resistencia y de acero con requisitos especiales deberá conservar la marca de identificación del proveedor o del fabricante, hasta quedar ensamblada con otros miembros. El sistema de marcas de identificación del fabricante deberá tener su descripción escrita a disposición del propietario.

1.4) Los miembros de acero de alta resistencia y de acero con requisitos especiales no deberán llevar las mismas marcas de ensamble o montaje que los miembros hechos de otros aceros, aún cuando sus dimensiones y detalles sean idénticos.

II.) HABILITADO DE MATERIAL.

II.1) Todo el material que se vaya a utilizar en estructuras debe en derezarse previamente, excepto en los casos en que por las condiciones del proyecto debe tener forma curva. Se permite la aplicación lo cal de calor o los medios mecánicos para producir o corregir la con- traflecha, curvatura o para enderezar los elementos estructurales. La temperatura de las áreas calentadas, medida con métodos aprobados, no excederá de 650°C.

II.2) Los cortes con oxígeno, de preferencia se harán con equipos - guiados mecánicamente y no a mano libre. Los bordes cortados de esta manera que vayan a estar sujetos a esfuerzos importantes, o sobre los que se vaya a depositar metal de soldadura, deberán estar razonablemente libres de muescas o imperfecciones ocasionales de no más de 5mm de profundidad, pero las dimensiones mayores se eliminarán con esme- rрил. Todas las esquinas entrantes tendrán un radio mínimo de 13 mm y estarán libres de muescas.

II.3) A menos que la soldadura especificada requiera de una prepara- ción de borde o los planos lo indiquen, los bordes cortados a cizalla o con oxicorte no requieren de terminación adicional.

II.4) Las superficies de estructuras que en los planos se señalan co- mo "aisladas" se definen como las que tienen una altura de rugosidad- ANSI máxima de 500. Cualquier técnica de fabricación que produzca el te acabado, tal como corte por fricción, aserrado en frío, esmerilado, etc., es aceptable.

III.) AJUSTE Y SUJECIÓN

III.1) Los elementos salientes de las piezas de conexión no tienen -- que enderezarse en el plano conectado si puede demostrarse que la -- instalación de los sujetadores o el uso de dispositivos de ajuste --

proporcionarán un contacto razonable entre las superficies de unión.

III.2) Frecuentemente es necesario usar placas de extensión en las uniones a tope para obtener soldaduras de buena calidad. No es necesario que el fabricante o montador las quite a no ser que se especifique en los documentos contractuales. Cuando se requiera su remoción, puede hacerse con oxicorte a mano libre cerca del borde del miembro unido sin que se requiera mayor alisado a no ser que los documentos contractuales estipulen otro tipo de terminación.

IV.) AGUJEROS PARA CONSTRUCCIÓN REMACHADA Y ATORNILLADA.

IV.1) Los tamaños máximos de agujeros para remaches y tornillos serán los que se indican en la tabla IV.1. Podrán usarse agujeros más grandes en bases de columnas, cuando sea necesario para absorber la tolerancia en la colocación de pernos de anclaje en cimientos de concreto.

Diámetro nominal del sujetador, "d"	22	25	29
Diámetro de agujero estándar	$d + 1.6$	27	$d + 1.6$
Diámetro de agujero sobre dimensionado	$d + 5$	32	$d + 8$
Dimensiones de agujero alargado corto	$(d+1.6) \times (d+6)$	27 x 33	$(d+1.6) \times (d+10)$
Dimensiones de agujero alargado largo	$(d+1.6) \times 2.5d$	27 x 64	$(d+1.6) \times 2.5d$

Tabla IV.1 Tamaño máximo de agujeros para sujetadores en mm.

IV.2) En las conexiones entre miembros deben utilizarse agujeros estándar, a no ser que el ingeniero proyectista apruebe el uso de agujeros sobredimensionados, alargados cortos o alargados largos en conexiones atornilladas. No podrán usarse agujeros sobredimensionados ni alargados en uniones remachadas.

Cuando el espesor del material es igual o menor que el diámetro nominal del tornillo o remache, los agujeros deberán punzonarse. Si el espesor del material es mayor que el diámetro nominal del tornillo o remache, los agujeros deberán taladrarse.

IV.3) Se podrán usar agujeros sobredimensionados en cualquiera o en todos los elementos de conexiones por fricción o por aplastamiento. Los agujeros alargados se pueden usar sin tomar en cuenta la dirección de la carga en conexiones por fricción, pero en conexiones por aplastamiento su mayor dimensión debe ser perpendicular a la dirección de la carga. Se colocarán arandelas sobre los agujeros alargados cortos en las placas exteriores; cuando se usen tornillos de alta resistencia, estas arandelas deberán ser endurecidas.

IV.5) Tanto en conexiones por fricción como por aplastamiento, los agujeros alargados largos sólo pueden usarse en una de las partes conectadas en cada superficie individual de contacto. Pueden usarse agujeros alargados largos sin importar la dirección de la carga en las conexiones por fricción, pero en conexiones por aplastamiento su mayor dimensión debe ser perpendicular a la dirección de la carga. Cuando se usen agujeros alargados largos en un elemento exterior, deben usarse arandelas planas o una barra continua con agujeros estándar, de tamaño suficiente para cubrir completamente el agujero alargado después de la instalación. En conexiones con tornillos de alta resistencia, esas arandelas planas o barras continuas tendrán un espesor no menor de 8 mm. serán de material de grado estructural y no necesitan ser endurecidas. Si se requieren arandelas endurecidas pa

ra satisfacer las disposiciones de las especificaciones para el uso de tornillos de alta resistencia, deberán ser colocadas sobre la superficie exterior de la arandela de placa o de la barra agujerada.

V.) ARMADO EN CONSTRUCCIONES REMACHADAS O ATORNILLADAS.

V.I) Todos los componentes de miembros remachados deberán mantenerse rigidamente unidos mediante tornillos o pasadores mientras se remachan. El uso de un punzón de gufa en los agujeros para remaches o tornillos durante el armado no debe distorsionar al metal ni agrandar los agujeros. Los agujeros cuyos diámetros tengan que aumentarse para poder meter los remaches o tornillos, deberán agrandarse con brocas cónicas o rectificarse a esmeril. La notoria falta de coincidencia de los agujeros será causa de rechazo.

Los remaches se instalarán con remachadoras de potencia, del tipo de compresión o de operación manual utilizando energía neumática, hidráulica o eléctrica. Después de colocados los remaches, deben quedar bien apretados con sus cabezas en contacto total con la superficie.

Generalmente los remaches se colocan en caliente; en este caso las cabezas terminadas tendrán forma aproximadamente hemisférica, serán de tamaño uniforme en toda la obra para el mismo tamaño de remache, estarán llenas, bien acabadas y concéntricas con los agujeros. Los remaches colocados en caliente se calentarán uniformemente a una temperatura que no exceda de 1050°C y no deberán colocarse cuando su temperatura haya bajado de 540°C.

Las superficies de partes unidas con tornillos de alta resistencia que están en contacto con la cabeza del tornillo o con la tuerca, no tendrán una inclinación mayor de 1:20 con respecto a un plano normal al eje del tornillo. Si la inclinación es mayor se usará una arandela biselada para compensar la falta de paralelismo. Las partes unidas con tornillos de alta resistencia deben estar firmemente ajusta-

das durante la colocación de los tornillos, sin que haya entre ellos ningún relleno de material compresible. Una vez armadas todas las superficies de unión, incluyendo las adyacentes a las arandelas, estarán libres de escama suelta. Tampoco deberán tener tierra, rebabas ni otros defectos que puedan evitar un asentamiento correcto de las partes. Las superficies en contacto en conexiones por fricción no deberán tener aceite, pintura ni otros recubrimientos, excepto los listados en el Apéndice E, Volumen II. Del manual IMCA.

Todos los tornillos A325 y A490 se apretarán hasta producir en ellos una tensión no menor que las indicadas en la tabla V.1. Podrán apretarse por el método de vuelta de tuerca, por un indicador directo de tensión o mediante llaves calibradas correctamente. Los tornillos apretados por medio de llaves calibradas se instalarán con arandelas endurecidas debajo de la tuerca o de la cabeza del tornillo, según sea el elemento que gire durante el apretado. No se requieren arandelas endurecidas cuando los tornillos se aprietan por el método de vuelta de tuerca, pero sí deben colocarse debajo de la tuerca y de la cabeza, cuando se usan tornillos A490 para unir material con un límite de fluencia menor de 2810 Kg/cn.

Diámetro del tornillo en mm.	Tornillos A325	Tornillos A490
13	5400	6200
16	8600	10900
19	12700	15900
22	17700	22200
25	23100	29000
29	25400	36300
32	32200	47300
35	38600	54900
38	46700	67100

Tabla V.1 Tensión mínima en tornillos de alta resistencia en Kg.

VI.) CONSTRUCCION SOLDADA

VI.1) La técnica de soldadura, la ejecución, el aspecto y la calidad de las soldaduras, así como los métodos para corregir trabajos defectuosos, estarán de acuerdo con la "Sección 3-Mano de Obra" y "Sección 4-Técnica", del Código de Soldadura Estructural, AWS D1.1, de la Sociedad Americana de Soldadura.

VII.) TOLERANCIAS EN DIMENSIONES.

VII.1) Se permite una variación de 1mm en el largo total de miembros con ambos extremos alisados para apoyo por contacto como se define en la sección II.4

VII.2) Los miembros con extremos sin alisar para apoyo por contacto, que serán ensamblados con otras partes de la estructura de acero podrán tener una variación de longitud con la dimensión del plano de detalle no mayor de 2mm para miembros hasta de 10m de largo.

VII.3) Los miembros estructurales de un solo perfil o armados, tendrán las mismas tolerancias en su rectitud que las vigas de perfil IR según la norma NOM-B-252. Como excepción, la tolerancia en rectitud para miembros en compresión es 1/1000 de la distancia entre soportes laterales.

Los miembros terminados no tendrán torceduras, dobleces, ni juntas abiertas. Los defectos muy notables de este tipo serán motivo de rechazo de la pieza.

VII.4) Cuando no se especifica una contraflecha determinada para vigas y armaduras, se procurará fabricarlas de forma tal que en caso de existir flecha en los materiales laminados, al montarse las piezas la curvatura quede como contraflecha.

VII.5) Las variaciones permisibles en el peralte de vigas pueden - resultar en cambios bruscos de peralte en la uniones. Las diferencias de peralte dentro de tolerancias en uniones atornilladas se ajustarán con placas de relleno. En uniones soldadas podrá ajustarse el perfil de la soldadura para adaptarlo a la variación del peralte, - siempre que se mantenga la sección transversal mínima necesaria de - soldadura, y que la pendiente de la superficie de la soldadura cumpla con el Código de Soldadura Estructural AWS.

VIII.) PINTURA DE TALLER.

VIII.1) Los documentos contractuales deberán especificar todos - los requisitos referentes a la pintura de taller de la estructura, indicando los miembros que deben pintarse, la forma de preparar la superficie, las especificaciones de la pintura y el espesor de película seca de la pintura, en micras.

VIII.2) Cuando los documentos contractuales no especifiquen los requisitos referentes a la pintura de taller de la estructura, se entenderá que éste protege el acero solamente por corto lapso de exposición en condiciones atmosféricas ordinarias y se considera como un recubrimiento temporal y provisional, aunque constituya la capa primaria del sistema de protección. El fabricante no tiene responsabilidad por el deterioro de la pintura primaria que pueda resultar de la exposición prolongada a condiciones atmosféricas ordinarias ni a exposición a condiciones más corrosivas que las normales.

VIII.3) Si los documentos contractuales no establecen otra cosa, - antes de pintar el fabricante limpiará a mano la superficie de la estructura para remover el óxido suelto, la escama de laminación suelta, tierra y otras materias extrañas mediante el uso de cepillo de alambre o por otro método elegido por él, para satisfacer los requisitos de la norma SSPC-SP2. A no ser que el propietario expresamente rechace la calidad de la limpieza antes de que se aplique pintura, - se considerará aceptada la calidad de la limpieza afectuada por el

fabricante.

VIII.4) El fabricante podrá elegir el método de aplicación de la pintura, ya sea con brocha, con pistola, rodillo, por inmersión u otro, a no ser que las especificaciones limiten la forma de aplicar la pintura. Cuando se especifique el espesor de la mano de pintura de taller, el espesor mínimo de la película seca será de 25 micras.

VIII.5) El acero que no requiera pintura en taller se limpiará de aceite o grasa con solventes; la tierra y otras materias extrañas se quitarán con un cepillo de fibra u otro método conveniente.

VIII.6) Es de esperarse cierto deterioro de la pintura por el manejo de la estructura. El retoque de las partes dañadas es responsabilidad del encargado de la pintura de campo.

IX.) MARCAS DE MONTAJE Y ENTREGA

IX.1) Si no se estipula otra cosa, las marcas de montaje se pondrán en los miembros de la estructura con pintura u otro medio adecuado.

IX.2) Los tornillos o remaches generalmente se embarcan en paquetes según su diámetro y largo: las tuercas sueltas y las arandelas, también se envían en paquetes separados, según sus tamaños. Las partes pequeñas como pasadores y los paquetes de remaches, tornillos, tuercas y arandelas, generalmente se meten en cajas, barriles u otro tipo de embalaje. Por lo regular se pone por el exterior del embalaje una lista y descripción del contenido.

X.) ENTREGA DE MATERIALES.

X.1) La estructura de acero deberá entregarse en la secuencia que permita la ejecución más económica y eficiente en su fabricación y montaje. Si el propietario desea establecer o controlar la secuencia de entrega de la estructura, deberá reservar su derecho y definir los requisitos en los documentos contractuales. Si el propietario contrata con otros la entrega y el montaje, deberá coordinar las activida-

des de los contratistas.

51.

X.2) Los materiales que serán empotrados en la obra de albañilería tales como pernos de anclaje y otros similares, deberán embarcarse a tiempo para estar disponibles cuando se necesiten. El propietario deberá dar tiempo suficiente al fabricante para que produzca y embarque estos materiales antes de que sean requeridos en la obra.

X.3) Las cantidades de material mostradas en las listas de embarque generalmente son aceptadas como correctas por el propietario, fabricante y montador. Si se reclama cualquier faltante, el propietario o el mostrador deberán notificar inmediatamente al transportista y al fabricante para que se investigue la reclamación.

X.4) El tamaño y el peso de las piezas de acero estructural pueden estar limitados por las instalaciones del fabricante, por los medios de transporte disponibles y por las condiciones en el sitio de la obra. El fabricante terminará el número de uniones de campo para lograr la mayor economía de la estructura.

X.5) Si la estructura llega dañada a su destino, la parte responsable de su recepción deberá notificar al fabricante y al transportista antes de la descarga del material o inmediatamente después de descubrir el daño.

CAPITULO III

MONTAJE

III.1) PLANOS PARA MONTAJE

Después de realizada la fabricación en taller, de la mayor parte de los elementos de que consta la estructura, se procede a la elaboración de los planos para el montaje que se ocuparán en el lugar de la obra.

El fabricante es quien elabora los planos de montaje y es responsable de la exactitud de las dimensiones detalladas en los dibujos, para el buen ajuste de las piezas a ensamblarse en el campo.

Los planos para el montaje deberán contener la información completa para el ensamble de la estructura, incluyendo localización, tipo y tamaño de todos los remaches, tornillos y soldaduras.

Todos los elementos empotrados para anclaje deberán ser colocados por el propietario de acuerdo con los planos aprobados. Las tolerancias -- respecto a las dimensiones mostradas en los dibujos de montaje, se indican más adelante en este mismo capítulo dentro de las normas para montaje. El propietario es responsable de la exacta ubicación de los trazos y bancos de nivel en el sitio de construcción y deberá suministrar al montador un plano conteniendo la información relativa.

Los planos para montaje se elaborarán tomando en cuenta la rapidez y -- economía en el montaje. El dibujante de taller debe detallar el acero de modo que cada miembro pueda girarse a la posición sin cambiar los -- miembros que ya están colocados.

Las longitudes de soldadura indicadas en los planos de montaje, de preferencia serán las longitudes efectivas. Los símbolos de soldadura empleados en los planos de montaje, de preferencia serán los de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS). Podrán emplearse otros símbolos adecuados siempre y cuando se expliquen en forma completa. Los planos de -- montaje se dibujarán a una escala suficientemente grande donde se pueda apreciar toda la información. En ellos se indicarán el diseño completo con medidas, secciones y localizaciones de los diversos miembros. Se -- cotarán los niveles de piso, centro de columnas y proyecciones

EJEMPLIFICACION DE LOS PLANOS PARA MONTAJE.

A continuación se presenta un ejemplo para el cual se elaboraron los dibujos, de las principales partes de que consta un plano para montaje.

Estos dibujos corresponden a la estructura metálica que se utilizó en el capítulo anterior, para la elaboración de los dibujos para fabricación.

En la (Fig.10), se presenta en planta la localización de anclajes, se indican las distancias a las que se colocarán las columnas, así como el diámetro de los agujeros para perforación.

La (Fig.11), muestra la planta de montaje, se indican los distintos tipos de largueros, contraventeos y contraflambes. También se indica la localización de las columnas y traveses.

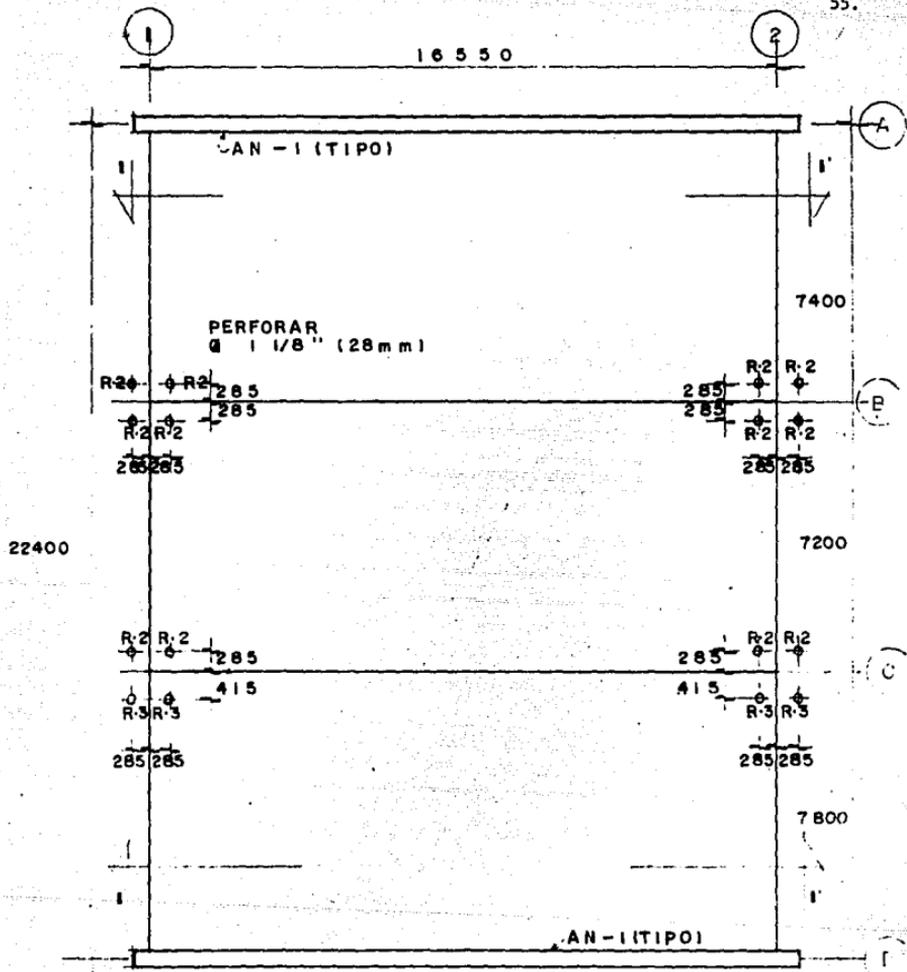
La (Fig.12), representa un corte transversal donde se aprecian las distancias de los sujetadores de los largueros sobre las traveses.

La (Fig.13), es un corte transversal donde se representa la ubicación de los largueros sobre las traveses. También se indica la localización de los detalles "A", "B" y "C".

La (Fig.14), muestra los detalles "A" y "B" para el ensamble de las traveses y columnas, indicando los tipos de soldadura a emplearse.

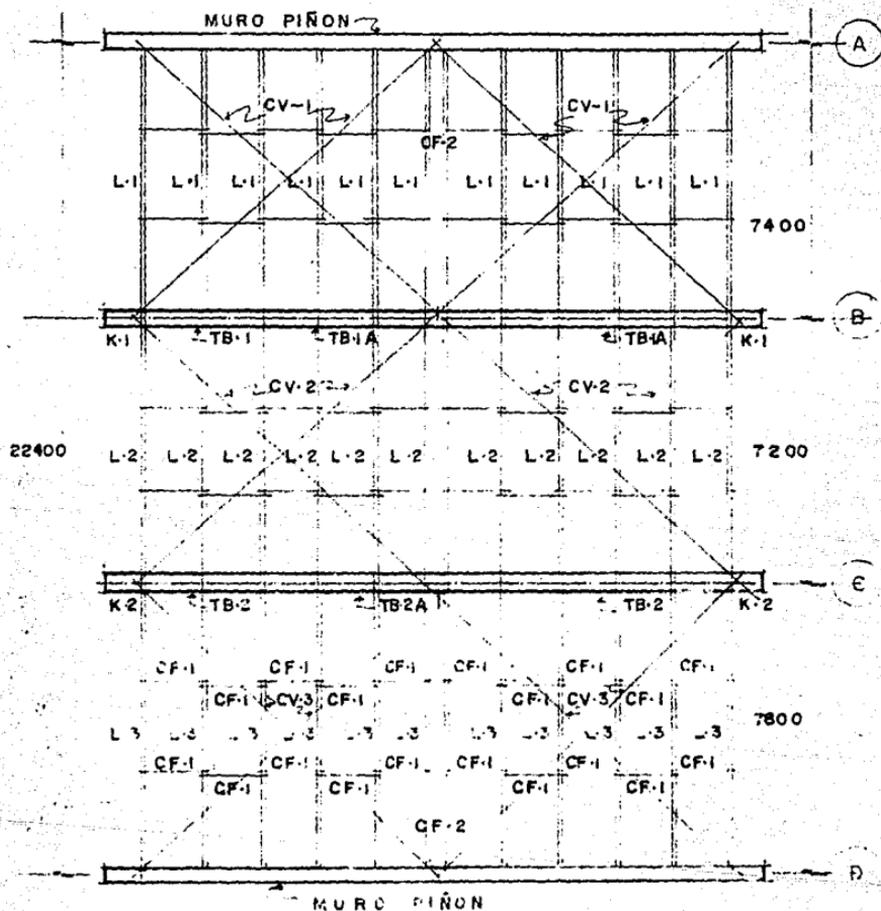
En la (Fig.15), se muestra el detalle "C" para indicar el anclaje de columnas y las dimensiones de dichos anclajes.

Por último en la (Fig.16), se indican los anclajes AN-1, que se emplearán para los largueros sobre el muro piñón.



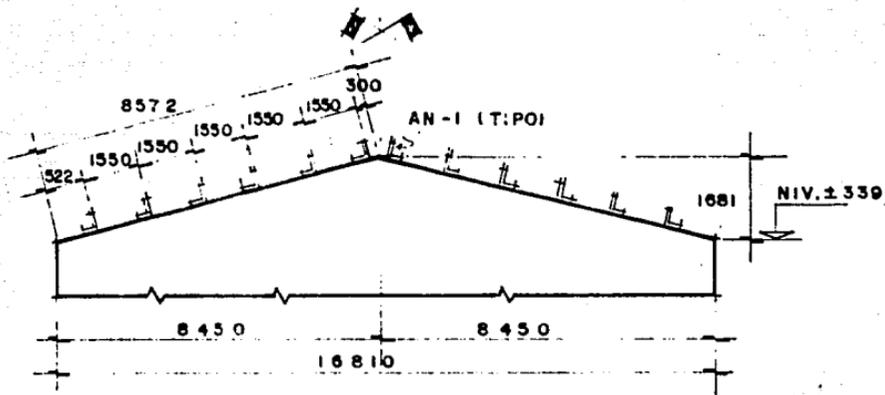
PLANTA LOCALIZACION DE ANCLAJES

FIGURA 10



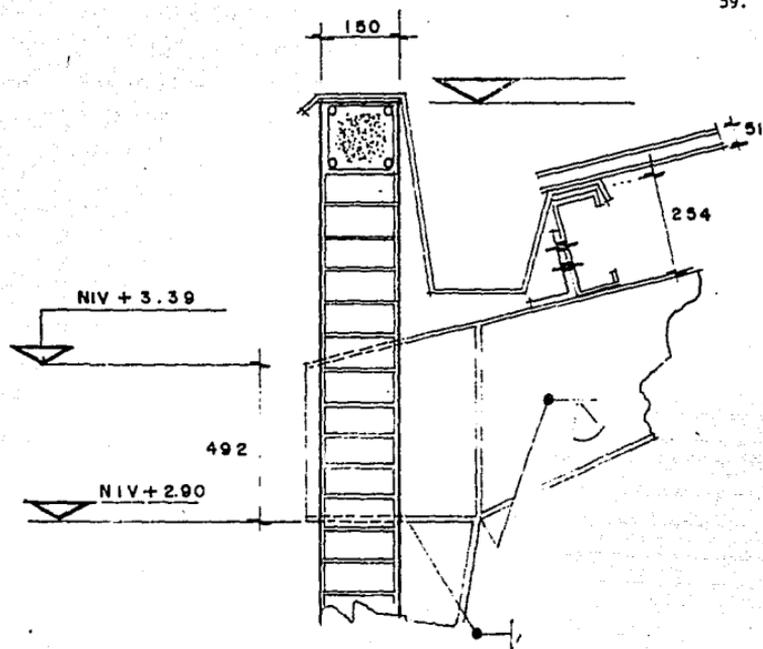
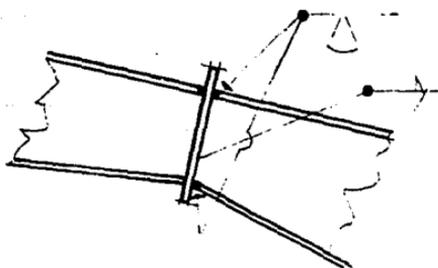
PLANTA DE MONTAJE

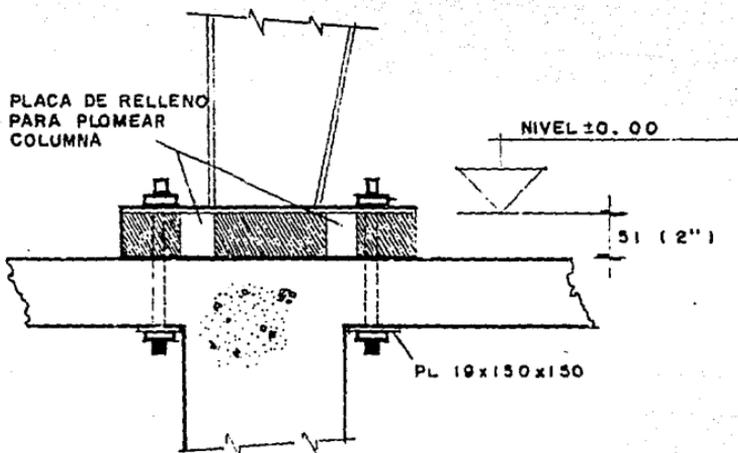
FIGURA 11



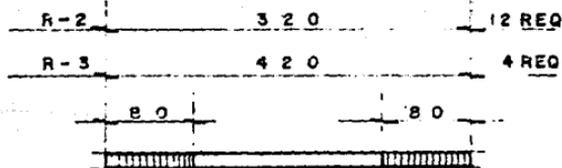
VISTA - I - I

FIGURA 12

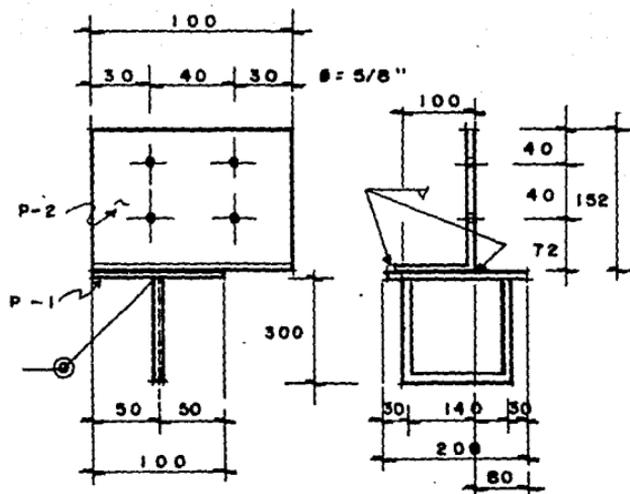
DETA - LE "A"DETA LLE "B"



DETALLE "C"



ANCLAJES



ANCLAJE AN-1

24 REQ.

FIGURA 10

III.2) PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.

La etapa siguiente a la fabricación es el transporte de las partes -- estructurales y ensambles al lugar de la obra, por medio de camiones, góndolas de ferrocarril etc.

Al llegar son descargados y almacenados, o bien colocadas directamente en su posición definitiva, por medio de gatos, malacates o rodillos, ajustándolas a sus soportes o a las partes adyacentes de la estructura; por último se fijan permanentemente en su lugar. Las consideraciones más importantes al llevar a cabo estas operaciones es la seguridad de los trabajadores y de los materiales, así como la economía y la rapidez de montaje.

Para realizar con seguridad la construcción de estructuras de grandes dimensiones, se requiere a menudo un análisis detallado de los esfuerzos y deformaciones que se presentarán durante el montaje.

Los métodos usados en el montaje de estructura de acero varían según el tipo y tamaño de la estructura, las condiciones del lugar, disponibilidad de equipo y la preferencia del montador, los procedimientos de montaje no pueden regularizarse completamente, ya que cada problema tiene características especiales, que deben tomarse en cuenta al desarrollar el plan de montaje más aventajoso.

MONTAJE DE ESTRUCTURAS LIGERAS.

Se consideran estructuras ligeras a los pequeños cobertizos, edificios agrícolas, pasarelas etc. Para estas sencillas construcciones no es posible pensar en montajes altamente mecanizados, ya que están destinadas a pequeños propietarios que, en muchos casos prefieren montarlas por sí mismo.

Su característica en este caso es el automontaje, debido a la extrema simplicidad de las piezas, ya unidas en taller en lo posible, con elementos fácilmente transportables, manejables (no más de dos hombres por elemento), que puedan unirse rápida y fácilmente por medio de articulaciones, clavijas y tornillos asegurados a uno de los elemen-

tos, de modo que no puedan caerse Fig.III.2.1

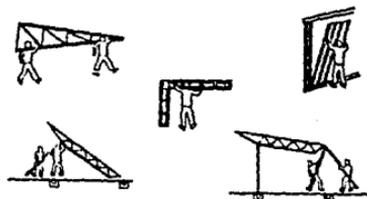


Fig.III.2.1

Para estas construcciones, el bajo costo debe resultar de la simplificación, de la unificación, del peso limitado y de la producción en serie de elementos que puedan unirse de distintas maneras para montar construcciones de tipo, planta, características y usos diversos, --- siempre con los mismos elementos.

MONTAJE DE EDIFICIOS DE VARIOS PISOS.

Generalmente estos edificios se montan en tramos de 2 pisos cada uno. Después de terminada la cimentación se levantan las columnas, se colocan sobre las placas de base y se atornillan en su lugar; es conveniente contraventear lateralmente las columnas durante el montaje, -- hasta que se completa la estructura. Una vez instaladas las columnas se izan las vigas y traveses para ajustarlas a éstas y se atornillan -- provisionalmente. Tan pronto como se colocan en su lugar las traveses -- de toda una planta, se plomean las columnas, se nivelan las vigas y se colocan permanentemente las partes entre sí por medio de remaches, tornillos de alta resistencia o soldadura. Cuando se completa un tramo se comienza el siguiente, repitiendo la secuencia del primero. Los edificios de 30 a 60m de altura se pueden montar usando grúas montadas sobre camión, pero para edificios de mayor altura se necesitan --

Plumas o grúas especiales, las cuales son izadas al nivel superior de cada marco terminado a medida que progresa la construcción del edificio.

Para las torres muy altas de sección transversal reducida son muy -- útiles las grúas de brazo giratorio autoelevables. Cuando las torres -- presentan en la base un notable alargamiento (salones, iglesias, -- templos, etc.), para evitar el uso de grúas de brazo excesivamente -- largo que impondrían esfuerzos de flexión excesivos a la esbelta es- -- tructura, se pueden acoplar las grúas autoelevables a sistemas funi - culares.

MONTAJE DE PUENTES DE ARMADURAS.

También en este caso los métodos utilizables son muchos y diversos. -- Un procedimiento común para el montaje de este tipo de puentes es en- -- samblar la armadura en el lugar, usando una obra falsa por debajo de- -- ella y erigiendola miembro por miembro. Se colocan primero las cuer- -- das inferiores a las que se fija a continuación el sistema de piso, y se continúa después con los miembros del alma, cuerda superior y con- -- traventeo. A veces resulta más económico el uso de una armadura auxi- -- liar ligera que puede colocarse en posición en cada uno de los claros mediante barcazas, en vez de construir obras falsas para todos ellos.

DISPOSITIVOS PARA MONTAJE.

El acero estructural se monta mediante dispositivos para elevación -- manual o elevación mecánica.

El dispositivo manual más simple es la grúa de poste o pluma Fig.III- .2.2 El poste es comúnmente un madero sano, de fibras derechas, aun -- que también pueden usarse postes metálicos. Las retenidas, hechas de -- torones de acero, generalmente se disponen a un ángulo con el poste -- de 45 o menos. La cuerda de elevación puede ser cable manila o de -- alambres. La capacidad de la pluma está determinada por la resisten -

cia del poste.

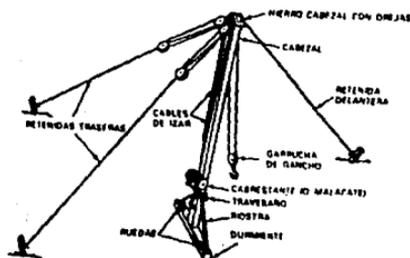


Fig.III.2.2

Una grúa de patas rígidas consta de una pluma, un mástil vertical, y dos riostras o patas rígidas inclinadas Fig.III.2.3 Está provisto de un cabrestante especial, equipado con dos tambores de izar que proveen cables separados para la carga y para la pluma. Se cambia fácilmente de un lugar a otro. Una grúa de patas rígidas se usa cuando se justifica un dispositivo más permanente. Por ejemplo, después que se completa la armadura estructural de un edificio alto, pueden instalarse esta grúa en el techo para elevar materiales del edificio, equipo mecánico, etc., a los diversos pisos.

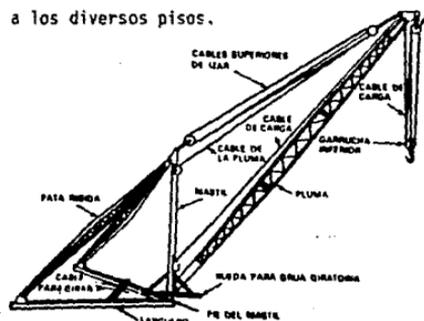


Fig.III.2.3

Las grúas pueden montarse en un camión, de orugas o locomotora. Es útil en obras pequeñas, donde se requieren maniobras y alcance. Las grúas locomotoras se usan para montaje de puentes o para trabajos en donde existe vía de ferrocarril o cuando es económico tender vía. Las grúas de retenidas Fig.III.2.6, son ventajosas para erigir edificios de varios pisos. Estas estructuras se "brincan" de un piso a otro. El brazo sirve temporalmente como una pluma para elevar el mástil a un nivel superior. Luego el mástil se asegura en su lugar y, en acción como una pluma, eleva la pluma a su siguiente posición.

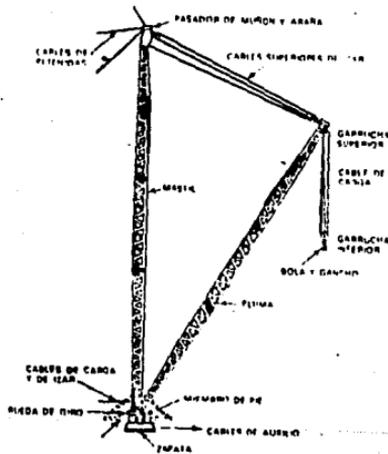


Fig.III.2.6

La grúa de torre o giratoria Fig.III.2.7, es más costosa que las de los otros tipos, pero tiene ventajas importantes. La central de control puede colocarse sobre la grúa o en una posición distinta que capacite al operario para ver siempre la carga. El equipo puede usarse para colocar el concreto directamente en las formas para pisos y techos, para eliminar rampas, tolvas y carretillas.

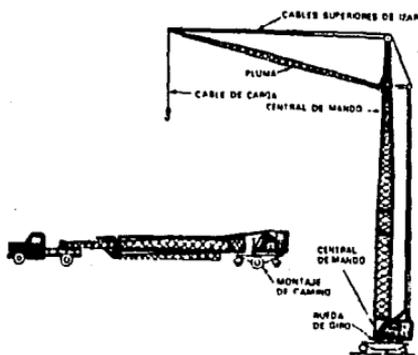


Fig.III.2.7

Ninguna regla general puede darse respecto de la elección de un dispositivo de montaje para una obra particular. El requerimiento principal es comúnmente la rapidez de montaje, pero se deben atender otros factores, como el costo de la máquina, la mano de obra, y el costo de la energía.

El dibujante del taller de estructuras debe detallar el acero, de modo que cada miembro pueda girarse a la posición sin cambiar los miembros que ya están colocados.

El montaje debe efectuarse con equipo apropiado, que ofrezca la mayor

Seguridad posible. Durante la carga, transporte y descarga del material, y durante el montaje se adoptarán las precauciones necesarias para no producir deformaciones ni esfuerzos excesivos. Si a pesar de ello algunas se maltratan y deforman, deben ser enderezadas o repuestas.

III.3) NORMAS PARA MONTAJE.

Los elementos de las estructuras de acero se montarán dentro de las tolerancias definidas en el Código de Prácticas Generales Última edición, del IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero. A.C.)

Se emplearán contraventeos temporales de acuerdo con los requisitos del Código de Prácticas Generales, cuando sea necesario para resistir las cargas a las que pueda quedar sometida la estructura incluyendo las producidas por equipo y su operación. Los contraventeos permanezcan en su lugar todo el tiempo que se requiera - por razones de seguridad.

Cuando durante el montaje la estructura deba soportar el peso de - materiales almacenados, de equipo de montaje u otras cargas, se tomarán las disposiciones adecuadas para resistir los esfuerzos - producidos en la estructura.

I.) METODO DE MONTAJE.

Si el propietario desea fijar el método y la secuencia del montaje, o si ciertos miembros no pueden ser montados en el orden normal, lo deberá establecer en los documentos contractuales. En ausencia de cualquier restricción, el montador procederá a usar - los métodos y orden de montaje que le resulten más convenientes y económicos y que cumplan con los requisitos de los documentos - contractuales. Cuando el propietario contrate por separado la fabricación y el montaje, es responsable de coordinar las actividades.

II.) CONDICIONES EN EL SITIO DE LA OBRA.

El propietario es responsable de proporcionar y mantener en buen estado los caminos de acceso hasta y dentro del sitio de la

obra para permitir el paso seguro del equipo de montaje y de la estructura. El propietario deberá proporcionar al motador una zona de trabajo segura para el montaje de la estructura. A este fin - le asignará un espacio conveniente y adecuado, con piso firme, nivelado y operará su equipo, y eliminará todas las obstrucciones - que puedan entorpecer el montaje, como líneas eléctricas, telefónicas, etc.

El motador deberá suministrar e instalar los medios de protección requeridos para su propio trabajo. La protección para otras actividades no directamente pertenecientes al montaje de la estructura es responsabilidad del propietario. Cuando el propietario no pueda proporcionar un espacio en la proximidad inmediata a la zona de montaje para el almacenamiento de la estructura, lo deberá indicar en los documentos contractuales.

III.) CIMIENTOS, PILAS Y ESTRIBOS.

El propietario es el único responsable de la correcta ubicación, capacidad de carga, facilidad de acceso y lo adecuado del diseño de todos los cimientos, pilas y estribos.

IV.) TRAZOS Y BANCOS DE NIVEL.

El propietario es el responsable de la exacta ubicación de los trazos y bancos de nivel en el sitio de construcción y deberá suministrar al montador un plano contenido toda la información relativa.

V.) COLOCACION DE PERNOS DE ANCLAJE Y ELEMENTOS EMPOTRADOS.

V.1) Todos los elementos empotrados para anclaje deberán ser colocados por el propietario de acuerdo con los planos aprobados. Las tolerancias respecto a las dimensiones mostradas en los dibujos de montaje no serán mayores de:

- a) 3mm en distancias de centro a centro de dos pernos cualquiera de un grupo de pernos de anclaje. Se define como grupo de pernos de anclaje al conjunto de pernos que reciben una sola pieza fabricada.
- b) 6mm de centro a centro de dos grupos de pernos de anclaje adyacentes.
- c) Un error acumulativo máximo de 1:5000 de la longitud de un eje de columnas, pero sin exceder de un total de 25mm. Se define como eje de columnas la recta que más se aproxima a los centros de grupo de pernos de anclaje como quedaron colocados.
- d) 6mm de desviación desde el centro de cualquier grupo de pernos de anclaje al eje de columnas que pasa por ese grupo, definiéndose eje de columnas como en el párrafo anterior.
- e) En el caso de grupos de pernos de anclaje situados fuera del eje de columnas, las tolerancias establecidas en los incisos b, c y d anteriores se aplicarán a las dimensiones paralelas y perpendiculares mostradas en los dibujos de colocación de pernos de anclaje.

V.2) A menos que los planos muestren otra cosa, los pernos de anclaje estarán colocados perpendicularmente a la superficie teórica del apoyo.

V.3) Otras partes empotradas o de conexión entre el acero estructural y elementos de otras instalaciones serán localizadas y colocadas por el propietario de acuerdo con las necesidades de la obra o como se muestra en los dibujos de montaje. La exactitud de colocación de estas partes debe cumplir con las tolerancias de montaje establecidas en la Sección XI.3.

V.4) Todo el trabajo efectuado por el propietario será terminado oportunamente para no interferir con el montaje del acero estructural.

VI.) DISPOSITIVOS DE APOYO.

El propietario deberá colocar las placas de nivelación y las placas sueltas de apoyo, que pueden ser manejadas a mano, en sus ejes y niveles correctos. Los demás dispositivos de apoyo del acero estructural los coloca el montador en los ejes y niveles determinados por el propietario, ajustándolos con cuñas, placas de relleno o tornillos de nivelación, cuando así quede convenido. El fabricante de la estructura proporcionará las cuñas, placas de relleno o tornillos de nivelación requeridos y marcará en las piezas de apoyo los ejes necesarios para facilitar su alineación. Oportunamente después de la colocación de los dispositivos de apoyo, el propietario deberá revisar su correcta colocación y hará los rellenos requeridos con mortero de los dispositivos de apoyo son responsabilidades del propietario.

VII.) MATERIALES PARA CONEXIONES DE CAMPO.

VII.1) El fabricante detallará las conexiones de campo de acuerdo con los documentos contractuales de manera que, en su opinión, resulte la mayor economía del proyecto.

VII.2) Cuando el fabricante monte el acero estructural, deberá suministrar todos los materiales requeridos para las conexiones provisionales y conexiones definitivas de los diversos componentes de la estructura de acero.

VII.3) Cuando no es el fabricante el encargado del montaje del acero estructural, el fabricante deberá suministrar el siguiente material para conexiones de campo:

- a) Tornillos de tamaño necesario y en cantidad suficiente para todas las conexiones de campo de los componentes de la estructura de acero que quedarán permanentemente atornillados. A menos que se especifiquen tornillos de acero de alta resistencia u otros tipos especiales de tornillos y arandelas, suministrará torni-

llos normales. Suministrará un excedente de 2% en la cantidad de cada diámetro y largo de tornillo requerido.

b) Las placas y láminas de relleno necesarias para el ajuste de las conexiones permanentes de la estructura de acero.

VII.4) Cuando el montaje de la estructura de acero no lo realiza el fabricante, será el montaje quien suministre todos los electrodos para la soldadura, los conectores de cortante instalados en el campo, los tornillos de presentación y los punzones requeridos para el montaje de la estructura de acero.

VIII.) PIEZAS SUELTAS.

Las piezas sueltas de acero estructural que no estén conectadas y formen parte de la estructura de acero deberá ser colocadas por el propietario sin ayuda del montador, a menos que los documentos contractuales estipulen otra cosa.

IX.) SOPORTES PROVISIONALES DURANTE EL MONTAJE DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO.

IX.1) GENERALIDADES.

El montador determinará la necesidad de usar y deberá suministrar e instalar soportes provisionales, tales como tirantes, arrios, tratamientos, obra falsa, apuntamiento y demás elementos requeridos para el montaje. Estos soportes asegurarán la estructura de acero durante el montaje para que resista cargas de magnitud similar a las de diseño, resultantes de viento, sismo y del propio montaje pero no las cargas producidas por huracanes, explosiones, choques, ni cargas resultantes de trabajos ejecutados por otros.

IX.2) ESTRUCTURAS DE ACERO AUTOSOPORTADAS.

una estructura de acero autosoportada es la que tiene la esta-

bilidad requerida y que es capaz de resistir cargas verticales, - fuerzas de viento y sismo supuestas en el diseño, sin interacción con los elementos ajenos a la propia estructura. El montador suministrará e instalará solamente aquellos soportes provisionales necesarios para asegurar los elementos de la estructura de acero - hasta que sea estable sin apoyos externos.

IX.3) ESTRUCTURAS DE ACERO SOPORTADAS EXTERMANENTE.

Una estructura de acero soportada externamente es aquella que requiere interacción con otros elementos no clasificados como acero estructural para tener la estabilidad requerida y resistencia a fuerzas de viento y sismo. Estas estructuras serán claramente - identificadas en los documentos contractuales, los que además esta blecerán la secuencia y programa de colocación de tales elementos. El montador determinará la necesidad de usar, y deberá suministrar e instalar, los soportes provisionales de acuerdo con esta informa ción. Es responsabilidad del propietario la instalación y oportu na terminación de todos los elementos no clasificados como acero - estructural requerido para la estabilidad de la estructura de ace ro.

IX.4) CONDICIONES ESPECIALES DE MONTAJE.

En caso de que el diseño de la estructura considere el uso de puntales, gatos o cargas que tengan que ajustarse al avanzar el montaje, para fijar o mantener contraflechas o pretensados, estos requerimientos deberán quedar estipulados en los documentos con tractuales.

IX.5) REMOCION DE LOS SOPORTES PROVISIONALES.

Los tirantes, arriostramientos, obra falsa, puntalamiento y demás elementos requeridos para el montaje, que son suministrados e instalados por el montador, son de su propiedad y no forman par

te de la estructura.

En el caso de estructuras autosoportadas, los soportes provisionales ya no se requieren después de que los elementos que hacen auto soportante la estructura se coloquen y conecten definitivamente dentro de las tolerancias requeridas. Después de efectuadas las conexiones definitivas, el montador ya no es responsable de soportar provisionalmente la estructura autosoportante y podrá retirar los soportes provisionales.

En el caso de estructuras soportadas externamente, el montador puede retirar los soportes provisionales cuando estén completos los elementos externos necesarios para la estabilidad de la estructura. No podrán retirarse los soportes provisionales sin el consentimiento del montador. A la terminación del montaje de la estructura, cualquier soporte provisional que hubiera sido necesario dejar instalado, deberá ser retirado por el propietario y devuelto en buenas condiciones al montador.

IX.6) SOPORTE PROVISIONALES PARA OTROS TRABAJOS.

En el caso de que durante o después del montaje del acero estructural se requieran soportes provisionales adicionales a los definidos como responsabilidad del montador en las Secciones IX.1, IX.2, IX.3, su suministro e instalación será responsabilidad del propietario.

X.) PISOS Y PASAMANOS PROVISIONALES PARA EDIFICIOS.

El montador deberá suministrar los pisos, pasillos y pasamanos requeridos por los reglamentos de seguridad aplicables, necesarios para la protección de su propio personal. A no ser que los documentos contractuales establezcan otra cosa, el montador retirará estas instalaciones de las zonas que vaya terminando. El propie-

tario es responsable de suministrar toda la protección necesaria para el desarrollo de otras actividades ajenas al montaje. Cuando se utilizan como protección los pisos definitivos de láminas acanallada de acero instalados por el propietario, su instalación deberá ejecutarse en forma de no demorar ni interferir con el avance del montaje, y el propietario deberá programar e instalar los pisos en una secuencia adecuada para cumplir con los reglamentos de seguridad.

XI.) TOLERANCIAS.

XI.1) DIMENSIONES TOTALES.

Son de esperarse algunas variaciones en las dimensiones totales finales de las estructuras de acero. Se considera que estas variaciones son aceptables cuando no exceden el efecto acumulado de las tolerancias de laminación, fabricación y montaje.

XI.2) PUNTOS Y LINEAS DE TRABAJO.

Las tolerancias de montaje se definen en relación con los puntos de líneas de trabajo de los miembros, como sigue:

- a) Para miembros no horizontales, los puntos de trabajo son los centros geométricos en cada extremo de la pieza.
- b) Para miembros horizontales, los puntos de trabajo son el centro de la superficie o patín superior en cada extremo.
- c) En caso de que sea conveniente usar otros puntos de trabajo, puede hacerse siempre que se basen en estas definiciones.
- d) La línea de trabajo de una pieza es la línea recta que une sus puntos de trabajo.

XI.3) POSICION Y ALINEACION.

Las tolerancias en posición y alineación de los puntos y líneas de trabajo son las siguientes:

XI.3.1) COLUMNAS

Se considera que cada tramo de columna está a plomo si la desviación de la vertical de su línea de trabajo no excede de 1:500, con las siguientes limitaciones:

- a) Los puntos de trabajo de los tramos de columnas adyacentes a cubos de elevador no tendrán variación mayor de 25 mm de su eje teórico en los primeros 20 pisos de un edificio; a mayores alturas puede incrementarse la desviación en 1 mm por cada piso adicional, sin pasar de un máximo de 50 mm.
- b) Los puntos de trabajo de los tramos de columnas exteriores podrán estar desplazados de su eje teórico no más de 25 mm hacia afuera ni 50 mm hacia adentro del edificio en los primeros 20 pisos; el desplazamiento puede aumentarse 2 mm por cada piso adicional, sin que exceda de 50 mm hacia afuera ni 75 mm hacia adentro del edificio.
- c) Los puntos de trabajo de cualquier tramo de columna exterior, a cualquier nivel de empalme en edificios de pisos múltiples, o en el extremo superior de columnas en el caso de edificios de un solo piso, no deberán quedar fuera de una envolvente horizontal, paralela al parámetro, de 40 mm de ancho para edificios hasta de 100 m de largo. El ancho de la envolvente puede aumentarse 13 mm por cada 30 m adicionales de longitud, pero no excederá de 75 mm.
- d) Los puntos de trabajo de los tramos de columnas exteriores podrán estar desplazados de su eje teórico, en el sentido paralelo al parámetro del edificio, no más de 50 mm en los primeros 20 pisos; a mayores alturas el desplazamiento puede aumentarse 2 mm por cada piso adicional pero sin exceder de 75 mm.

XI.3.2) MIEMBROS CONECTADOS A COLUMNAS

- a) La alineación horizontal de los miembros conectados a columnas se

será aceptable si los errores en su alineación se deben solamente a las variaciones, dentro de tolerancias, de la alineación de las columnas.

- b) El nivel de los miembros conectados a columnas será aceptable si - la distancia del punto de trabajo del miembro al nivel del empalme superior de la columna, tiene variación no mayor de + 5 mm, ni de - 8 mm de la distancia marcada en planos.

XI.3.3) OTROS MIEMBROS

Los miembros no mencionados anteriormente se consideran a plomo, a nivel y alineados, si el desplazamiento del miembro de su posición teórica no excede de 1:500 de la distancia medida sobre la línea recta trazada entre los puntos de apoyo del miembro.

XI.3.4) ELEMENTOS AJUSTABLES

La alineación de los dinteles, soportes de muros, marcos de ángulo, montantes y otros miembros de apoyo similares no estructurales, con tolerancias más estrictas que las anteriores, no puede obtenerse a no ser que los planos estructurales indiquen conexiones ajustables de estos elementos con la estructura de acero. Cuando se especifiquen conexiones ajustables, los dibujos del propietario deberán indicar el ajuste total requerido, considerando las tolerancias de la estructura de acero y la alineación requerida de estos soportes. Las tolerancias en posición y alineación de los elementos ajustables son las siguientes:

- a) Los elementos ajustables se consideran correctamente colocados, en posición vertical, cuando quedan instalados con error no mayor de 10 mm respecto a su posición teórica. La referencia vertical se tomará desde el plano del empalme superior de la columna más próxima al elemento.

- b) Los elementos ajustables se consideran correctamente colocados, en posición horizontal, cuando quedan instalados con error no mayor de 10 mm respecto a su posición teórica relativa al parámetro del piso en cuestión.

XI.4) PREVENCIÓN DE ESPACIOS LIBRES

El propietario es responsable de prever en el diseño de la estructura de acero los espacios libres y ajustes requeridos para materiales suministrados por otros, tomando en cuenta las tolerancias anteriormente señaladas para la estructura de acero.

XI.5) ACEPTACIÓN DE POSICIÓN Y ALINEACIÓN

Antes de que se coloque o instale cualquier otro material, es responsabilidad del propietario revisar que la estructura de acero esté dentro de tolerancias de plomo, nivel y alineación. El montador recibirá aviso oportuno de aceptación del propietario, o bien una lista de correcciones por hacer para obtener la aceptación. Dicho aviso deberá darse inmediatamente después de la terminación de cualquier parte de la estructura y antes de que se inicie el trabajo de otros que sea conectado, soportado o aplicado a la estructura de acero.

XII.) CORRECCIÓN DE ERRORES

El trabajo del montador incluye la corrección de pequeños desajustes mediante trabajos moderados de escariado, cincelado o corte, y el hacer llegar a su lugar los miembros mediante el uso de punzones. Los errores que no puedan corregirse por los medios antes mencionados o que requieran cambios importantes en la forma de los miembros, deberán ser informados inmediatamente por el montador al propietario y al fabricante para que el responsable del error lo corrija, o apruebe el método más eficiente y económico para que lo corrijan otros.

XIII.) CORTES, MODIFICACIONES Y AGUJEROS PARA OTROS USOS

A no ser que los documentos contractuales claramente estipulen lo -- contrario, ni el fabricante ni el montador harán cortes, agujeros ni cambios en la estructura requeridos por los trabajos de otros. Cuando se estipule este tipo de trabajos, el propietario es responsable de suministrar la información completa y precisa de los trabajos adicionales requeridos.

XIV.) MANEJO Y ALMACENAMIENTO

El montador deberá tener cuidado en manejar y almacenar adecuadamente el acero estructural durante el montaje, para evitar que éste se ensucie innecesariamente. El montador no es responsable de limpiar el acero estructural de la suciedad que se haya acumulado durante el montaje como resultado de su exposición a la intemperie.

XV.) PINTURA DE CAMPO

El montador no tiene obligación de efectuar ninguna operación de pintura ni de hacer resanes en la estructura metálica a no ser que se haya estipulado en los documentos contractuales.

XVI.) LIMPIEZA FINAL

Al terminar el montaje y para la aceptación final de la estructura, el montador deberá retirar del sitio de construcción cualquier obra-falsa, casetas y desperdicios.

C A P I T U L O I V

C O N T R O L D E C A L I D A D

IV.1) CONTROL DE CALIDAD EN TALLER.

La mayor parte del trabajo de preparación de la estructura se realiza - taller, es decir en un espacio cubierto, donde su puede trabajar en todo tiempo y en condiciones adecuadas.

Toda esta preparación no está sujeta a los inconvenientes de la obra - y puede ser hecha con todo el cuidado y precisión requerida, por un personal calificado y bajo un control constante. Esta operación debe realizarse con anterioridad a la aplicación de la mano de pintura antioxido- que se requiere en todos los elementos.

Primeramente, el encargado del control de calidad en el taller, se ase- rará de que los aceros empleados corresponda a la calidad estipulada en el pliego de condiciones y, si es necesario, hará controlar esta cali- dad en laboratorios mediante la toma y ensayo de probetas.

Si se trata de aceros ordinarios sin control de recepción, se asegurará del buen aspecto del material empleado ausencia de herrumbre, mordeduras, etc.

Los requisitos principales que deben contener los aceros son:

- 1) Homogeneidad estructural.- Es decir, debe asegurarse que no tengan segregaciones, porosidades, escorias, oquedades e inclusiones gaseosas. La reticula cristalina debe ser muy regular y de- grano fino.
- 2) Homogeneidad mecánica.- Es decir, las caracterfsticas correspon- dientes como son el límite elástico, el alargamiento, la resi- lencia, deben mantenerse constantes a lo largo de todo el ele- mento estructural y en toda la partida a que este pertenece.

El acero se presta mejor que el concreto a los diversos controles relativos a su calidad. Es fácil para el controlador de una estructura metálica tomar probetas de una partida de material, y comprobar que se cumpla con los requisitos mencionados.

Generalmente la inspección de los materiales laminados efectuada por el fabricante, es solamente visual, sin realizar ningún ensayo de materiales, y se depende de la información suministrada por la laminadora o -- sus distribuidores de que el material satisface los requisitos del pedido. En caso de que los documentos contractuales estipulen certificación de materiales, serán informes recientes de la laminadora o los resultados de los ensayos adicionales que el propietario haya ordenado al fabricante efectuar por cuenta del propietario.

Si el propietario desea verificar los ensayos efectuados por la laminadora, o si requiere ensayos adicionales a éstos, lo deberá estipular en los documentos contractuales y ordenarlos a través del fabricante.

Cuando se requieran ensayos, los documentos contractuales deberán establecer claramente los procesos, alcances, técnica y normas de aceptación.

TOLERANCIA.

Las piezas terminadas en taller deben estar libres de torceduras y dobles locales, y sus juntas deben quedar acabadas correctamente. En miembros que trabajarán en compresión en la estructura no se permiten desviaciones, con respecto a la línea recta que une sus extremos, mayores de un milésimo de la distancia entre puntos que estarán soportados lateralmente en la estructura terminada.

La discrepancia máxima, con respecto a la longitud teórica, que se permite en miembros que tengan sus dos extremos cepillados para trabajar por contacto directo, es un milímetro. En piezas no cepilladas, de longitud no mayor de diez metros, se permite una discrepancia de 1.5 mm., la que aumenta a 3 mm. cuando la longitud de la pieza es mayor que la indicada.

ESTRUCTURAS REMACHADAS O ATORNILLADAS.

Antes de colocar los remaches o tornillos se revisará la posición, alinamiento y diámetro de los agujeros, y posteriormente se comprobará -- que sus cabezas estén formadas correctamente y se revisarán por medios acústicos y, en el caso de tornillos, se verificará que las tuercas estén correctamente apretadas y si se ha colocado las roldanas, cuando se haya especificado su uso. La rosca del tornillo debe sobresalir de la tuerca no menos de 3 mm.

El diámetro de los agujeros para remaches o tornillos será de acuerdo con las disposiciones del Código de Prácticas Generales del IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero).

ESTRUCTURAS SOLDADAS.

Las superficies que vayan a soldarse estarán libres de costras, escoria, óxido, grasa, pintura o cualquier otro material extraño, pero se permite que haya costras de laminado que resistan un cepillado vigoroso hecho con cepillo de alambre. Siempre que sea posible, la preparación de bordes por medio de soplete oxiacetilénico debe efectuarse con sopletes guiados mecánicamente.

Deben revisarse los bordes de las piezas en los que se colocará la soldadura, antes de depositarla, para cerciorarse de que los biselés, holguras, etc., son correctos y están de acuerdo con los planos.

Una vez realizadas, las uniones soldadas deben inspeccionarse ocularmente y se repararán todas las que presenten defectos aparentes de importancia, tales como tamaño insuficiente, cráteres o socavación del metal base. Toda soldadura agrietada debe rechazarse.

Quando haya dudas, y en juntas importantes de penetración completa, la revisión se completará por medio de radiográficas y/o ensayos no destructivos de otros tipos. En cada caso se hará un número de pruebas no

destructivas de soldadura de taller suficiente para abarcar los diferentes tipos que haya en la estructura y poderse formar una idea general de su calidad. En soldaduras de campo se aumentará el número de pruebas, y estas se efectuarán en todas las soldaduras de penetración en material de más de dos centímetros de gruesos y en un porcentaje elevado de las soldaduras efectuadas sobre cabezas.

PINTURA.

Deberá programarse la inspección de la preparación de superficie y de la pintura de taller para la aceptación de cada etapa al ser terminada por el fabricante. La inspección del sistema de pintura, incluyendo sus materiales y espesores, deberá hacerse al terminar la aplicación de pintura. La inspección de espesores de pintura húmeda se hará durante la aplicación de la pintura.

La pintura de taller y la preparación de la superficie se harán de acuerdo con las disposiciones del Código de Prácticas Generales del IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero).

Excepto para superficies en contacto, las superficies que quedan inaccesibles después del armado de taller, se limpiarán y pintarán de acuerdo con las especificaciones, antes de armar. La pintura puede usarse sin restricciones en conexiones por aplastamiento.

Después de inspeccionadas y aprobadas, y antes de salir del taller, todas las piezas que deban pintarse se limpiarán cepillándolas vigorosamente, a mano, con cepillo de alambre, para eliminar escamas de lamina do, óxido, escoria de soldadura, basura y, en general, toda materia extraña. Los depósitos de aceite y grasa se quitarán por medio de solventes.

Las piezas que no requieran pintura de taller se deben limpiar también siguiendo procedimientos análogos a los indicados en el párrafo anterior.

A menos que se especifique otra cosa, las piezas de acero que vayan a quedar cubiertas por acabados interiores del edificio no necesitan pintarse, y las que vayan a quedar ahogadas en concreto no deben pintarse. Todo el material restante recibirá en el taller una mano de pintura an tiorrosiva, aplicada cuidadosa y uniformemente sobre superficies secas y limpias, por medio de brocha, pistola de aire, rodillo o por inmersión.

El objeto de la pintura de taller es proteger el acero durante un período de tiempo corto, aún cuando sirva como base la pintura final que se efectuará en obra.

IV.2) CONTROL DE CALIDAD EN OBRA.

El montaje de elementos completos (pilares, cerchas, etc.) se realiza en obra después de una presentación en el taller, lo que permite comprobar la perfecta correspondencia entre los elementos. La obra está así libre de materiales que estorben salvo durante un tiempo muy reducido, y los medios de montaje (grúas) son, extremadamente reducidos e incluso a veces rudimentarios. No existen los grandes cajones y número de apuntalamiento como en las estructuras de concreto.

El encargado de la obra ha de verificar la cantidad y calidad de los elementos recibidos, supervisará su montaje y se asegurará de la buena ejecución del ensamble.

Para facilitar su control, se hará entregar por el constructor un ejemplar de la memoria de cálculo, de las mediciones y de los planos estructurales constructivos, realizados por la oficina técnica, firmados por el contratista y que han servido para la ejecución en el taller.

Provisto de estos documentos, podrá comprobar fácilmente si los perfiles previstos en la memoria de cálculo coinciden con los que figuran en los planos constructivos y con las mediciones. De esta manera se podrá verificar si las piezas han sido construidas con los perfiles previstos y si las uniones entre las piezas son suficientes.

A medida que llegan las remesas a la obra se debe controlar el peso de los elementos, se asegura que el peso total de los elementos sea sensiblemente igual al peso resultante de las mediciones o, por el contrario, si las desviaciones observadas pueden imputarse a las tolerancias de laminación.

CONTROL DE CALIDAD DE LAS UNIONES SOLDADAS.

Las técnicas de control y ensayo de que disponemos en nuestros días para la detección de defectos en uniones soldadas son muy variadas y las

driamos clasificar en las siguientes:

- a) Inspección visual.
- b) Líquidos penetrantes.
- c) Ultrasonidos.
- d) Radiografías por rayos X ó gama.

En nuestra normativa actual no se especifica ninguna metodología del control de las uniones soldadas, y es por lo que éste deberá elegirse como función del grado de riesgo de la estructura.

En términos generales se podría pensar en el siguiente esquema:

- Control de los soldadores cuando no se tenga conocimiento de la aptitud de éstos;
- inspección visual de las uniones, con una extensión dependiente de la complejidad de la obra;
- Examen no destructivo de aquellas uniones que presenten una responsabilidad mayor.

Los ensayos no destructivos, que permiten conocer las heterogeneidades internas de las uniones, se especifican en el siguiente cuadro, que --permite seleccionar la técnica a utilizar, tanto en uniones en ángulo-- como a tope.

- 1) Inclusiones gaseosas - - - - -Radiografía
- 2) Defectos de fusión - - - - -Ultrasonía
- 3) Defectos de penetración - - - -Radiografía
- 4) Fisuración interna - - - - -Radiografía ó Ultrasonía
- 5) Fisuración en superficies- - - -Ultrasonía
- 6) Fisuración total - - - - -Líquidos penetrantes
- 7) Arrancamiento laminar - - - - - Ultrasonía
- 8) Fisuras en crater - - - - - Líquidos penetrantes.

A) INSPECCIÓN VISUAL.

Se define como inspección visual en operaciones de soldeo eléctrico a los siguientes aspectos:

- Tipos de materiales de aportación utilizados y dimensiones de los mismos.

- Equipos soldadores de que se dispone. Si son de soldeo por arco descubierto, tipo de corriente de soldeo, con la indicación de su potencia.

- Tipos de polaridad e intensidades de corriente de soldeo para electrodos por arco descubierto y parámetros de la operación de soldeo.

Régimen térmico resultante en la deposición del metal de aportación que se utilice.

- Condiciones de conservación de los diferentes materiales en el almacén general y a pie de obra.

- Presencia de escoria, elementos de que se dispone para su eliminación.

- Métodos empleados para la realización de las soldaduras.

- Higiene y seguridad de las diferentes operaciones.

Además se comprobará en todos los tipos de unión por soldeo, que todas las indicaciones de los planos y hoja de cálculo del proyecto, en cuanto se refiere a las dimensiones y preparación de los bordes, si se trata uniones a tope comprobará también que las soldaduras presenten un aspecto regular sin defectos visibles de mordeduras de borde, falta de penetración en raíz, grietas, fisuras, sopladuras, etc.

B) LÍQUIDOS PENETRANTES.

El proceso de inspección por líquidos penetrantes es un método de ensayo no destructivo para detectar defectos que afloran a la superficie, - tales como grietas, poros, inclusiones de aire, faltas de fusión, etc.

Existen varios procedimientos para la inspección por líquidos penetrantes, y constan de un líquido emulsificador, disolvente y revelador y se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Método A, que son visibles con luz negra.
- Método B, que son visibles con luz natural.

En general, las etapas para el ensayo con líquidos penetrantes son:

- Limpieza y preparación previa de la superficie.
- Aplicación del líquido penetrante sobre la superficie de la muestra.
- Se procede a observar la muestra para buscar las posibles indicaciones producidas. Esto se hace con luz natural si se trata de penetrantes coloreados o bajo luz negra, en el caso de que se hayan empleado penetrantes fluorescentes.

C) INPECCIÓN ULTRASÓNICA.

Entre las diversas aplicaciones del empleo de las vibraciones ultrasónicas se encuentra el examen de las uniones soldadas.

El ensayo por ultrasonidos se base en el envío de impulsos de energía -- a alta frecuencia mayor de 20 KHZ hacia la zona a investigar (soldadura).

Las ondas ultrasónicas son reflejadas en las discontinuidades que exis-

tan. Los impulsos ultrasónicos reflejados son captados por el palpador captador, convertidos en impulsos eléctricos, representados en una pantalla de rayos catódicos y evaluados.

Este sistema emisor-receptor es actualmente recogido en un único palpador que actúa en esta función dual, existiendo palpadores normales y en ángulo.

Las técnicas ultrasónicas para el examen de soldaduras dan un medio para la detección de defectos internos y externos, así como la zona afectada por el aporte de calor. Se pueden ensayar piezas con un espesor casi ilimitado. El campo de examen abarca entre 1 mm. a 10 m. aproximadamente. El procedimiento es muy sensible, por lo que se pueden determinar también defectos muy pequeños.

Los aparatos de ensayo son fácilmente transportables y se puede obtener inmediatamente el resultado.

El resultado del ensayo no puede ser respaldado por un documento gráfico. Las exigencias que se piden en cuanto a experiencia, responsabilidad y eficacia de los encargados a realizar el ensayo, son relativamente elevadas.

MÉTODO OPERATIVO.

A continuación pasamos a conocer los fundamentos técnicos que rigen prácticamente el ejercicio de un ensayo. Para ello debemos considerar en principio que son las ondas transversales las más utilizadas en la inspección de soldaduras y que solamente las longitudes tienen sus aplicaciones en casos muy reducidos.

Supongamos una chapa de espesor "d" sobre la que se transmite una onda transversal Fig. IV.2.1, realizando un recorrido en zig-zag sobre

la pieza. Al incidir el haz sobre un borde, la mayor parte de su energía se refleja y regresa al palpador (emisor-receptor), dándonos en la pantalla eco característico.



Fig. IV.2.1

Para poder borrar con dicho haz toda la sección de la chapa es necesario desplazar el palpador Fig. IV.2.2., de tal forma que el haz incida en el rincón inferior y después en el superior. Obtenemos así la distancia "s" de un salto, que viene dada por la expresión $s=2d \operatorname{tg} \alpha$.

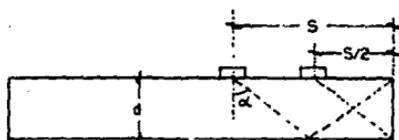


Fig. IV.2.2

Imaginemos ahora una soldadura en horizontal Fig. IV.2.3 para que el haz barra toda la sección transversal del cordón habrá que desplazar el palpador entre un salto "s" y medio salto $s/2$. De aquí la importancia de conocer dicha longitud. La longitud del trayecto "l" será $l=2d/\cos \alpha$.



Fig. IV. 2.3.

En la inspección de uniones soldadas es necesario no solo el detectar un defecto, sino también su localización y profundidad. En la Figura IV.2.4 suponemos el defecto situado en "B". La longitud del recorrido del haz será $PA + AB = S_B / \text{sen} \alpha$.

Desplazando el palpador hacia adelante y hacia atrás obtendremos el eco máximo, con el fin de tener la certeza de que se encuentra en el eje del haz. Calibrando previamente el aparato mediante la pieza patrón, en recorridos de haz, podremos leer en la pantalla la longitud del proyecto $l = PA + AB$, y, por tanto, $S = l \text{ Sen} \alpha$, quedando determinada la distancia a que se encuentra el defecto respecto al punto de salida del haz en el palpador.

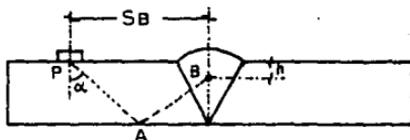


Fig. IV.2.4

La profundidad "h" resultará, entonces:

$$h = 2d - l \text{ cos} \alpha.$$

También, si el defecto es grande con relación al haz, puede conocerse fácilmente su extensión en profundidad, transversal y longitudinal.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA INSPECCIÓN ULTRASÓNICA.

Informe de la inspección ultrasónica realizada a las soldaduras a tope de armaduras, patines superiores, patines inferiores y almas -

de la estructura nueva de una nave para materias primas.

Objeto. Este informe tiene por objeto el dar a conocer los resultados obtenidos de la inspección ultrasónica realizada a las reparaciones de uniones a tope de alma, patines y armaduras principales, así como los valores de espesor obtenidos, en el muestreo realizado en traveses y columnas, de la estructura nueva de la nave de materias primas.

Alcance. Se inspeccionaron por ultrasonidos haz angular 41 zonas, - las cuales no fueron mayores de "6" de longitud, las zonas inspeccionadas fueron las siguientes:

<u>COMPONENTE</u>	<u>UBICACIÓN</u>	<u>ALMA</u>	<u>P. INF.</u>	<u>P. SUP.</u>
COLUMNA No. 1	NORTE		X	X
COLUMNA No. 2	NORTE	X		X
COLUMNA No. 3	NORTE	X	X	
COLUMNA No. 5	NORTE	X		
COLUMNA No. 6	NORTE		X	X
TRABE CARRIL-2B	NORTE		X	
COLUMNA No. 3	SUR	X		
COLUMNA No. 5	SUR	X	X	X
COLUMNA No. 6	SUR	X	X	X
UNIONES DE ARMA DURAS PRINCIPALES.				
6 ZONAS	OESTE	-	-	-
6 ZONAS	ESTE	-	-	-
COLUMNA No. 7	SUR	X		
COLUMNA No. 8	SUR	X		X
TRABE CARRIL-2D	SUR			X
TRABE CARRIL-G	SUR	X	X	X
TRABE CARRIL-J	SUR	X	X	X
TRABE CARRIL-K	SUR		X	X

La medición de espesores se efectuó en 78 puntos distribuidos en -
columnas y traves carril (ver anexo II)

DOCUMENTACIÓN APLICABLE, Norma AWS-D.1.1. Edición 1984
Parte NB (Edificios Nuevos).

EQUIPO UTILIZADO.

- 1.- Equipo ultrasónico, Impulso-Eco, Modelo USL-38 marca Krautkra-
mer.
- 2.- Pieza patrón V-1 del Instituto Internacional de la soldadura.
- 3.- Palpador angular de 70° de 4 MHz (1" x 1/2")
- 4.- Equipo ultrasónico DM-2 con display Digital.
- 5.- Palpador Bicristal de haz recto de 4 MHz \varnothing 10 mm.

DESARROLLO.

Estado de la superficie a inspeccionar. Esta se encontraba excenta-
de proyecciones e irregularidades que impedirían el movimiento del
palpador en las zonas a inspeccionar, así mismo es oportuno indicar
que todas las zonas inspeccionadas están cubiertas con una ligera -
capa de pintura anticorrosiva, la cual no interfiere en la aplica-
ción de la técnica y evaluación, ya que primero se verificó la -
transferencia de sonido en estas zonas.

Parámetro para la calibración del equipo (USL-38). Verificación del
ángulo real de salida del palpador.

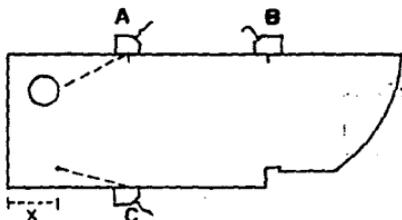
El palpador se colocó sobre el block V-1 en la posición "A" y des-
plazándolo hacia adelante y hacia atrás, hasta obtener el eco de má-
xima altura para poder determinar así el ángulo real de salida del
sonido.

Calibración en Distancia. El palpador se colocó sobre el block de calibración V-1, posición B, y se obtuvieron 2 ecos de fondo en el radio de 4", por lo que el equipo se calibró en 8" de recorrido - real del sonido.

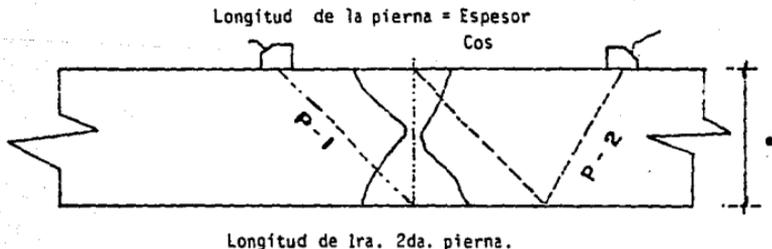
Calibración en Sensibilidad. Para la calibración del equipo en sensibilidad se utilizó el barreno 0.060" ϕ del block de calibración V-1, el palpador se colocó sobre el block V-1 en la posición "C", - desplazando el palpador hacia atrás y adelante hasta obtener la máxima altura Eco.

Este Eco se llevó al 75% de la pantalla.

A este No. de decibeles necesario para llevar el Eco al 75% de altura se le conoce como nivel de referencia (b)=82 dbs.

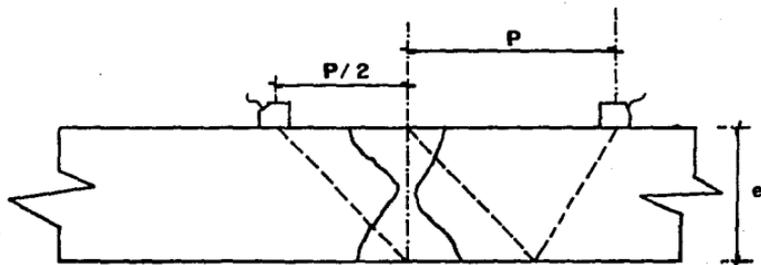


CÁLCULO DEL RECORRIDO REAL DEL SONIDO EN EL MATERIAL A INSPECCIONAR.



A = e = 12 mm	=	35.0 mm	70 mm
B = e = 13 mm		37.2 mm	74.4 mm
C = e = 26 mm		76.0 mm	152 mm

Cálculo en Distancias Projectadas



$P = 2e \times \text{Tg}$		P	P/2
e = 12 mm		65.2 mm	36.6 mm
e = 13 mm		71.4 mm	35.7 mm
e = 26 mm		142.8 mm	71.4 mm

CALIBRACIÓN DEL EQUIPO ULTRASÓNICO DM-2

Este equipo tiene integrado un block de calibración de acero inoxidable con un espesor de 0.250", en el cual se posiciona el palpador bi cristal y el espesor aparece en el display del equipo, este tiene -- que ajustarse al tipo de material en función de la velocidad de -- transmisión del sonido.

Para el acero al carbón 232 de ajuste lectura del display 0.250".

RESULTADOS OBTENIDOS

ZONAS INSPECCIONADAS POR ULTRASONIDOS (HAZ ANGULAR)

En las 41 zonas inspeccionadas 7 se rechazaron de acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo de la Norma AWS D1.1. Edición 1984.

Las 7 zonas rechazadas corresponden a Uniones de Armaduras Principales, ver Anexo I, para su localización.

MEDICIÓN DE ESPESORES

Los espesores máximos y mínimos encontrados en las columnas y travesaerías son los siguientes: (Ver anexo II Distribución y Localización de puntos inspeccionados)

COLUMNAS INSPECCIONADAS LADO NORTE

	<u>ESPESOR MAXIMO</u>	<u>ESPESOR MINIMO</u>
No. 4 ALMA NORTE	0.392"	0.388"
No. 5 ALMA NORTE	0.427"	0.395"
No. 6 ALMA NORTE	0.431"	0.393"
No. 4 PATIN INF. (SUR)	0.746"	0.743"
No. 4 PATIN SUP. (NORTE)	0.743"	0.736"
No. 5 PATIN INF.	0.740"	0.739"
No. 5 PATIN SUP.	0.750"	0.742"
No. 6 PATIN INF.	0.740"	0.738"
No. 6 PATIN SUP.	.760"	0.735"

COLUMNAS INSPECCIONADAS LADO SUR

	<u>ESPESOR MAXIMO</u>	<u>ESPESOR MINIMO</u>
No. 5 ALMA	0.388"	0.382"

No. 6 ALMA	0.403"	0.378"
No. 7 ALMA	0.380"	0.373"
No. 8 ALMA	0.398"	0.384"
No. 5 PATIN INF. (SUR)	0.521"	0.481"
No. 5 PATIN SUP. (NORTE)	0.523"	0.475"
No. 6 PATIN INF.	0.524	0.487"
No. 7 PATIN SUP.	0.522"	0.500"
No. 7 PATIN INF.	0.514"	0.484"
No. 7 PATIN SUP.	0.517"	0.485"
No. 8 PATIN INF.	0.517"	0.486"
No. 8 PATIN SUP.	0.487"	0.486"

TRABE CARRIL "A" LADO SUR

	<u>ESPESOR MAXIMO</u>	<u>ESPESOR MINIMO</u>
ALMA	0.402"	0.369"
PATIN INF.	0.631"	0.523"
PATIN SUP.	0.627"	0.618"

TRABE CARRIL "B" LADO SUR

	<u>ESPESOR MAXIMO</u>	<u>ESPESOR MINIMO</u>
ALMA	0.401"	0.388"
PATIN INF.	0.637"	0.619"
PATIN SUP.	0.626"	0.602"

TRABE CARRIL "C" LADO SUR

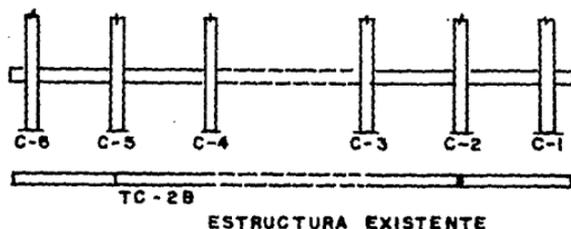
	<u>ESPESOR MAXIMO</u>	<u>ESPESOR MINIMO</u>
ALMA	0.398"	0.384"
PATIN INF.	0.638"	0.617"
PATIN SUP.	0.626"	0.606"

TRABE CARRIL "D" LADO SUR

	<u>ESPESOR MAXIMO</u>	<u>ESPESOR MINIMO</u>
ALMA	0.378"	0.360"
PATIN INF.	0.633"	0.619"
PATIN SUP.	0.637"	0.626"

VISTA LATERAL (NORTE)

102.



ESTRUCTURA EXISTENTE



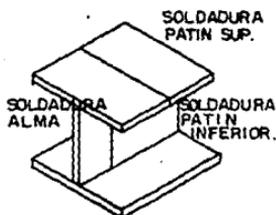
VISTA EN PLANTA



C.- COLUMNA

VISTA LATERAL (SUR)

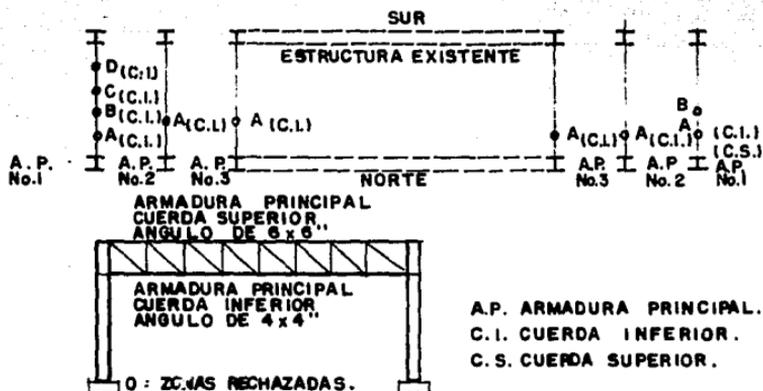
T.C. TRABE CARRIL



COMPONENTE	ZONA INSPECCIONADA			UBICACION
	ALMA	P. INF	P.SUP	
COLUMNA No. 1		X	X	NORTE
COLUMNA No. 2	X			NORTE
COLUMNA No. 3	X	X		NORTE
COLUMNA No. 5	X			NORTE
COLUMNA No. 6		X	X	NORTE
TRABE CARRIL 2B		X		NORTE
COLUMNA No. 3	X			SUR
COLUMNA No. 5	X	X	X	SUR
COLUMNA No. 6	X	X	X	SUR
COLUMNA No. 7	X			SUR
COLUMNA No. 8	X		X	SUR
TRABE CARRIL 2D			X	SUR
TRABE CARRIL K	X	X	X	SUR

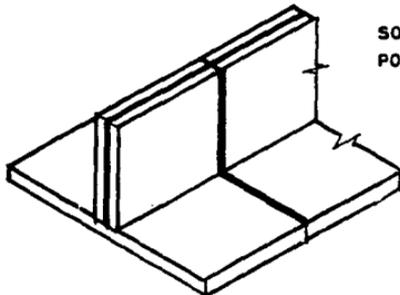
ANEXO I

FIGURA I



NOTA: LAS SOLDADURAS MARCADAS CON ASTERISCO CORRESPONDEN A LAS QUE QUEDARON FINALMENTE RECHAZADAS.

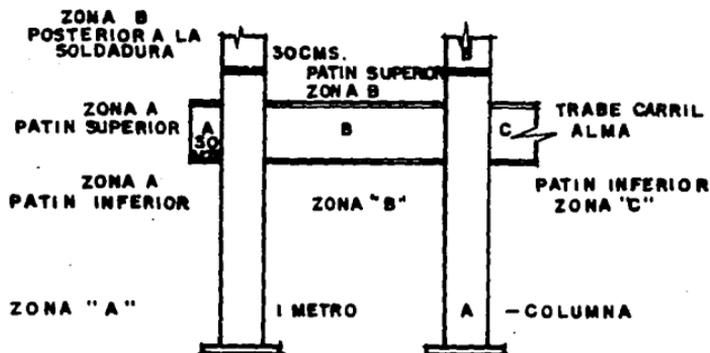
COMPONENTE	ANGULO INSPECCIONADO		UBICACION	
	4 x 4	6 x 6		
A. P. No. 1-A	λ		ESTE	*
A. P. No. 1-B	λ		ESTE	*
A. P. No. 1-C	X		ESTE	*
A. P. No. 1-D	X		ESTE	*
A. P. No. 2-A	X		ESTE	*
A. P. No. 3-A	λ		ESTE	*
A. P. No. 1-A	X	X	DESTE	
A. P. No. 2-A	X		OESTE	*
A. P. No. 3-A	λ		OESTE	



SOLDADURA INSPECCIONADA
POR ULTRASONIDOS.

ANEXO 1

FIGURA 2



COMPONENTE	UBICACION	ALMA ZONA INSPECCIONADA			PATIN INF. ZONA INSPEC.			PATIN SUP. ZONA INSPEC.		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
COLUMNA No. 5	SUR	388	382		475	523		481	521	
COLUMNA No. 6	SUR	378	403		500	522		487	521	
COLUMNA No. 7	SUR	373	380		485	517		484	514	
COLUMNA No. 8	SUR	384	398		486	487		486	517	
COLUMNA No. 4	NORTE	382	388		743	736		746	743	
COLUMNA No. 5	NORTE	427	395		750	742		739	740	
COLUMNA No. 6	NORTE	431	393		735	760		738	740	
TRABE CARRIL A	SUR	369	402	398	623	631	629	618	627	627
TRABE CARRIL B	SUR	398	388	401	619	637	620	602	626	618
TRABE CARRIL C	SUR	398	393	384	617	638	618	618	626	606
TRABE CARRIL D	SUR	360	378	378	619	633	630	626	637	632

NOTA : LOS ESPESORES ESTAN EN MILESIMAS DE PULGADA.

ANEXO II

D) INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA

De todos los métodos de evaluación no destructiva disponibles para el control de calidad de construcciones metálicas, el más utilizado es la Inspección Radiográfica. Una radiografía es la sombra radiográfica impresa en forma permanente en una película sensible a la radiación X o gamma. La formación de la sombra radiográfica es un proceso semejante al de la formación de una sombra a la luz ordinaria y las leyes geométricas que la rigen son las mismas. La sombra ordinaria requiere de un foco de luz, un cuerpo opaco inmerso en el haz luminoso y un plano de proyección de la sombra por él formada; la sombra radiográfica requiere de un foco emisor de radiación penetrante, de un cuerpo con capacidad de atenuación de la radiación en él incidente y de una película sensible, que recibe y registra la sombra proyectada.

Las principales ventajas de la radiografía son: que es un registro visible y permanente del estado interno de la pieza a prueba, que se puede utilizar en una gran variedad de materiales y que de los métodos no destructivos disponibles es el que mejor revela la naturaleza interna de la pieza a prueba.

El proceso radiográfico consta de tres partes: la exposición, el procesamiento y la visión.

EXPOSICIÓN. En esta primera etapa se obtiene una imagen latente al exponer a la radiación X o gamma el objeto a prueba y la película como se muestra en la Fig. IV.2.5, la distribución geométrica de la masa del objeto resultará en diferencias en las intensidades de la radiación que llega a la película en las diferentes áreas. Estas diferencias de cantidades de radiación recibidas causarían diferencias de densidad (grado de ennegrecimiento) en la película ya procesada, quedarán visible la forma del objeto y en su caso la presencia de discontinuidades en su seno, tales como poros, inclusiones, grietas, etc.

Dependiendo del caso específico, se puede utilizar rayos gamma o rayos X, que son esencialmente semejantes, con la única diferencia de la fuente que los produce.

Los rayos gamma son generados por la desintegración espontánea de -- los núcleos de los átomos de los isótopos radiactivos. Los isótopos más comúnmente usados son el Iridio 192 para radiografiar hasta 2" -- de acero y el Cobalto 60 hasta 4" de acero o su equivalente en otros materiales.

Para su manejo el Iridio 192 viene en pequeñas cápsulas del orden de 1/8", dentro de contenedores contruidos a base de uranio agotado, estas cámaras prácticamente impiden la salida de la radiación. Un contenedor para una fuente de Ir 192 pesa aproximadamente 20 Kg. el sistema de control remoto pesa aproximadamente 8 Kg. con lo cual se tiene un equipo de alta portabilidad cuyo tamaño de fuente permite el acceso a partes de las piezas o de las construcciones que serían inaccesibles para una máquina de rayos X.

Al utilizar rayos X, la energía de la radiación está determinada por el kilovoltaje del tubo de rayos X, y la cantidad de radiación por el miliamperaje. Las máquinas de rayos X poseen un control de ajuste de kilovoltaje que nos permite tener un rango de energías de la radiación utilizables para los diferentes espesores de material a radiografiar, hasta un valor máximo determinado básicamente por la capacidad de diseño del equipo. Las máquinas de rayos X portátiles -- son enfriadas por gas y generan energías del orden de 300 kilovolts- y 5 miliamperes y son útiles para radiografiar espesores del orden de 1 1/2" de acero.

La mayor parte de la radiografía industrial es efectuada mediante el uso de rayos gamma, por las características que poseen y que a -- continuación se relacionan:

- a) mayor portabilidad
- b) equipos resistentes al uso rudo y de fácil operación
- c) no requieren una fuente de corriente eléctrica, ni ningún otro tipo de energía externa.
- d) la fuente emite radiación en todas direcciones, lo que permite exposiciones panorámicas.
- e) La radiación gamma proveniente de fuentes de Ir 192 y Co 60 es radiográficamente equivalente a la que se obtiene en máquinas de 460 y 1300 kilovolts respectivamente.

PROCESAMIENTO. La imagen latente obtenida durante la exposición de la película radiográfica, se hace visible mediante el procesamiento químico de la película, que puede ser manual o automático.

La película radiográfica consta básicamente de una base de poliéster de unas cuantas milésimas de pulgadas de espesor cubierta en ambos lados de una emulsión de sales de plata sensibles a la radiación, cuyo tamaño de grano determina las características de rapidez y calidad de imagen de la película.

Existe una gran variedad de marcas y tipos de películas radiográficas en el mercado, lo que permite seleccionar la mejor para cada caso específico. Algunas veces se requiere alta rapidez, en otras ocasiones el tiempo de exposición no es un factor importante y se pueden utilizar películas lentas que proporcionan una alta calidad.

Para el procesamiento manual se utiliza una unidad de tanques, donde se tiene un líquido revelador que cambia las sales de plata expuestas de la película a plata metálica negra, enseguida un enjuague intermedio de agua y baño detenedor elimina los residuos de revelador y después la película es sumergida en un líquido fijador, el fijador elimina las sales de plata no expuestas, endurece la emulsión y hace la imagen permanente. El último paso es un enjuague final con agua -

para eliminar los residuos de fijador.

Todo el procesamiento es efectuado en un cuarto oscuro y bajo luz de seguridad. Una radiografía correctamente procesada debe conservarse legible por un período de al menos cinco años.

VISIÓN. La película ya procesada y seca es vista en un iluminador especial (negatoscopio), para interpretación y evaluación de las indicaciones que en ella aparecen.

La interpretación consiste en determinar el origen de cada una de las indicaciones de la radiografía. El interpretador debe estar completamente familiarizado con los defectos de película y de procesamiento y las imágenes radiográficas a ellos asociadas y conocer cabalmente la pieza a prueba en cuanto a material, geometría, proceso de fabricación, defectos posibles, etc. Al observar una radiografía en las condiciones adecuadas un buen interpretador tiene una visión del interior de la pieza sujeta a prueba.

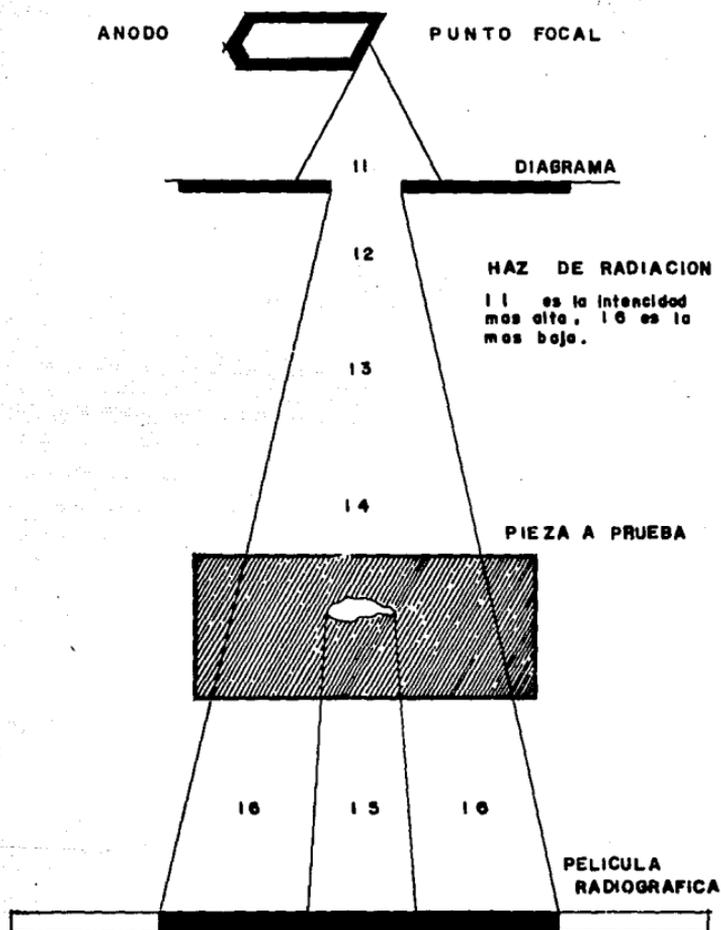
La evaluación de defectos en la pieza a prueba es realizada con referencia a especificaciones o códigos establecidos y que el propietario de la pieza elige. Algunas de las especificaciones internacionales que más se utilizan en nuestro país son:

- . AWS D1.1.- Código de Soldadura Estructural, de la American Welding Society.
- . ASME SECC. VIII.- Código para Recipientes a Presión, de la American Society of Mechanical Engineers.
- . ASME B31.3.- Líneas de Tubería en Refinerías y Plantas Petroquímicas, de la American Society of Mechanical Engineers.
- . API 650.- Tanques para Almacenamiento de Aceite, del American Petroleum Institute.
- . API 1104.- Líneas de Conducción de Petróleo e Instalaciones relacionadas, del American Petroleum Institute.

Esta evaluación se realiza comparando los tipos y tamaños de defectos contenidos en la pieza a prueba, con aquellos permitidos por los estándares para una evaluación en términos de aceptación o rechazo de la pieza.

La visión de la radiografía es efectuada en un cuarto oscuro donde la única luz que percibe la persona es la que procede del negatoscopio después de atravesar la radiografía, además, la persona tiene -- que permanecer a oscuras un tiempo razonable antes de empezar a calificar, esto con el fin de que los ojos se adapten a las condiciones de observación y pueda distinguir todas las indicaciones presentes en la radiografía.

Fig. IV. 2. 5.



Este diagrama muestra el principio de la exposicion radiográfica la parte mas oscura de la pellicula es la seccion de la pieza a prueba donde hay mayor penetración la parte mas clara corresponde a la region mas opaca.

EXPOSICION RADIOGRAFICA

IV.3) NORMAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD

I. GENERALIDADES

El fabricante y el montador mantendrán vigentes los programas de control que consideren necesarios para asegurar que la calidad de sus trabajos cumpla con los requisitos del Código de Prácticas Generales del IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero).

Si el propietario demandase un programa de aseguramiento de calidad más completo o si requiriera de inspección externa, lo estipulará -- claramente en los documentos contractuales indicando los alcances de la inspección.

El fabricante proporcionará procedimientos de control de calidad con el alcance que estime necesario para asegurar que todo el trabajo -- sea ejecutado de acuerdo con estas especificaciones. Adicionalmente a los procedimientos de control del fabricante, el material y la mano de obra podrán ser sometidos en cualquier momento a supervisión -- por inspectores calificados que representen al comprador. Cuando se vaya a requerir la inspección por representantes del comprador, este requerimiento se indicará en la información proporcionada a los concursantes.

II. INSPECCIÓN DE MATERIALES LAMINADOS

Generalmente la inspección de los materiales laminados efectuada por el fabricante, es solamente visual, sin realizar ningún ensayo de materiales, y se depende de la información suministrada por la laminadora o sus distribuidores de que el material satisface los requisitos del pedido. En caso de que los documentos contractuales estipulen certificación de materiales, serán informes fehacientes los de la laminadora o los resultados de los ensayos adicionales que el propietario haya ordenado al fabricante efectuar por cuenta del pro-

tarío.

Si el propietario desea verificar los ensayos efectuados por la laminadora, o si requiere ensayos adicionales a éstos, lo deberá estipular en los documentos contractuales y ordenarlos a través del fabricante.

III. RECHAZOS

El material o la mano de obra que no esté razonablemente de acuerdo con las disposiciones de estas especificaciones, podrá ser rechazado en cualquier momento durante el avance del trabajo. El fabricante recibirá copias de todos los informes proporcionados al comprador por los inspectores.

IV. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Cuando se requieran ensayos no destructivos, los documentos contractuales deberán establecer claramente los procesos, alcances, técnica y normas de aceptación.

V. INSPECCIÓN DE LA PREPARACIÓN DE SUPERFICIE Y DE LA PINTURA DE TALLER

Deberá programarse la inspección de la superficie y de la pintura de taller para la aceptación de cada etapa al ser terminada por el fabricante. La inspección del sistema de pintura, incluyendo sus materiales y espesores, deberá hacerse al terminar la aplicación de pinturas. La inspección de espesores de película húmeda se hará durante la aplicación de la pintura.

VI. INSPECCIÓN EXTERNA

Cuando los documentos contractuales establecen que la inspección será

efectuado por personal no perteneciente al fabricante o al montador, las partes contratantes adquieren las siguientes obligaciones:

VI.1. El fabricante y el montador deberán permitir el acceso al inspector a todos los lugares en que se esté efectuando el trabajo. El fabricante y el montador deberán notificar con un mínimo de 24 hrs. de anticipación el inicio de sus trabajos, a no ser que se convenga otra cosa.

VI.2. La inspección por el propietario o su representante se llevará a cabo en el taller del fabricante hasta donde sea posible. Las inspecciones deberán hacerse en la secuencia necesaria, oportuna y en forma tal de causar el menor trastorno a las operaciones de producción, permitiendo la reparación del material que no cumpla con los requisitos, mientras se encuentra en proceso de fabricación en el taller.

VI.3. La inspección de los trabajos de campo se hará oportunamente para que las correcciones puedan realizarse sin demorar el avance del trabajo.

VI.4. Los materiales y la mano de obra que no cumplan con las estipulaciones de los documentos contractuales podrán ser rechazados -- por el propietario en cualquier momento durante el desarrollo del trabajo. Sin embargo, este derecho del propietario no lo exime de la obligación de efectuar la inspección en forma oportuna y en la secuencia necesaria.

VI.5. El fabricante y el montador deberán recibir copias de los informes presentados por el inspector representante del propietario.

C A P I T U L O V

ADMINISTRACION DE LA OBRA

V) ADMINISTRACION DE LA OBRA

En esencia, la construcción es una combinación de organizaciones, ciencia de la ingeniería, conjeturas estudiadas y riesgos - cálculados.

Existen dos factores básicos que contribuyen a estabilizar la construcción. En los tiempos de prósperidad hay una demanda inmediata y amplia de los servicios de los contratistas tanto por parte del gobierno como por la iniciativa privada; durante los periodos de recesión, el gobierno federal y los de los estados tienden a acelerar los programas de obras públicas con el fin de compensar la caída de las actividades económicas. Otro elemento es la actividad de la industria, debido a la cual está menos sujeta a las bajas económicas repentinas.

La construcción de un proyecto lleva consigo miles de detalles y de interrelaciones complejas entre los propietarios, arquitectos, ingenieros contratistas, fabricantes, comerciantes del material, distribuidores del equipo, dependencias gubernamentales, la mano de obra y otros.

ORGANIZACION DE LA OBRA.

Más que en cualquier otro campo, en la construcción el éxito o el fracaso está determinado por la calidad de la dirección.

La administración de las obras es fundamentalmente la dirección de las personas, la capacidad para conservar a la gente unida. Para lograr el respeto y la lealtad de las personas, es necesario que el administrador sea eminentemente equitativo en sus negociaciones y en sus relaciones con sus empleados, debe darles el crédito total por el buen desempeño de sus funciones; también, se les debe proporcionar la ayuda necesaria.

Aunque se encuentran en el último nivel del organigrama, son los que en realidad hacen el trabajo con sus propias manos, o sea, los que em-

plean las herramientas y operan las máquinas. Normalmente estas fuerzas están organizadas por oficios o por clasificaciones de trabajo especializado. Un capataz o sobrestante dirige cada unidad e informa a un superintendente general de construcción.

El superintendente de construcción se engarga de toda la construcción, incluso dirige las fuerzas productivas, recomienda los métodos de construcción, y selecciona el personal, equipo y materiales necesarios para realizar el trabajo.

Además de los trabajadores que ejecutan la obra, se requiere personal de apoyo especializado, que tiene que realizar servicios como:

- a) Compra, recepción y almacenamiento de materiales.
- b) Control de las asistencias, puntualidad y nómina, con todas las ramificaciones que resultan de la legislación federal del impuesto sobre la renta y del seguro social.
- c) Contabilidad y auditoría, finanzas e impuestos.
- d) Estimaciones, control de costos, distribución en planta.
- e) Prevención de accidentes, relaciones laborales, etc.

DIFERENTES FORMAS DE LLEVAR A CABO UNA OBRA

Las obras pueden ejecutarse, principalmente, por administración, o por contrato.

OBRAS POR ADMINISTRACION. - En este tipo de obras pueden presentarse dos casos:

- a) Cuando el profesional está a sueldo fijo. Hay el inconveniente, para el cliente, de que en estas circunstancias el encargado no tiene interés en que se termine pronto la obra.
- b) Cuando el profesional administra el capital del propietario, cobrando un porcentaje del importe de la obra; prefiriéndose este tipo de administración al anterior.

OBRAS POR CONTRATO. Las obras que se llevan a cabo por contrato son, en general, las que más convienen, siendo el último tipo de los consignados a continuación, el que más llena las condiciones ideales de reciprocidad para ambas partes.

- a) Contrato a precio alzado. Es aquel en el cual el encargado de la obra hace un análisis, más o menos exacto, del importe de la misma y recibe un porcentaje de ese importe.
- b) Contrato por precios unitarios. Este tipo de contrato consiste en fijar únicamente los precios unitarios de cada una de las partidas que intervienen en la obra, sin hacer caso de las cantidades de obras por ejecutar.
- c) Contrato por precios unitarios y cantidades de obra. Es aquel en el cual el encargado de la obra hace un estudio detallado, tanto de precios unitarios como de cantidades de obra, enlistando estas últimas en forma ordenada, describiendo clase de materiales y presentando el importe detallado de la obra por construir. En este tipo de contrato sabe de antemano el costo total de su obra.

PAPEL DE LOS CONTRATISTAS.

Un contratista tiene dos objetivos principales: primero, debe proporcionar al propietario un servicio satisfactorio y a tiempo; segundo, el contratista debe tener una utilidad por el servicio que presta. El contratista acepta la responsabilidad de proporcionar un servicio completo y adecuado en un tiempo específico y a un costo dado, y por tal razón, acepta obligaciones legales, financieras y administrativas.

Los adelantos tecnológicos dan lugar a servicios más completos. Por tanto, ha aumentado la necesidad de una coordinación habil de todas las operaciones de la construcción con el fin de lograr el máximo de eficiencia, rapidez y economía. De esta manera, la función profesional de administrar y coordinar las operaciones de la construcción y de realizar el trabajo empleando la experiencia de su propia organización hace del contratista una figura clave en la economía.

Para la ejecución de una obra es indispensable saber que existen dos puntos sumamente importantes, los cuales nos darán prácticamente la -

clave para la realización de la misma. El primero es el monto o importe de la construcción, y el segundo el tiempo de realización, o tiempo de inversión. Del acierto para resolver estos dos factores - dependerá el éxito de toda obra. El monto o importe es de vital importancia conocerlo de antemano, así se podrán consultar las posibilidades económicas para llevar a feliz término la realización de la misma. El tiempo de terminación de una construcción dará una idea - de la conveniencia de tener un capital invertido, inactivo por un -- tiempo, sin que se amortice.

Para resolver estos dos puntos se tiene que elaborar: un presupuesto de costo y un presupuesto de tiempo.

El propietario es la persona que concibe la obra, siendo el punto de partido para la proposición e iniciación de un proyecto y fija las - bases para la elaboración del mismo, formulando conjuntamente con el profesional que se va a encargar del proyecto, un programa de necesidades y tomando en cuenta lo siguiente:

- a) Disponibilidad o área aprovechable. El propietario debe proporcionar al profesional -copias- de las escrituras de la propiedad, así como boletas de contribuciones para obtener todos los datos - necesarios para que, una vez desarrollados los proyectos poder -- tramitar las licencias que se requieren para la iniciación de la obra. Los principales datos son: superficie del terreno, configuración del mismo alineamiento y linderos, número oficial, situación de líneas de agua, drenaje y electricidad.
- b) Monto de la obra. De la cantidad que el propietario disponga para la obra, dependerá el volumen y la calidad de la misma. El monto total de la obra se obtendrá considerando los siguientes valores:
 - 1) Asesorías técnicas (costo de proyecto)
 - 2) Contrato general de construcción
 - 3) Licencias de construcción
 - 4) Seguros durante la construcción
 - 5) Salarios del personal administrativo

- 6) Varios: impuestos, reparaciones, mantenimiento e indemnizaciones
- c) Financiamiento de la obra. Este punto puede considerarse como con clución del anterior, siendo de vital importancia en el renglon - económico conocer si el financiamiento va a ser progresivo, anti c ido, revolvente, etc.
- d) Condiciones de ejecución. Las fija el propietario para determinar la intervención y responsabilidad del ingeniero y de él mismo, en proyecto, dirección y autoridad durante el desarrollo de la obra.
- e) Medios de ataque o elaboración. Mediante un plan preconcebido en tre el propietario y el profesional y que deberá estar asentado - en los planos de ejecución del proyecto, en los de iniciación de la obra y en el final de entrega de obra terminada, se llevara a cabo la construcción considerando: alquiler de maquinaria, desta ji stas con equipo propio, control de subcontratistas, precios unitarios, intervención del propietario, etc.

PROGRAMA DE AVANCE DE OBRA

El programa de avance muestra todas las partidas que afectan el progreso del trabajo y considera la duración de la construcción.

Las posibles fechas de entrega de los materiales proporcionados por - el contratista, las fechas de recepción de las partidas de equipo - principales que son proporcionadas por el propietario, y otros factores de control determinan las tasas de producción para las diferentes etapas de la construcción.

Basándose en el programa de avance, se describe en forma breve el tra bajo haciendo hincapié en las características indefinidas, peligrosas e inciertas, así como en las partidas que es posible que aumenten o disminuyan, así mismo, se debe incluir el total de horas-hombre de - trabajo y el total de horas máquina del equipo importante que se esti ma que se requerirán para el trabajo.

El programa de construcción consiste en ordenar las diversas operacio

nes comprendidas en la construcción de un proyecto en la secuencia requerida para lograr su terminación en el mínimo periodo que sea compatible con la economía. Para asegurar la terminación del trabajo dentro del tiempo límite estipulado por el contrato y para reducir el tiempo requerido para realizarlo, es necesario programar cada unidad del proyecto y relacionarla con todas las otras.

Los principales métodos que se aplican en la programación de las diferentes operaciones de la construcción son:

- Programación mediante un diagrama de barras rectangulares.
- Programación de la ruta crítica.

La representación gráfica más utilizada es la diagrama de barras rectangulares o diagrama de Gantt. Esta gráfica muestra las fechas del comienzo y la terminación de cada partida del trabajo. Indica las partidas en las cuales se empalma el trabajo, las partidas que trasladan a otras y por qué cantidad, y las partidas que deben quedar terminadas antes de que se comiencen otras. Fig.V.1.

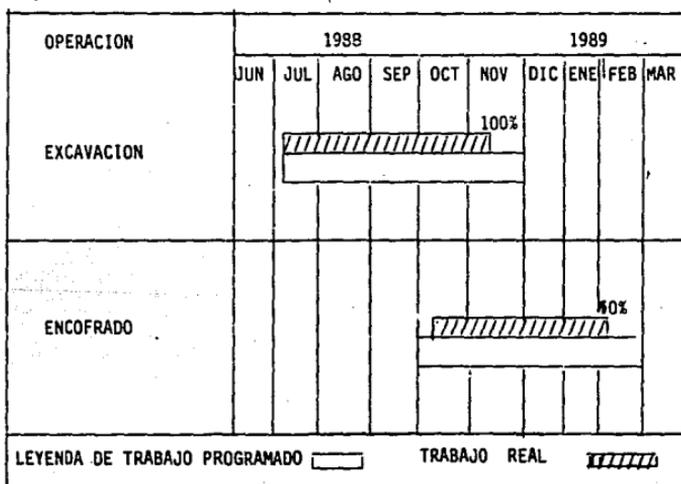


Fig.V.1

El método de programación de la ruta crítica (CPM) se desarrolló como una herramienta para administrar situaciones especiales, se basa en la planeación y en un análisis del trabajo que va más allá de lo que es necesario para hacer una propuesta. Además de la división paso por paso del trabajo en sus operaciones componentes y de la graficación de sus relaciones secuenciales, los planificadores deben saber cuánto tiempo llevará cada operación, el tiempo de espera requerido en la obtención de los materiales y el equipo, que tanto llevará el preparar los planos de taller y obtener su aprobación, y cuánto tiempo tomará la fabricación y entrega después de aprobados dichos planos. Los planificadores conocen las pruebas especiales requeridas y el tiempo necesario para hacerlas.

Después de dividir el proyecto en sus actividades, se listan o grafican estas, de manera que se muestren todas las relaciones secuenciales. Las actividades se representan por flechas. Fig. V.2

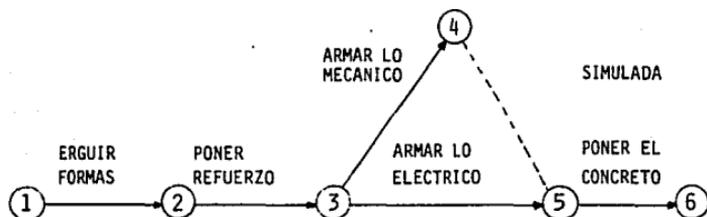


Fig. V.2

Se dibuja un diagrama de flechas de tal manera que el extremo inferior de una flecha represente una actividad, como la colocación del concreto, y la punta de la flecha represente la actividad inmediatamente precedente, como la colocación de las tuberías que contendrán los alambres de la electricidad. Se asigna a los nodos (extremos superiores de la flecha y extremos inferiores) números que identifiquen las actividades (1-2, 2-3, etc.). Cada nodo representa la terminación de las actividades precedentes y el comienzo de las actividades siguientes.

tes. Algunas veces se necesita incluir una flecha simulada para completar el circuito.

La ruta crítica determina la duración del proyecto. Para acortar la duración del proyecto, es necesario disminuir el tiempo que se requiere en una o más actividades que se encuentran en la ruta crítica.

C A P I T U L O VI

C O N C L U S I O N E S

VI) CONCLUSIONES

El empleo de las estructuras metálicas ha experimentado un desarrollo extraordinario en estos últimos años, debido tanto a los grandes avances tecnológicos, como a su amplio campo de aplicación, - tanto en la edificación industrial como en edificios de carácter urbano.

El acero como elemento constructivo permite el máximo aprovechamiento del área de la planta, la columna cuando es imprescindible dentro de ella resulta de dimensiones mínimas.

Los materiales de acero laminados inician la etapa de una arquitectura industrializada, porque responden a una etapa evolucionada de la técnica propia de esta época, que desplazando al artesano por el obrero calificado, establece normas de vida más humanas para sus realizadores. Ya no se cargan los botes de mezcla y los ladrillos, el albañil de la construcción es substituido por el obrero que maneja sus auxiliares mecánicos: grúas, malacates, plumas: en lugar de la cuchara del albañil, hay un tornillo y una llave de tuerca, electrodos y maquinas soldadoras o remaches y compresoras de aire.

La introducción del automatismo en los talleres (trazado optico, corte automatico, producción en serie, operadoras programadas, etc.). La prefabricación de elementos. La intercambiabilidad de las piezas del montaje, la previsión de la corrosión. Todos estos adelantos han contribuido para considerar que el acero es el material estructural perfecto.

La hipótesis acerca de la perfección de este material, posiblemente el más versátil de los materiales estructurales, parece más razonable al considerar su gran resistencia, seguridad, fabricación sencilla, y muchas otras propiedades deseables.

Es necesario que el diseñador de estructuras de acero conozca métodos de fabricación y montaje, y trate de adaptar su trabajo a las facilida

des disponibles. Debe diseñar estructuras que puedan fabricarse y montarse sin que se presenten grandes problemas.

El diseñador deberá tener los más amplios conocimientos posibles acerca de dibujo de detalle, de la fabricación y del montaje en el campo de acero. Mientras mayores sean sus conocimientos acerca de los problemas y tolerancias en el taller y en el campo, mayores probabilidades existen de que sus diseños sean razonables, prácticos y económicos. Dicho conocimiento debe incluir la información correspondiente al transporte de materiales a los sitios de la obra (tales como las dimensiones máximas de estructuras o elementos que puedan transportarse por ferrocarril o carretera), a las condiciones de trabajo y al equipo disponible para el montaje.

El mejor control de calidad de las estructuras, cuando se están ejecutando, consiste, a mi juicio, en realizar una correcta selección del material de base, exigiendo certificados de calidad del mismo a emitir - por la factoria siderúrgica que lo haya fabricado; en todo caso podrían utilizarse algunos ensayos para tratar de determinar si existen segreciones de azufre o fósforo.

En cuanto a la comprobación de materiales, lo que si es conveniente es determinar la calidad de los electrodos. En este sentido, es importante hacer notar que además de que se efectúen ensayos para determinar las características mecánicas del metal depositado tiene a mi juicio una importancia, incluso mayor, el que se controlen las condiciones en que se almacenan estos electrodos; esto es particularmente importante en obra pero también en taller.

Una comprobación, que es de vital importancia, es la de girar una visita de inspección al taller donde haya de construirse la estructura; - por otra parte, también es muy importante el que se tenga la seguridad de que todos los operarios que hayan de trabajar tengan las homologaciones correspondientes y que sobre todo cuando se trata de construcción soldada no se permita realizar soldaduras de responsabilidad a

soldadores que no tengan la homologación adecuada al trabajo que deben realizar.

El control de calidad de la ejecución de estructuras metálicas reside más en la elección adecuada del constructor, en la supervisión y control de sus medios de trabajo (medios materiales y medios humanos) y - llevar después esta inspección al montaje. En el periodo de montaje la mejor inspección y el mejor control que se puede ejercer para una es estructura metálica es el de tener, permanentemente en obra, un técnico - calificado que de manera permanente vigile la labor de los montadores y de los soldadores.

Las ventajas de la solución metálica, sobre todo en edificios extensos - con pocas plantas y en edificios muy altos, son lo que determina su empleo a pesar de los inconvenientes que puede presentar. El alto costo de la estructura metálica - comparado con el de otras soluciones estructurales, constituye el inconveniente más generalmente aceptado para es te tipo de estructuras.

En relación con el ejemplo de aplicación de la prueba de Inspección - Ultrasónica, es oportuno indicar que las indicaciones rechazadas no - son del tipo faltas de fusión, faltas de penetración o fisuras, sino que son del tipo poros y escorias con lo que se considera que en el caso de que estas 7 uniones no puedan ser reparadas (por falta de - acceso), no representan zonas de faltas inminentes, por lo que se sugiere que si no es posible su reparación se reinspeccionen cada 5 años - cuando menos, para verificar que a partir de los defectos existentes no se generen fisuras.

B I B L I O G R A F I A

- **CONSTRUCCIONES METALICAS**
Vittorio Zignoli
Editorial Dossat, S.A. Edición 1969
- **MANUAL DE CONSTRUCCIONES EN ACERO**
IMCA (Instituto Mexicano de la Construcción en Acero)
1a. Edición 1987
- **ESTRUCTURAS METALICAS**
Ernest Gustin
Editores Técnicos Asociados, S.A. Edición 1980
- **CURSO DE CONTROL DE CALIDAD EN LAS ESTRUCTURAS METALICAS**
Rafael de Heredia Scasso
Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de
Arquitectos de México
- **EL ATLAS DE LA CONSTRUCCION METALICA**
F. Hart - X. Henn - H. Sontag
Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1976
- **NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION
DE ESTRUCTURAS METALICAS**
Instituto de Ingeniería U.N.A.M.
Segunda Edición
- **PRIMER SIMPOSIO NACIONAL SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCION**
Facultad de Ingeniería (Universidad Autónoma de Yucatán)
29,30,31 de octubre de 1987.
- **PRINCIPALES MATERIALES FABRICADOS Y SU EMPLEO EN LA
CONSTRUCCION**
Facultad de Ingeniería U.N.A.M. Segunda Edición
- **MANUAL DEL INGENIERO CIVIL**
Frederick S. Merritt
Mc. Graw - Hill de México Edición 1984.