

71  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“MONTAJE Y ESTRUCTURAS  
DE ACERO”  
TOMO I**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A N :  
**FERNANDO GUTIERREZ ZUÑIGA**  
**RUBEN GARZA CABELLO**

México, D. F.

1988



## **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.

## INDICE GENERAL

### CAPITULO I

#### INTRODUCCION METALURGICA

	Págs.
1.1 Los Metales y sus Características. . . . .	1
1.1.1 Aleaciones	
1.1.2 Propiedades Estructurales de los Metales.	
1.2 Obtención del Hierro y Acero. . . . .	7
1.3 Propiedades del Acero. . . . .	11
1.4 Piezas de Acero Estructural que Existen en México. . . . .	17
1.4.1 Lista General de Productos Laminados. (Dimensiones y Pesos)	
1.5 Costos del Acero. . . . .	29
1.6 Usos del Acero. . . . .	31

### CAPITULO II

#### FABRICACION DE ARMAZONES METALICOS

2.1 Introducción. . . . .	35
---------------------------	----

	Págs.
2.2 Planos de Taller. . . . .	40
2.3 Fabricación en el Taller. . . . .	41
2.3.1 Función, Principios y Utilidades del Trazador .	
2.3.2 Realización del Trazado.	
2.3.3 Reproducción (Fabricación en Serie).	
2.3.4 Cizallamiento, Corte y Taladrado.	
2.3.5 Ensamblado o Armado.	
2.3.6 Montaje Provisional.	
2.3.7 Pintura y Traslado al Lugar de la --- Obra.	
2.4 Disposición Esquemática de un Taller de Construcciones Metálicas. . . . .	59
2.5 Ejemplo de Fabricación de una Armadura. . . . .	62
2.6 Protección contra el Fuego. . . . .	71
2.6.1 Vías de Evacuación.	
2.6.2 Compartimentación.	
2.6.3 Instalaciones de Extinción.	
2.6.4 Protección Contra el Fuego de los --- Elementos de Acero.	
2.7 Protección Contra la Corrosión. . . . .	85
2.7.1 Preparación de las Superficies a Pro-	

teger.

2.7.2 Pinturas de Fondo y Recubrimientos :  
Metálicos.

2.7.3 Pinturas de Cubrición.

2.7.4 Conservación y Costo.

### CAPITULO III

#### REMACHES, TORNILLOS Y PERNOS.

3.1	Introducción. . . . .	94
3.2	Remaches. . . . .	94
3.2.1	Tipos de Remaches.	
3.2.2	Principio de la Junta.	
3.2.3	Funcionamiento de los Remaches.	
3.2.4	Diámetros de los Remaches Utiliza-- dos para Construcciones Metálicas.	
3.2.5	Determinación de la longitud del Vá-- tago del Remache.	
3.2.6	Ejecución del Remachado.	
3.2.7	Inspección del Remachado.	
3.2.8	Calentamiento de los Remaches.	
3.2.9	Determinación del Diámetro de los --	

	Págs.
Remaches.	
3.2.10 Disposición de los Remaches.	
3.3 Tornillos. . . . .	112
3.3.1 Utilización de Tornillos Como Medio de Unión.	
3.3.2 Colocación y Función de los Tornillos.	
3.3.3 Procedimientos Para Impedir que se Aflojen las Tuercas.	
3.3.4 Tornillos de Alta Resistencia.	
3.3.5 Símbolos Convencionales de Remaches y Tornillos.	
3.3.6 Preparación de Agujeros para Remaches y Tornillos.	
3.3.7 Determinación del Diámetro de los Tornillos y de la Longitud del Vástago.	
3.3.8 Disposición de los Tornillos.	
3.3.9 Usos de Remaches y Tornillos.	
3.4 Pernos. . . . .	137
3.4.1 Generalidades.	
3.4.2 Clasificación de usos de los Pernos.	
3.4.3 Material Utilizado Para la Fabricación.	

ción de Pernos.

Págs.

3.4.4 Tipos de Pernos.

3.4.5 Diámetros de los Pernos Empleados -  
en las Construcciones Metálicas.

## CAPITULO IV

### S O L D A D U R A .

4.1	Introducción y Antecedente Histórico. . . . .	142
4.2	Procesos de Soldadura. . . . .	145
4.2.1	Soldadura de Arco Metálico Protegido	
4.2.2	Soldadura de Arco Sumergido.	
4.2.3	Soldadura de Arco de Metal y Gas - - Inerte (M.I.G.).	
4.2.4	Soldadura de Arco con Fundente en el Nucleo del Electrodo. (Flux-Cored Arc ----- Welding).	
4.2.5,	Soldadura Oxiacetilénica (Autógena).	
4.3	Tipos de Juntas y Soldaduras. . . . .	161
4.4	Nomenclatura. . . . .	164
4.5	Defectos de las Soldaduras. . . . .	166
4.6	Metodos de Inspección . . . . .	170

	Págs.
4.7 Esfuerzos Residuales y Deformaciones. . . .	173
4.8 Corte por Soplete. . . . .	176

## CAPITULO V

### COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

### BIBLIOGRAFIA



## CAPITULO I

### INTRODUCCION METALURGICA

#### 1.1 LOS METALES Y SUS CARACTERISTICAS.

Son elementos cuyos óxidos dan soluciones alcalinas, conductores del calor y de la electricidad, que se distinguen por su brillo especial, cristalización, ductibilidad y maleabilidad. A la temperatura ordinaria, todos son sólidos, con excepción del mercurio que es líquido. En la órbita exterior del átomo los metales tienen uno, dos o tres electrones, que tienden a perder o compartir, lo cual explica su actividad química. Cuando las sales inorgánicas metálicas se disuelven, la parte metálica se ioniza siempre con una carga eléctrica positiva.

El cromo es el más duro de los metales, y el cesio es el más blando; el mejor conductor de la electricidad es la plata; le siguen el cobre, el oro y el aluminio; unas dos terceras partes de los elementos son metales; los siete más abundantes son, en su orden: aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio, magnesio y titanio.

De los comunes los más útiles son hierro, aluminio, cobre, estaño y plomo; y de los escasos, oro, plata, mercurio, níquel, tungsteno, cromo, magnesio, cobalto y vanadio.

La oxidación en los metales conocida como corrosión en que intervienen el agua atmosférica, el oxígeno y el dióxido de carbono, no se ha podido explicar satisfactoriamente aunque se sabe que es un proceso electroquímico.

Algunos metales como el aluminio forman naturalmente una película de óxido muy delgada e impermeable que protege contra la acción de la atmósfera. Industrialmente se conoce como aluminio anodizado. Otro procedimiento anticorrosivo es cambiar propiedades electroquímicas. Si un metal más activo está en contacto con un metal menos activo, la corrosión, el más activo se corroe. Esto se llama protección catódica. El material protegido (catódico) y el metal más fácilmente oxidable (anódico). Para realizar protección catódica de tuberías de acero se utiliza el magnesio.

### 1.1.1 ALEACIONES

Se conoce con el nombre de aleación al agregado formado por va---

rios elementos químicos, en los cuales uno, por lo menos, es metal. Con esta definición, todos los metales comerciales entran dentro del concepto aleación. Al elemento químico que predomina se le denomina solvente, y a los otros elementos, solutos. Si el solvente es un metal y su predominio es grande (como ocurre en los metales comerciales) frente a los solutos a éstos se les conoce con el nombre de impurezas.

Por medio de la aleación se dan a los metales características (por ejemplo dureza) que no poseen por sí mismos; actualmente casi ningún metal se usa puro. Hay millares de aleaciones industriales, la más importante de las cuales es el acero (hierro, carbono y otros elementos); el bronce (cobre y estaño) es la más antigua; otras muy importantes son el latón (cobre y zinc), los cuproníqueles, las mezclas de plomo y antimonio (soldadura, tipos de imprenta, etc.), y las de aluminio con magnesio, manganeso, etc., que tienen muchas aplicaciones en aviación y astronáutica. Las aleaciones a base de mercurio se llaman amalgamas.

### 1.1.2 PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE LOS METALES

Dureza,

**Resistencia de los metales a la deformación.** Se mide por la fuerza que se requiere para hacer penetrar a determinada distancia en el metal una bola de acero, una punta de diamante, etc., bajo cierta presión. El "escleroscopio" de Shore y la máquina de penetración de Rockwell son instrumentos de alta precisión para medir la dureza.

#### Elasticidad.

Cuando un metal soporta una carga experimenta un cambio de forma. Elasticidad es la propiedad de recuperar la forma primitiva al retirar la carga, y el límite hasta el cual se presenta se llama límite elástico. El cambio en longitud, volumen o forma, por unidad de longitud, se denomina tensión, y la oposición a la deformación se denomina resistencia. En los cuerpos elásticos la proporción entre la tensión y la resistencia es un factor constante hasta que la elasticidad llega a su límite, y falla. En la realidad los metales no son enteramente elásticos. La elasticidad es importante en el diseño estructural de materiales, y también entra en los cálculos de la física teórica.

#### Plasticidad.

Es la habilidad para poder deformarse sin romperse. Esta cualidad

permite en una estructura deformaciones que ayudan a redistribuir las cargas entre otros elementos.

#### Ductilidad.

Propiedad que en mayor o menor grado tienen ciertos cuerpos, especialmente los metales, para ser laminados, estirados hasta formar alambre o hilo, moldeados y formados; la ductilidad depende de la resistencia del material a la tensión.

#### Maleabilidad.

Propiedad de deformarse permanentemente por compresión sin romperse (permite la forja y el laminado), Aumenta al elevarse la temperatura .

#### Tenacidad.

Resistencia elevada a romperse o deformarse.

#### Fragilidad.

Propiedad opuesta a la plasticidad. Un metal frágil generalmente posee poca resistencia a la tensión, pero se puede utilizar a la compresión.

**Resistencia al choque o al impacto.**

El comportamiento de los metales al impacto puede ser muy diferente que el comportamiento bajo la acción de cargas lentas.

**Fatiga.**

Es la falla por la aplicación y retiro continuo de las cargas.

**Desgarramiento o fluencia lenta.**

Cuando un metal se carga durante periodos largos puede exhibir un alargamiento gradual y fallar a un esfuerzo inferior al límite de su resistencia a la tensión.

## 1.2 OBTENCION DEL HIERRO Y ACERO.

El hierro empleado en construcción no se encuentra en estado puro en la naturaleza, sino bajo la forma de óxidos de distintas clases llamados minerales de hierro; es necesario entonces someter dichos minerales a una serie de procesos para eliminar impurezas y obtener la aleación requerida. El acero por su parte, es el producto de hierro relativamente puro, con el que se ha combinado una proporción de carbono y otros elementos en pequeñas cantidades como magnesio, fósforo, azufre, silicio, etc., para dotarlo de ciertas propiedades como: maleabilidad, dureza, resistencia y otras.

La obtención del hierro y acero empleados en construcción puede resumírse en las siguientes etapas:

Primeramente se extrae el mineral de hierro, mediante los sistemas de explotación a "cielo abierto" y de "tajo abierto". En el primero, se utilizan explosivos y el material es cargado en camiones que -- lo conducen a las trituradoras que lo han de reducir hasta un tamaño -- máximo de 4 cm. En el segundo, se emplean palas mecánicas para -- descapotar mantos o tajos que cubren el mineral, efectuándose des--pués la trituración. Posteriormente se almacenan y mezclan los minera

rales en grandes patios para luego pasar a abastecer los "altos hornos".

El "alto horno" es el lugar en que se inicia el proceso de manufactura del acero, es ahí en donde el mineral de hierro es transformado en arrabio. La carga que es introducida por la parte superior del horno, consiste en capas de coque (carbón metalúrgico de alta resistencia a la compresión) que son conducidas hasta el "alto horno" a través de un ferroproducción, mineral de hierro, piedra caliza y dolomita. El coque se quema en aire caliente, inyectado a través de toberas, produciendo calor y gases que absorben el oxígeno del mineral reduciéndolo a hierro líquido. La caliza y dolomita separan algunas impurezas del arrabio (producto del "alto horno"), formando una escoria que es eliminada, la cual se utiliza en la fabricación de Cemento Portland de escoria de alto horno.

El arrabio o hierro de primera fusión, contiene impurezas como carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, que deben ser parcialmente eliminadas en los procesos de aceración. El hierro líquido es vaciado en ollas-termo y transportado a los hornos de aceración de hogar abierto y hornos al oxígeno.

La carga de los hornos consiste en proporciones variables de chatarra, mineral de hierro, piedra caliza o cal utilizadas como fundente y arrabio líquido procedente del alto horno, empleado en proporción del 75% de la carga total.



Los métodos más comunmente empleados en la aceración son: El Siemens-Martin o de hogar abierto, el convertidor Bessemer y los sistemas a base de hornos eléctricos. Estos métodos consisten fundamentalmente en eliminar las impurezas quemándolas con oxígeno introducido en la masa fundida, obteniendo así hierro casi puro.

Para lograr las características resistentes requeridas se agrega carbono en proporción adecuada y en algunos casos otros elementos. El resultado de este proceso son elementos de acero relativamente grandes llamados lingotes. Para obtener las distintas modalidades del acero utilizado para fines estructurales, los lingotes deben ser sometidos a diferentes tratamientos, principalmente laminación en caliente y tratamientos en frío. En la laminación en caliente se aumenta la temperatura de los lingotes y se introducen éstos en molinos que constan de varios rodillos que producen placas, perfiles estructurales y la gran mayoría de las varillas de refuerzo para concreto. Los tratamientos en frío suelen consistir en procesos de estiramiento o torcido. En esta forma se fabrican las varillas de alta resistencia y el acero para presfuerzo.

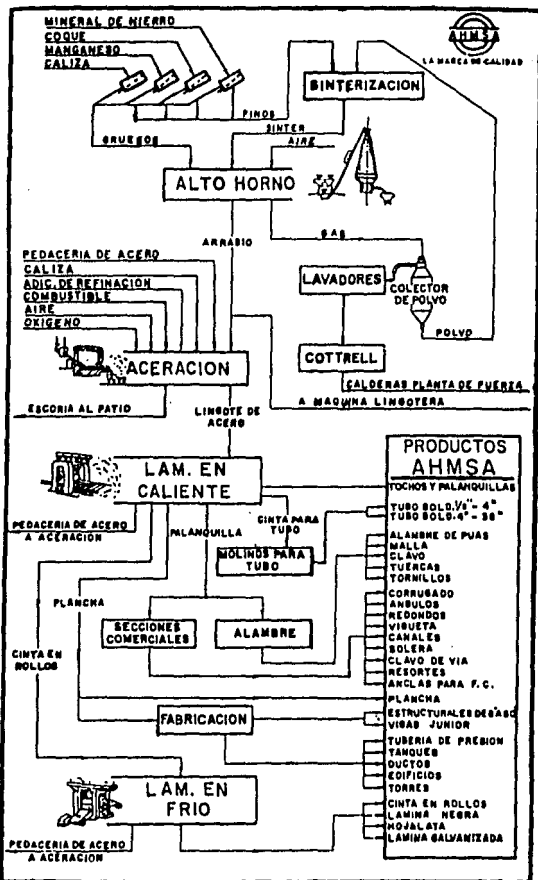
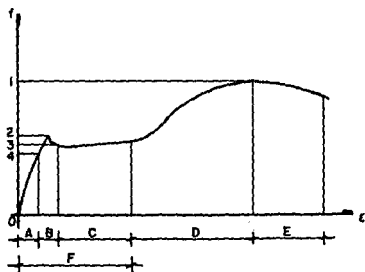


DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACION DEL ACERO

### 1.3 PROPIEDADES DEL ACERO.

Las características más importantes del acero se obtienen a través de las llamadas curvas de esfuerzo-deformación obtenidas mediante ensayos de tensión efectuados sobre probetas estándar. Se considera que dichas curvas en compresión tienen la misma forma que en tensión.

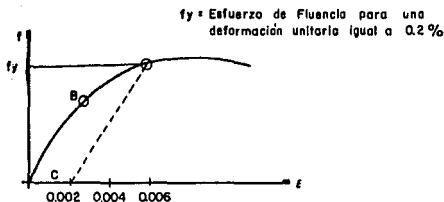
Los aceros usados en la construcción pueden dividirse en dos grupos: Los que tienen un límite de fluencia definido y los que no lo tienen, definiendo al límite de fluencia como el punto donde el acero cambia del estado elástico al estado plástico; es decir, donde empieza a fluir el -- acero. Pertenecen al primer grupo los aceros laminados en caliente y -- al segundo los trabajados en frío.



CURVA ESFUERZO-DEFORMACION DE  
ACERO LAMINADO EN CALIENTE

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.
  - F. - Rango inelástico.

La resistencia al esfuerzo cortante es importante y puede considerarse del orden del 75% de la resistencia a tensión. El módulo de elasticidad correspondiente a las secciones rectas en la zona elástica de la curva esfuerzo-deformación varía poco según el tipo de acero y puede considerarse como  $2 \times 10^6$  Kg/cm<sup>2</sup>. El módulo de Poisson (relación de la deformación transversal entre la deformación longitudinal) varía entre 0.25 y 0.33.



### CURVA ESFUERZO - DEFORMACION PARA UN ACERO TRABAJADO EN FRIO

El acero es uno de los materiales de construcción que posee mayor ductilidad (capacidad de deformación antes de fallar), la cual disminuye al aumentar su resistencia. Esto significa que también su capacidad para absorber energía (tenacidad) es grande, lo cual constituye una de sus principales ventajas.

Existen varios métodos para medir la resistencia del acero. Los más comunes son la prueba Brinell y la prueba Vickers. El procedimiento Brinell consiste en comprimir una bola de acero duro sobre el material en cuestión y medir la impresión que deja sobre dicho material, siendo semejante el proceso Vickers, pero en este caso la impresión se hace por medio de una pirámide cuadrangular invertida. Las -

medidas de dureza sirven no solamente para cuantificar la resistencia a la penetración, sino también para estimar la resistencia a la tensión. - Una propiedad afín a la dureza es la maquinabilidad o facilidad con la que trabaja un material. Se mide por ensayos de diversos tipos. Uno de ellos consiste en medir la profundidad que puede alcanzar un agujero -- perforado con un taladro de características estándar en un tiempo dado.

Aunque el acero es un material de consistencia dúctil, en determinadas circunstancias puede presentar un comportamiento frágil, llegando a fallar súbitamente, sin deformaciones plásticas previas. El comportamiento frágil es proporcionado al acero por alguno o algunos de los siguientes factores: temperaturas bajas, soldadura incorrecta, esfuerzos de tensión elevados, alto contenido de carbono, aplicación rápida de cargas y composición química incorrecta (el fósforo por ejemplo, aumenta su fragilidad). Otras propiedades que son de gran utilidad en el cálculo de estructuras son el peso volumétrico ( $7,800 \text{ Kg/m}^3$ ) y el coeficiente de dilatación térmica ( $0.00001/^\circ \text{C}$ ).

La resistencia a la corrosión de la mayoría de los aceros utilizados para fines estructurales es baja, lo cual implica la necesidad de proporcionar protección a las estructuras de acero expuestas a agentes corrosivos (oxígeno, vapor de agua, sulfatos y otros). La protección puede -

consistir en algún tratamiento superficial en la aleación con algún material que le proporcione las propiedades anticorrosivas; los tratamientos superficiales consisten en la aplicación de pinturas especiales a base de plomo, aluminio o cromo y en revestimientos de cinc o de productos asfálticos. Este tipo de protección suele deteriorarse con el tiempo, de manera que es necesario prever un servicio de mantenimiento. La aleación con elementos tales como el cobre y el cromo (acero inoxidable), por lo contrario, proporciona mayor protección a través del tiempo sin necesidad de tratamiento.

Aunque el acero es un material incombustible, sus propiedades resistentes se deterioran considerablemente bajo la acción de altas temperaturas, por lo que es necesario proteger las estructuras de acero contra la acción de los incendios. Para mejorar su resistencia al fuego, deben protegerse las estructuras con revestimientos de concreto, yeso, vermiculita y ciertas pinturas especiales.

El acero es uno de los materiales estructurales más usados a pesar de su alto costo volumétrico. Su alta resistencia específica (relación entre la resistencia de un material y su peso volumétrico) y su reducido -- coeficiente económico resistente en tensión (costo del material necesario para soportar una carga unitaria en una longitud unitaria), lo hacen especialmente útil en elementos sujetos a este tipo de esfuerzos.

Las propiedades del acero pueden mejorarse si se combina con - - otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, titanio, vanadio y tungsteno. Los aceros así obtenidos suelen llamarse aceros de aleación. El acero puede contener otros elementos además de los mencionados, pero en menores cantidades, que pueden tener influencias benéficas o perjudiciales sobre determinadas propiedades según la proporción en que se encuentren. Los principales son el silicio, manganeso, fósforo, azufre y otros. El fósforo, por ejemplo, hace que el acero sea quebradizo bajo una carga repentina y el azufre lo hace poco resistente o frágil cuando se calienta.



#### 1.4 PIEZAS DE ACERO ESTRUCTURAL QUE EXISTEN EN MEXICO.

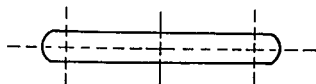
El acero se encuentra en el mercado en gran variedad de productos lo mismo que el hierro; dichos productos pueden ser varillas de refuerzo para concreto de diferentes diámetros, perfiles laminados de diferentes secciones, tuberías de diferentes diámetros y espesores, algunas piezas prefabricadas como rieles de ferrocarril y muchos otros elementos estructurales, además de tener otras aplicaciones ajenas a la construcción.

Las varillas para concreto reforzado se hacen tanto de acero trabajado en frío como en caliente. Los diámetros usuales de las varillas producidas en México varían de 1/4" a 1 1/2" y su longitud es de 12 metros. Todas las varillas con excepción del alambrión de 1/4", tienen corrugaciones en su superficie para mejorar su adherencia con el concreto. En el país se cuenta con una gran variedad de acero de refuerzo, pudiendo obtener varillas laminadas en caliente con límites de fluencia de 2,300 a 4,200 Kg/cm<sup>2</sup> y en acero trabajado en frío con límites de fluencia entre los 4,000 y 6,000 Kg/cm<sup>2</sup>. Los tubos de acero tienen muchas aplicaciones de interés y pueden encontrarse en el mercado con diámetros entre 3.8 cm. y 50.8 cm. con espesores de 0.37 a 4.99 cm.

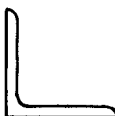
Recientemente se ha utilizado una lámina delgada trabajada en frío para la fabricación de perfiles ligeros. Estos perfiles se obtienen mediante dobleces de lámina. El acero empleado tiene una resistencia última de  $4,400 \text{ Kg/cm}^2$  y un límite de fluencia convencional de  $3,500 \text{ Kg/cm}^2$ .

También se fabrican cables formados por torones de alambre de acero enrollados en torno a un núcleo denominado alma, que es de acero o fibra. Los torones consisten en conjuntos de alambre trenzados -- siendo las combinaciones más usuales las de  $6 \times 7$ ,  $6 \times 19$  y  $6 \times 37$ . El primer número indica el número de torones del cable y el segundo el número de alambres de cada torón.

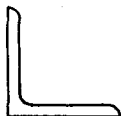
1.4.1 LISTA GENERAL DE PRODUCTOS LAMINADOS  
(DIMENSIONES Y PESOS)



SOLERA			SOLERA		
Dimensiones		Peso	Dimensiones		Peso
mm	pulgadas	kg/m	mm	pulgadas	kg/m
8 x 13	5/16 x 1/2	0.79	10 x 89	3/8 x 3 1/2	6.65
16	5/8	0.99	102	4	7.60
19	3/4	1.19	13 x 16	1/2 x 5/8	1.58
25	1	1.58	19	3/4	1.90
32	1 1/4	1.98	25	1	2.53
38	1 1/2	2.37	32	1 1/4	3.17
44	1 3/4	2.77	38	1 1/2	3.80
51	2	3.17	44	1 3/4	4.43
57	2 1/4	3.56	51	2	5.06
64	2 1/2	3.96	57	2 1/4	5.70
76	3	4.75	64	2 1/2	6.33
89	3 1/2	5.54	76	3	7.60
102	4	6.33	89	3 1/2	8.86
10 x 13	3/8 x 1/2	0.95	102	4	10.13
16	5/8	1.19	16 x 19	5/8 x 3/4	2.37
19	3/4	1.42	25	1	3.17
25	1	1.90	32	1 1/4	3.96
32	1 1/4	2.37	38	1 1/2	4.75
38	1 1/2	2.85	44	1 3/4	5.54
44	1 3/4	3.32	51	2	6.33
51	2	3.80	57	2 1/4	7.12
57	2 1/4	4.27	64	2 1/2	7.91
64	2 1/2	4.75	70	2 3/4	8.71
70	2 3/4	5.22	76	3	9.50
76	3	5.70	89	3 1/2	11.08
			102	4	12.66

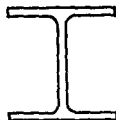


ANGULOS APS			ANGULOS APS		
LADOS IGUALES			LADOS IGUALES		
Dimensiones		Peso	Dimensiones		Peso
mm	pulg.	kg/m	mm	pulg.	kg/m
19 x 3	3/4 x 1/8	0.88	64 x 10	2 1/2 x 3/8	8.78
5	3/16	1.25	76 x 6	3 x 1/4	7.29
22 x 3	7/8 x 1/8	1.04	8	5/16	9.08
5	3/16	1.49	10	3/8	10.72
25 x 3	1 x 1/8	1.19	11	7/16	12.35
5	3/16	1.73	13	1/2	13.99
6	1/4	2.22	16	5/8	17.11
32 x 3	1 1/4 x 1/8	1.50	102 x 6	4 x 1/4	9.82
5	3/16	2.20	8	5/16	12.20
6	1/4	2.86	10	3/8	14.58
38 x 3	1 1/2 x 1/8	1.83	11	7/16	16.82
5	3/16	2.68	13	1/2	19.05
6	1/4	3.48	16	5/8	23.36
8	5/16	4.26	19	3/4	27.53
10	3/8	4.99	127 x 10	5 x 3/8	18.30
44 x 3	1 3/4 x 1/8	2.14	11	7/16	21.28
5	3/16	3.15	13	1/2	24.11
6	1/4	4.12	16	5/8	29.76
8	5/16	5.04	19	3/4	35.12
51 x 3	2 x 1/8	2.46	152 x 10	6 x 3/8	22.17
5	3/16	3.63	11	7/16	25.60
6	1/4	4.75	13	1/2	29.17
8	5/16	5.83	14	9/16	32.59
10	3/8	6.99	16	5/8	36.01
64 x 5	2 1/2 x 3/16	4.61	19	3/4	42.71
6	1/4	6.10	22	7/8	49.26
8	5/16	7.44	25	1	55.66

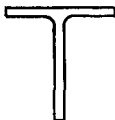


ANGULOS APS LADOS DESIGUALES			
Dimensiones			Peso
mm	pulgadas		kg/m
102 x 76 x 6	4 x 3 x	1/4	8.63
		5/16	10.72
		3/8	12.65
		7/16	14.58
		1/2	16.52
		5/8	20.24
152 x 102 x 8	6 x 4 x	3/4	23.81
		5/16	15.19
		3/8	18.31
		7/16	21.28
		1/2	24.11
		5/8	29.76
	3/4	35.12	
	7/8	40.48	
	1	45.84	
VIGAS I ESTANDAR IPS			
Peralte			Peso
mm	pulgadas		kg/m
76	3		11.46
102	4		14.26
127	5		18.52

CANALES ESTANDAR CPS		
Peralte		Peso
mm	pulgadas	kg/m
76	3	6.10
76	3	8.93
102	4	8.04
102	4	10.79
127	5	9.97
127	5	13.39
152	6	12.20
152	6	15.63
152	6	19.35
178	7	14.58
178	7	18.23
178	7	21.95
203	8	17.11
203	8	20.46
203	8	27.90
254	10	22.76
254	10	29.76
254	10	37.20
254	10	44.64
305	12	30.80
305	12	37.20
305	12	44.64



VIGAS I PERFIL RECTANGULAR IPR			VIGAS I PERFIL RECTANGULAR IPR		
Peralte		Peso	Peralte		Peso
mm	pulgadas	kg/m	mm	pulgadas	kg/m
152	6	12.7	356	14	56.6
152	6	17.9	356	14	64.1
152	6	23.8	356	14	71.5
203	8	14.9	356	14	79.0
203	8	19.4	406	16	53.6
203	8	22.4	406	16	59.6
203	8	25.3	406	16	671
203	8	29.8	406	16	74.5
254	10	17.1	457	18	95.4
254	10	22.4	457	18	104.3
254	10	25.3	457	18	114.7
254	10	28.3	457	18	126.7
254	10	31.3	457	18	143.0
254	10	37.3	457	18	156.5
254	10	43.2	457	18	170.0
305	12	20.9	VIGAS T PERFIL RECTANGULAR TPR		
305	12	24.6			
305	12	28.3	76	3	6.35
305	12	32.8	76	3	8.95
305	12	40.3	76	3	11.90
305	12	46.2	102	4	7.45
305	12	53.7	102	4	9.70
305	12	59.6	102	4	11.20
305	12	67.1	102	4	12.65
305	12	74.5	102	4	14.90
356	14	44.7			
356	14	50.7			



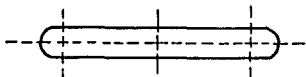
VIGAS T PERFIL RECTANGULAR TPR		
Peralte		Peso
mm	pulgadas	kg/m
127	5	8.55
127	5	11.20
127	5	12.65
127	5	14.15
127	5	15.65
127	5	18.65
127	5	21.60
152	6	10.45
152	6	12.30
152	6	14.15
152	6	16.40
152	6	20.15
152	6	23.10
152	6	26.85
152	6	29.80
152	6	33.55
152	6	37.25
178	7	22.35
178	7	25.35
178	7	28.30
178	7	32.05
178	7	35.75
178	7	39.50
203	8	26.80
203	8	29.80
203	8	33.55
203	8	37.25

VIGAS T PERFIL RECTANGULAR TPR		
Peralte		Peso
mm	pulgadas	kg/m
229	9	47.70
229	9	52.15
229	9	57.35
229	9	63.35
229	9	71.50
229	9	78.25
229	9	85.00

ACERO CUADRADO		
L A D O		PESO
mm	pulgadas	kg/m
10	3/8"	.712
13	1/2	1.27
16	5/8	1.98
19	3/4	2.85
22	7/8	3.90
25	1	5.07
29	1 1/8	6.41
32	1 1/4	7.91
35	1 3/8	9.57
38	1 1/2	11.39
44	1 3/4	15.51
51	2	20.26
57	2 1/4	25.64
64	2 1/2	31.65
70	2 3/4	38.27
76	3	45.54
83	3 1/4	53.44
89	3 1/2	61.98
95	3 3/4	71.15
102	4	80.96



SOLERA			
Dimensiones		Peso	
mm	pulgadas	kg/m	
19 x 25	3/4 x 1	3.80	
32	1 1/4	4.75	
38	1 1/2	5.70	
44	1 3/4	6.65	
51	2	7.60	
57	2 1/4	8.55	
64	2 1/2	9.50	
70	2 3/4	10.45	
76	3	11.40	
89	3 1/2	13.29	
102	4	15.19	
22 x 51	7/8 x 2	8.86	
64	2 1/2	11.08	
76	3	13.29	
89	3 1/2	15.51	
102	4	17.73	
25 x 38	1 x 1 1/2	7.60	
51	2	10.13	
64	2 1/2	12.66	
70	2 3/4	13.93	
76	3	15.19	
89	3 1/2	17.73	
102	4	20.26	
29 x 76	1 1/8 x 3	17.10	
89	3 1/2	19.94	

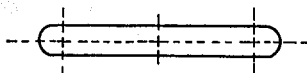
  

SOLERA		
Dimensiones		Peso
mm	pulgadas	kg/m
29 x 102	1 1/8 x 4	22.79
32 x 51	1 1/4 x 2	12.66
64	2 1/2	15.83
76	3	18.99
89	3 1/2	22.16
102	4	25.32
38 x 64	1 1/2 x 2 1/2	18.99
76	3	22.79
89	3 1/2	26.60
102	4	30.39

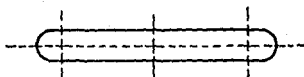
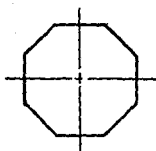
RIELES		
Peso		Peralte
lb/yd	kg/m	mm
112	55.70	168
100	50.35	152
85	42.16	132
80	39.78	127
60	29.76	108
30	14.88	79
25	12.40	70
20	9.92	67
16	7.94	60





SOLERA MUELLE PLANA		
Dimensiones		Peso
mm	pulgadas	kg/m
88.90 x 10.19	3 1/2 x 0.401	4.66
11.35	0.447	5.18
12.67	0.499	5.77
101.6 x 8.20	4 x 0.323	4.32
9.14	0.360	4.80
10.19	0.401	5.34
11.35	0.447	5.94
11.99	0.472	6.26
12.67	0.499	6.61
SOLERA		
Dimensiones		Peso
mm	pulgadas	kg/m
3 x 13	1/8 x 1/2	0.32
16	5/8	0.40
19	3/4	0.47
25	1	0.63
32	1 1/4	0.79
38	1 1/2	0.95
44	1 3/4	1.11
51	2	1.27
57	2 1/4	1.42
64	2 1/2	1.58
70	2 3/4	1.74
76	3	1.89

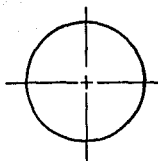
SOLERA		
Dimensiones		Peso
mm	pulgadas	kg/m
5 x 13	3/16 x 1/2	0.47
16	5/8	0.59
19	3/4	0.71
25	1	0.95
28	1 1/8	1.07
32	1 1/4	1.19
38	1 1/2	1.42
44	1 3/4	1.66
51	2	1.90
64	2 1/2	2.37
76	3	2.85
6 x 16	1/4 x 5/8	0.79
19	3/4	0.95
25	1	1.27
32	1 1/4	1.58
38	1 1/2	1.90
44	1 3/4	2.22
51	2	2.53
57	2 1/4	2.85
64	2 1/2	3.17
70	2 3/4	3.48
76	3	3.80
89	3 1/2	4.43
102	4	5.06



ACERO OCTAGONAL			SOLERA MUELLE PLANA		
GRUESO		PESO	Dimensiones		Peso
mm	pulgadas	kg/m	mm	pulgadas	kg/m
19	3/4	2.36	57.15 x 5.44	2 1/4 x 0.214	2.39
22	7/8	3.21	6.02	0.237	2.64
25	1	4.20	6.65	0.262	2.91
29	1 1/8	5.31	7.39	0.291	3.22
32	1 1/4	6.56	8.20	0.323	3.57
38	1 1/2	9.44	9.14	0.360	3.96
			10.19	0.401	4.40
			11.35	0.447	4.88
			63.50 x 4.93	2 1/2 x 0.194	2.42
			6.02	0.237	2.94
			6.65	0.262	3.24
			7.39	0.291	3.59
			8.20	0.323	3.97
			9.14	0.360	4.42
			10.19	0.401	4.90
			11.35	0.447	5.44
			76.20 x 6.65	3 x 0.262	3.90
			7.39	0.291	4.33
			8.20	0.323	4.79
			9.14	0.360	5.33
			10.19	0.401	5.92
			11.35	0.447	6.57
			12.67	0.499	7.31
			88.90 x 8.20	3 1/2 x 0.323	5.61
			9.14	0.360	6.24

SOLERA MUELLE PLANA		
Dimensiones		Peso
.mm	pulgadas	kg/m
40.08 x 4:50	1 9/16 x 0.177	1.38
44.45 x 4.93	1 3/4 x 0.194	1.68
5.44	0.214	1.85
5.72	0.225	1.94
6.02	0.237	2.04
6.65	0.262	2.25
7.39	0.291	2.49
8.20	0.323	2.75
9.14	0.360	3.05
50.80 x 5.44	2 x 0.214	2.12
6.02	0.237	2.34
6.65	0.262	2.57
7.39	0.291	2.86
8.20	0.323	3.16
9.14	0.360	3.50



ACERO REDONDO			ACERO REDONDO			
Diámetro		Peso	Diámetro		Peso	
mm	pulgadas	kg/m	mm	pulgadas	kg/m	
6	1/4	0.25	57	2 1/4	20.12	
8	5/16	0.39	50	2 3/8	22.42	
10	3/8	0.56	64	2 1/2	24.84	
11	7/16	0.76	67	2 5/8	27.38	
13	1/2	1.00	70	2 3/4	30.05	
14	9/16	1.26	73	2 7/8	32.85	
16	5/8	1.55	76	3	35.77	
18	11/16	1.88	83	3 1/4	41.98	
19	3/4	2.24	89	3 1/2	48.68	
21	13/16	2.62	95	3 3/4	55.88	
22	7/8	3.05	102	4	63.58	
24	15/16	3.50	VARILLA CORRUGADA PARA REFUERZO DE CONCRETO			
25	1	3.97				
27	1 1/16	4.48	Núm.	Diámetro		Peso
29	1 1/8	5.02		mm	pulgadas	kg/m
30	1 3/16	5.61	2.5	8	5/16	0.38
32	1 1/4	6.21	3	10	3/8	0.56
33	1 5/16	6.85	4	13	1/2	1.00
35	1 3/8	7.51	5	16	5/8	1.56
37	1 7/16	8.21	6	19	3/4	2.25
38	1 1/2	8.94	7	22	7/8	3.03
41	1 5/8	10.49	8	25	1	3.98
45	1 3/4	12.17	9	28	1 1/8	5.03
48	1 7/8	13.97	10	32	1 1/4	6.23
51	2	15.89	11	35	1 3/8	7.50
			12	38	1 1/2	8.94

PLACA			LAMINA		
ESPESOR		PESO	Calibre No.	Espe sor	Peso
mm	pulgadas	kg/m <sup>2</sup>		mm	kg/m <sup>2</sup>
5	3/16	37.4	10	3.42	27.5
6	1/4	49.8	11	3.04	24.0
8	5/16	62.2	12	2.66	21.4
10	3/8	74.7	13	2.28	18.3
11	7/16	87.1	14	1.90	14.3
13	1/2	99.6	15	1.71	13.7
14	9/16	112.0	16	1.52	12.2
16	5/8	124.5	17	1.37	11.0
17	11/16	137.0	18	1.21	9.8
19	3/4	149.4	19	1.06	8.5
22	7/8	174.3	20	0.91	7.3
25	1	199.2	21	0.84	6.7
29	1 1/8	224.1	22	0.76	6.1
32	1 1/4	249.0	23	0.68	5.5
35	1 3/8	274.0	24	0.61	4.9
38	1 1/2	298.8	25	0.53	4.3
44	1 3/4	348.6	26	0.46	3.7
51	2	398.4			
LAMINA					
Calibre No.	Espe sor				
	mm	kg/m <sup>2</sup>			
7	4.55	36.6			
8	4.18	33.6			
9	3.80	30.5			

### 1.5 COSTOS DEL ACERO.

Actualmente el acero así como la mayoría de los materiales empleados en la construcción tienen un precio muy variable debido a la gran inflación que padece nuestro país.

El precio de compra del acero no es su costo total, pues debemos considerar un porcentaje de desperdicios, que es del orden del 17%. Además el acero adquiere un costo adicional por conservación. El costo de pintar estructuras metálicas periódicamente para evitar la corrosión puede ser importante, ya que al costo de conservación, se suma el costo de las pólizas de seguro, ya que la escasa resistencia del acero a los efectos de los incendios obliga a asegurar las construcciones.

Las estructuras de acero pueden fácilmente ampliarse o modificarse y cuando es necesario demolerlas, se recupera una parte de su valor inicial vendiendo las piezas como chatarra o empleándolas nuevamente.

Debido al gran desarrollo que han tenido las estructuras de acero y el afán de los diseñadores por buscar estética en ellas, se ha recurrido a elementos compuestos para formar perfiles estructurales que resulten más adecuados al diseño y que no es posible encontrar en el mercado, por lo que algunas compañías constructoras solicitan elementos prefabricados.

cados de acuerdo a sus necesidades, proporcionando a los fabricantes - las características que requieren en sus estructuras, lo cual, en caso de solicitar grandes cantidades de elementos prefabricados, logrará -- que los constructores obtengan un considerable ahorro y reducirán ---- también el tiempo de construcción.

Actualmente (marzo de 1988) la tonelada de acero de refuerzo tiene un precio del orden de \$ 1'700,000.00 , puesta en obra en la -- ciudad de México, aunque dicho valor es relativo, pues depende del tipo de acero, de la cantidad y calidad del mismo, de la demanda actual, -- etc. , ya que aunque ha aumentado la producción y se espera que siga -- aumentando, también la demanda se ha incrementado considerablemen- te pues cada día se encuentran más aplicaciones al acero y a los produc- tos que de él se obtienen.

## 1.6 USOS DEL ACERO

Actualmente el acero es uno de los materiales que más aplicaciones tiene dentro de la construcción, pues ninguna obra de cierta importancia puede prescindir del uso del acero en cualquiera de sus presentaciones. Casas, escuelas, cines, mercados, puentes y edificaciones de cualquier tipo llevan acero estructural; además en algunos tipos de construcciones el acero es el único material estructural logrando desplazar al concreto, ya que este último posee un mayor peso volumétrico. Cabe mencionar como ejemplo, que en la ciudad de México todas las escuelas primarias oficiales que se construyen actualmente, llevan piezas prefabricadas de acero como elementos estructurales.

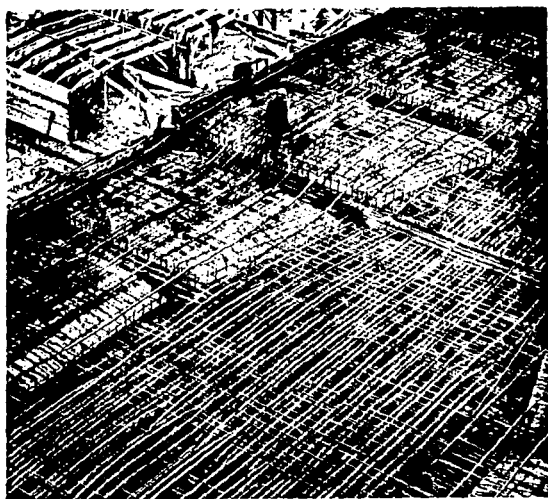
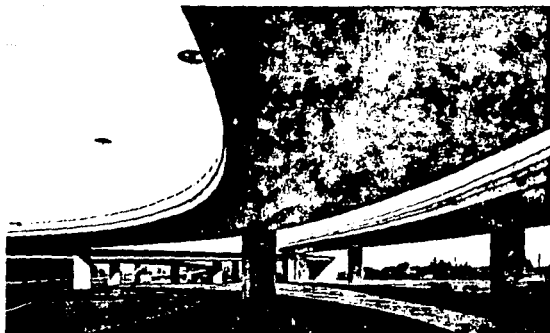
En las edificaciones de concreto, el acero tiene un lugar de importancia por ser el material de refuerzo, ya que toma los esfuerzos de tensión mientras el concreto toma los de compresión; puede ser en forma de varillas de diferentes diámetros, o de alambrón o mallas para refuerzo de losas. Las varillas sirven para reforzar columnas, dadas, castillos, etc. Las mallas están formadas por alambres lisos unidos por puntos de soldadura en las intersecciones y el acero empleado es del tipo trabajado en frío con esfuerzos de fluencia del orden de 5,000 Kg/cm<sup>2</sup>. la separación de los alambres varía entre 5 y 40 cm. y sus

diámetros de 2 a 7 mm.

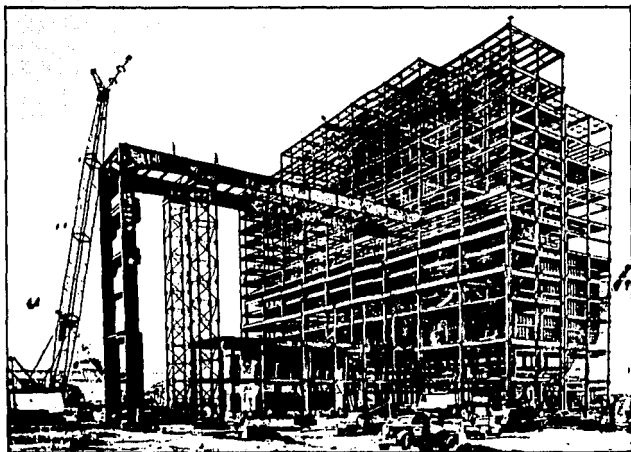
El acero que se usa en estructuras presforzadas es de resistencia frecuentemente superior a la de los aceros descritos anteriormente, -- llegando a tener resistencias últimas entre 14,000 y 22,000 Kg/cm<sup>2</sup> y un límite de fluencia (esfuerzo correspondiente a una deformación permanente) de 0.002.

Además de encontrar aplicación en la construcción, se utiliza en la fabricación de algunos productos como: acero inoxidable en la fabricación de herramientas, rodillos para laminación, ruedas para ferrocarril, etc. También encuentra numerosas aplicaciones en la industria automotriz.



USOS DEL ACERO EN LA CONSTRUCCION

FALLA DE ORIGEN



FALLA DA' ORIGINI

## CAPITULO II

## FABRICACION DE ARMAZONES METALICOS

## 2.1 INTRODUCCION

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. Un factor que el Ingeniero debe considerar sobre la economía del diseño, es que la fabricación cuesta dinero. Este costo proviene del empleo de mano de obra, herramientas y maquinaria; por consiguiente para reducir los costos de fabricación, el Ingeniero debe reducir al mínimo la cantidad de trabajo requerido para fabricar la estructura y debe balancear los costos obtenidos al disminuir el peso del acero empleado, con el aumento ocasionado por un proceso de fabricación más complicado.

En algunos diseños puede ser ventajoso el uso de aceros de alta resistencia, ya sea para reducir peso, para usar secciones arquitectónicas menores o bien por requisitos de 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 fabri-

cación son relativamente independientes del peso o espesor de la parte trabajada.

Al substituir aceros estructurales al carbón 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 una 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 deben 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, montaje (si éste se incluye en el contrato), gastos indirectos, y utilidad. La propuesta debe establecer el tiempo de entrega y el precio, ya sea éste por el total de la obra o bien por precios unitarios. Generalmente se otorga el contrato al concursante responsable cuyo precio sea más bajo, aunque en ocasiones se paga un precio mayor con objeto de asegurar una entrega más rápida.

Al otorgarse el contrato, el cuerpo de Ingenieros del fabricante recibe los planos y especificaciones, y el Ingeniero a cargo del proyecto puede sugerir cambios en algunos detalles para simplificar la fabricación y el montaje; una vez que la información está completa, se preparan planos de taller, en los que se detallan todas las piezas de la estructura. Estos planos muestran los números de parte o marcas de identificación, cantidad de piezas requeridas, longitud de las mismas, localización y tamaño de agujeros, detalles de cortes y conexiones de taller.

Los planos de taller deben de estar de acuerdo con el diseño, y requieren una revisión minuciosa por parte de un Ingeniero experimentado,

el cual debe revisar que las dimensiones y detalles se indiquen correctamente y que todas las partes ensamblen adecuadamente entre sí. Partiendo de los planos de taller se elaboran plantillas de cartón o madera a escala natural, las cuales muestran la localización de todos los agujeros y cortes en la pieza; se prepara una lista de materiales y se envía a la laminadora. La práctica usual es pedir a la laminadora que entregue el material de los miembros principales a la longitud exacta requerida, mientras que el material para los demás miembros y piezas secundarias se pide de longitudes estándar.

Al recibirse el material en el patio del fabricante, se revisa contra el orden de compra y se almacena hasta que se necesita para la fabricación. El Taller de fabricación puede estar dividido en varias naves, según las operaciones que se realicen; por ejemplo, en un taller organizado para fabricar estructuras para edificios puede haber una nave para columnas, otra para traveses y una nave en la cual se hagan trabajos varios como armaduras, traveses armados y detalles. En cada nave se localiza la maquinaria apropiada para llevar a cabo las operaciones especiales de dicha nave en una secuencia adecuada.

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; las piezas se cortan a la longitud requerida, en caso necesario, y se hacen los cortes en las almas y patines que

que así lo requieran. En caso de existir piezas duplicadas, éstas se manejan juntas; a continuación, se barrenan o maquinan las piezas, si así lo indican los planos. Una vez que se han fabricado todas las partes de un ensamble se llevan al lugar de armado. Es aquí donde se ensamblan entre sí, ya sea por medio de remaches, tornillos o soldadura, haciendo coincidir los agujeros y rimándolos si es necesario; por ejemplo, se fijan a las columnas las placas base y las placas de asiento y se ensamblan las armaduras, miembros compuestos de grandes dimensiones y travesaños armados. El ajuste y ensamble de las piezas es un trabajo de gran importancia, ya que la corrección de los errores cometidos en esta etapa resulta muy costosa; por consiguiente, en la misma son muy importantes la inspección de los ajustes correctos y contar con una mano de obra adecuada en el soldado y remachado. Una vez terminados los ensambles se transportan al patio de almacenamiento, donde se limpian, pintan y almacenan, quedando listos para su traslado al lugar de la obra.

El transporte del material de una operación a otra representa una gran parte del trabajo en el taller; para ello se emplean grúas viajeras, mientras que para dar servicio al área adyacente a cada operación se usan macacos o grúas de brazo giratorio. Muy a menudo, la economía de fabricación depende de la mayor o menor cantidad de manejo del material en el taller; por ejemplo, una ventaja de la construcción soldada es la eliminación del punzonado y rimado de agujeros, o del taladrado de los mismos, con la consiguiente reducción de operaciones de manejo.



Fig. 2.1 Taller de fabricación de acero.

## 2.2 PLANOS DE TALLER.

La oficina de estudios del fabricante, partiendo de los planos y especificaciones de la obra, procede a preparar los planos de taller en los que se detallarán todas las piezas de la estructura. En principio estos planos estarán a escala de 1/10. Estos planos muestran los números de parte o marcas de indentificación, cantidad de piezas requeridas, longitud de las mismas, localización y tamaño de agujeros, detalles de cortes y conexiones de taller.



El método consiste en establecer por separado un plano para cada una de las piezas de la construcción o, si la pieza es muy importante, para cada una de sus partes. Los planos se acotan con precisión y tan completamente como sea posible.

Se observará que el hecho de establecer un plano por pieza permite una mayor división del trabajo en el taller y, por tanto, una fabricación más rápida, pero que precisamente ello obliga a una precisión en el dibujo.

### 2.3 FABRICACION EN EL TALLER.

#### 2.3.1 FUNCION, PRINCIPIOS Y HERRAMIENTAS DEL TRAZADOR.

##### Función del trazador.

Los planos de taller que llevan el número de orden se remiten al jefe de taller que dirige el trabajo de conjunto. Según la importancia de la obra, elige uno o varios trazadores encargados de efectuar el trazado y de seguir todas las fases de la fabricación hasta el acabado del armazón en el taller.

El trazador es un técnico, hábil en la interpretación de planos, que sabe dibujar bien y posee conocimientos profundos del oficio. Tal como acabamos de decir, su papel es doble: en primer lugar, debe trazar so-

bre el metal mismo utilizado para la construcción y a escala real la forma exacta de las piezas así como todos los agujeros y cortes que deben practicarse en ellas (es lo que se llama "trazado"); después, vigila todas las fases de la fabricación a fin de asegurarse de que cada una de las piezas -- está de acuerdo con las disposiciones estudiadas.

#### Principio del trazado.

Pueden presentarse dos casos: la pieza que debe realizarse es única o, por el contrario, se trata de hacer una serie de elementos idénticos.

En el primer caso, el trazador dibuja sobre el propio metal que constituirá la pieza y a escala real el contorno del elemento así como las líneas de remachado donde se indicarán los remaches con gran precisión.

En el segundo caso puede bien ejecutar la primera pieza de la serie -- como acabamos de describir y a continuación servirse de ella como plantilla cuando sea cortada y taladrada o bien efectuar el trazado sobre bandadas de metal perfectamente marcadas que, cuando se taladran, sirven de modelo para el trazado de las piezas.

#### Herramientas del trazador.

El trazador trabaja sobre una mesa constituida por láminas bien recti

ficadas, colocadas horizontalmente sobre caballetes. Estas láminas se disponen unas junto a otras y se unen mediante placas de ajuste que impiden su desplazamiento. Dada su construcción, estas mesas pueden agrandarse a voluntad.

Sobre la cara superior de las láminas se aplica una capa de blanco -españa mezclado con cola de pasta a fin de que presente una superficie blanca sobre la que el trazador dibuja con una punta de trazar de acero templado. La punta de "trazar" levanta el blanco y deja a la vista la lámina formando así los trazos.

Para dibujar el trazador utiliza, además de la punta de trazar:

- para las líneas rectas, reglas planas metálicas o, si las líneas rebasan los cuatro metros, cordeles; la línea se marca entonces por medio del cordel teñido de blanco o rojo;

- para las curvas, compases ordinarios o de varas; para los círculos cuyo radio pasa de 7 u 8 metros, la curva se traza por puntos; lo mismo sucede para las curvas que no sean círculos;

- escuadras;

- un transportador de gran diámetro para el trazado de los ángulos, - si bien éstos se indican por lo general por su tangente natural;

- un metro de acero, un decámetro y a veces también un doble decámetro de acero;

- un pie de rey y un tornillo micrométrico;

- para el trazado de las líneas rectas paralelas al borde de una pieza: un "gramil", pequeña escuadra metálica que se apoya sobre el borde de la pieza que sirve de guía y que se desliza en esta posición; la escuadra -- lleva una punta de acero duro, regulada a voluntad que traza la línea para lela buscada.

En fin para completar sus herramientas el trazador dispone:

- de tornillos de banco;
- de un punzón;
- de un pequeño martillo.

En la figura 2.2 se representan los instrumentos y herramientas que - son específicos del trazado.

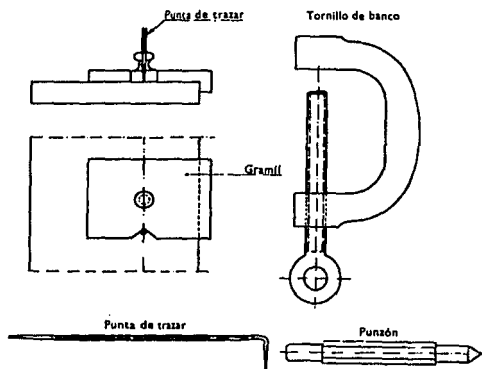


Fig. 2.2 Instrumentos del trazador.

### 2.3.2 REALIZACION DEL TRAZADO.

Trazado directo sobre el metal que constituye la pieza.

Se dibuja el contorno a escala real con la punta de trazar. El trazado de los agujeros de los remaches se hace de la siguiente forma: se trazan las líneas que pasan por los ejes de los agujeros y sobre estas líneas se señala cada remache con un punzonazo dado en el lugar exacto de su centro.

La pieza así trazada puede ya cortarse y taladrarse; el obrero sólo tiene que cortar por el contorno dibujado y taladrar centrando la remachadora sobre los punzonazos que indican los centros de los agujeros.

Trazado con ayuda de un pieza que sirve de plantilla.

El trazado de la primera pieza se hace según el método anterior.

Para trazar los demás elementos se coloca sucesivamente la primera pieza o "plantilla" sobre cada uno de los elementos y se fija con tornillos de banco.

El contorno de los elementos se traza con la punta de trazar; los agujeros de los remaches se señalan con un punzón especial que tiene un collarín de diámetro poco menor que los agujeros y está provisto de una punta bien centrada que, al recibir el martillazo, marca el centro del agujero - (Figura 2.3).

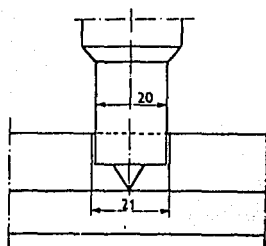


Fig. 2.3

#### Trazado sobre bandas.

Se utilizan bandas de metal perfectamente rectificadas constituidas por láminas de 30 ó 40 mm. de ancho y 1 ó 2 mm. de espesor.

En la banda, una línea, trazada con el gramí, indica el eje de una fila de remaches acotada con respecto al borde de la pieza. Sobre esta línea de eje, se indican los agujeros de los remaches de forma precisa mediante punzonazos; en fin, los extremos de las piezas se indican sobre la banda mediante líneas transversales de puntas.

Cuando se ha trazado la banda, se corta y taladra con agujeros de

5 a 6 mm. de diámetro perfectamente centrados sobre los punzonazos. La banda queda entonces terminada y puede utilizarse para reproducir el trazado de la fila de remaches sobre los demás elementos de la construcción que lleven una fila de remaches idéntica.

Para la reproducción del trazado sobre la pieza se dispone la banda sobre ésta de tal forma que el eje trazado con el gramil sobre la banda se superponga a la línea de eje correspondiente trazada sobre la pieza y las señales punteadas coincidan con los extremos de la pieza. Se fija entonces la banda en esta posición mediante tornillos de banco. Se reproducen los agujeros de remaches utilizando un punzón especial, calibrado al diámetro de los agujeros realizados en la banda y que, al recibir un martillazo, imprime en la pieza un agujero cónico en el lugar exacto del centro del remache (Fig. 2.4). La pieza puede entonces recortarse y taladrarse tal como se ha indicado para el trazado directo.

Como ejemplo vamos a describir la forma detallada del trazado mediante bandas de una viga recta de alma llena de 4 metros de longitud que presenta la sección indicada en la figura 2.5.

Como el trazado de las líneas de remaches  $L_1$  y  $L_2$  se ejecutará de forma idéntica, nos limitaremos a detallar las operaciones de traza

do de una de las dos líneas,  $L_1$  por ejemplo:

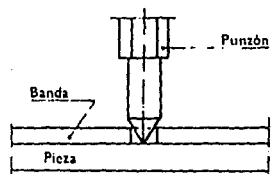


Fig. 2.4

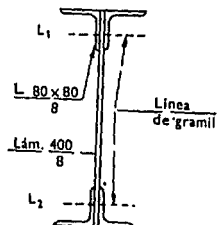


Fig. 2.5



Supongamos que los remaches están uniformemente separados en 80 mm. de eje a eje y que los remaches del extremo tienen su centro a 40 mm. del borde de las piezas.

Como los patines están constituidos por ángulos de 80x80x8 el gramil - del ángulo será de 45 mm. y utilizaremos remaches de 20 mm., por lo que los agujeros tendrán 21 mm. de diámetro para permitir la introducción fácil de los mismos (para entender mejor lo anterior, consulte los apartados 3.2.9 y 3.2.10 del Capítulo III).

Se procede de la siguiente forma:

Se toma una banda bien rectificada cortada exactamente a 4 metros de longitud. Se traza una línea de eje en medio de la banda y en toda su longitud. Sobre esta línea se marcan con punzón los centros de los agujeros; el primero y el último estarán a 40 mm. del extremo de la banda y los demás espaciados en 80 mm. Se taladran los agujeros de 6 mm. en la banda centrandolo sobre las señales del punzón. La banda está ya lista para la reproducción (figura 2.6).

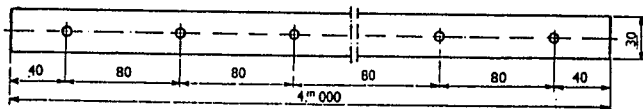


Fig. 2.6 Banda de trazado.

Para trazar los remaches de la línea  $L_1$  sobre el ángulo se traza con el gramil una línea situada a 45 mm. del vértice; esta línea se llama línea de gramil. Con ayuda de tornillos de banco se fija la banda que debe trazarse sobre el ángulo de tal forma que la línea de eje de la banda se superponga a la línea de gramil del ángulo; se trazan sobre el ángulo los cortes de extremo mediante un simple trazo realizado con la punta de trazar, y a continuación se indica con el punzón la posición exacta de los agujeros de los remaches. El ángulo está ya dispuesto para ser cizallado a la longitud que se desee y para taladrarlo con agujeros de 21 mm. centrados sobre las marcas del punzón. De forma idéntica se procedería para el trazado del otro ángulo.

Para trazar los remaches de la línea  $L_1$  sobre el alma de 400 x 8 se traza primero sobre una lámina de 400 mm. de anchura y de al menos 4 metros de longitud una línea paralela a uno de los bordes y situada a 45 mm. de éste. Se dispone la banda sobre la lámina de forma que la línea de eje de la banda se superponga a la línea trazada sobre la lámina. Se fija la lámina en esta posición mediante tornillos de banco y se hace el trazado en las mismas condiciones que se indicaron para el ángulo.

Cuando se han cizallado y taladrado los cuatro ángulos, estos elementos se unirán perfectamente si las operaciones de trazado y agujereado se han realizado de forma correcta.

OBSERVACION. - Es preciso señalar siempre cuidadosamente uno de

los extremos de la banda por una letra por ejemplo y llevar esta señal sobre todas las piezas a fin de evitar los títubeos a la hora del montaje.

### 2.3.3 REPRODUCCION (FABRICACION EN SERIE).

En términos generales se llama "reproducción" a la realización de todos los elementos semejantes a un primer elemento que sirve de plantilla o modelo.

Los especialistas encargados de reproducir los elementos de acuerdo con un modelo se llaman "reproductores".

### 2.3.4 CORTE Y TALADRADO.

Los procedimientos para el corte de los elementos trazados son distintos según se trate de placas, de barras planas o redondas o de barras con diferentes perfiles.

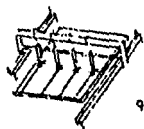
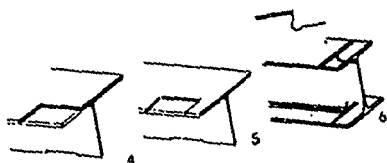
El corte a medida de los perfiles laminados se hace casi siempre con la sierra, 1. Los talleres de construcciones metálicas modernos tienen -- instalaciones de aserrado semiautomáticas o totalmente automáticas. Los cortes oblicuos (respecto al plano vertical, 2, o al plano horizontal, 3) pueden hacerse con ciertas sierras, pero casi siempre se hacen con el soplete. Otros cortes se hacen siempre con el soplete, por ejemplo los cortes en --

los patines, 4 o 5, o en el alma, 6, o las perforaciones, 7. Hay que tener en cuenta que los cortes con el soplete deben efectuarse siempre sin afectar a los redondos de los ángulos, 8. En las barras de perfiles laminados en caliente el taladrado se hace siempre con una barrena o troqueladora. - 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 placa o lámina se corta a la medida con cizallas de guillotina o con soplete. Las máquinas de pórtico para efectuar cortes al soplete, 9, 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 bordes el biselado necesario para la soldadura, 10. Las pequeñas piezas se recortan de la placa, a mano o por procedimientos semi o totalmente automáticos, según plantillas, dibujos o por sistemas electrónicos a base de coordenadas. Las placas 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 taller de montaje o armado.



Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or date, is mostly illegible due to fading and bleed-through.

### 2.3.5 ENSAMBLADO O ARMADO.

En el taller de montaje o armado las piezas terminadas se clasifican -- según las señales especiales que el trazador ha hecho sobre cada elemen-- to con pintura. Los pequeños elementos semejantes se montan en serie -- por lo que el trazador sólo monta los primeros ya que después se limita a vigilar el montaje de los demás. En los talleres modernos, para los ele-- mentos que se construyen en serie, existen dispositivos de ensamblaje -- que reducen el trabajo y a la vez aumentan la exactitud.

El montaje de los grandes elementos del armazón se realiza sobre -- "bancos". Los bancos son grandes planos horizontales constituidos por los cordones superiores de una serie de perfiles dispuestos paralelamente y a unos metros unos de otros. Estos planos horizontales están situados gene-- ralmente a unos cincuenta centímetros sobre el suelo del taller. Los perf<sup>l</sup>les se fijan sólidamente sobre macizos de mampostería de forma que pue-- dan soportar fuertes cargas sin que existan riesgos de desplazamientos -- (figura 2.7).



Fig. 2.7 Banco de montaje.

El trazador dirige el ensamblaje de los grandes elementos con ayuda de dibujos. El montaje se realiza partiendo de los grandes elementos resistentes como el alma, los cordones, los montantes, etc. que, adecuadamente dispuestos sobre cada banco, se unen mediante algunos tornillos; el trazador comprueba entonces que el elemento presenta las dimensiones previstas en el dibujo y que todas las partes constitutivas del mismo se acoplan sin dificultad según las disposiciones previstas en los planos de taller.

Cuando se termina el trabajo, un encargado, comprueba que el remachado puede realizarse sin dificultades, es decir, que todos los agujeros están bien enfrentados; en caso contrario los agujeros se ajustan con ayuda de brocas calibradas que se hacen pasar por ellos. En las construcciones delicadas, no se emplean brocas y los agujeros se rectifican por mandrinado. Realizada esta operación, se disponen en su lugar los tornillos que aseguran la rigidez e indeformabilidad de las piezas.

En fin, el trazador encierra con un círculo blanco los agujeros que deben dejarse abiertos para los montajes a ple de obra.

Los elementos se envían entonces al taller donde se efectúa el remachado.

Generalmente los remaches se colocan con remachadoras cuya descripción se verá en el capítulo III.

Los remachadores colocan los remaches en todos los agujeros que no están encerrados por un círculo blanco. Efectúan un simple trabajo mate-

rial sin que deban tomar la iniciativa en lo que se refiere a la fabricación del armazón. Debe vigilarse el calentamiento de los remaches que, como veremos, presenta gran importancia. El encargado comprueba después la calidad del remachado.

### 2.3.6 MONTAJE PROVISIONAL.

Resulta conveniente hacer en el taller un montaje provisional del conjunto de la construcción o al menos de las partes delicadas del mismo.

Para ello se monta el armazón sobre un banco y se relizan todas las juntas del montaje mediante tornillos. De este modo puede asegurarse la corrección de las juntas y tener la certeza de que el montaje a pie de obra se efectuará sin dificultades. A veces, este montaje permite juzgar el efecto de ciertos motivos decorativos. Pueden retocarse también las partes del armazón o de la decoración que se estimen defectuosas.

Este montaje de conjunto se llama montaje "en el banco" del armazón.

### 2.3.7 PINTURA Y TRASLADO AL LUGAR DE LA OBRA.

Pintura.

Tras desmontar el armazón se pinta. Antes de pintar las piezas se ---



limpian (casi siempre en instalaciones automáticas) con chorros de grana-  
lla (granos pequeños) de acero o con chorros de arena para eliminar las --  
películas de la laminación y las costras de óxidos (herrumbre) y grasas.

La eliminación de impurezas o decapado con cepillos, lijas, martillos --  
y otras herramientas manuales es insuficiente para conseguir una buena --  
protección contra la corrosión y va cayendo en desuso. Sólo se emplea en --  
pequeños trabajos de reparación.

Para obtener una buena protección contra la corrosión del metal es ne-  
cesario aplicarle tres capas de pintura, una en el taller y las otras dos a --  
ple de obra después de terminado el montaje.

La pintura se extiende con pistola automática y con brocha para peque-  
ños trabajos de reparación.

Existen algunas variantes en los procesos de fabricación de estructu--  
ras metálicas, por ejemplo en algunos talleres se acostumbra limpiar y --  
pintar los aceros antes de ejecutar o fabricar las piezas. Esta primer ca-  
pa de pintura debe ser delgada para que permita la soldadura y se llama --  
pintura de taller. Finalmente, después de hechas las piezas se les aplica  
una o dos capas más de pintura de protección contra la corrosión.

Almacenamiento de las piezas terminadas.

Las piezas terminadas se almacenan hasta el momento de ser enviadas  
a su destino. Los grandes almacenes requieren una técnica de almacena-  
miento bien estudiada.

Traslado al lugar de la obra.

Los armazones se pesan y después se envían. Según la urgencia del trabajo, el envío se realiza por caminos, vía férrea o vía marítima cuando el taller está situado en la proximidad de una vía navegable.

Observación referente a la construcción de armazones soldados.

Para los armazones soldados, el proceso de las operaciones prácticas es el mismo que para los armazones remachados.

Se parte de planos de taller y el trazador realiza la misma función: -- trazado y vigilancia.

El trabajo de trazado es evidentemente más sencillo puesto que no deben preverse agujeros de remaches.

El mecanizado de las piezas es el mismo, pero la soldadura reemplaza al remachado. La soldadura se hace a mano o con dispositivos mecánicos que permiten efectuar la junta de soldadura en la posición más favorable. Para construir vigas formadas por alma y patines o vigas de cajón existen trenes de soldadura que trabajan semiautomáticamente y que ejecutan a la vez dos o cuatro costuras. El calor necesario para las soldaduras puede ser causa de deformaciones en las piezas. Luego será preciso enderezarlas. Hay piezas a las que debe darse una cierta curvatura, por ejemplo, las vigas con contraflecha. El enderezamiento de las piezas puede lograrse por medio de prensas rectificadoras o por calentamiento.

A veces pueden aprovecharse para la rectificación ciertos procesos de -  
contracción.

Todos los trabajos de soldadura son vigilados por un encargado.

El montaje provisional se realiza también en bancos. Las piezas se -  
fijan mediante mordazas o algunos tornillos; en el último caso, los aguje  
ros de los tornillos se taponan después de terminado el montaje.

Los armazones soldados se pintan y después se envían en las mismas  
condiciones que los remachados.

#### 2.4 DISPOSICION ESQUEMATICA DE UN TALLER DE CONSTRUCCIONES METALICAS.

En los almacenes sólo se tiene una pequeña cantidad de perfiles utili--  
zables para cualquier construcción; la mayor parte del material almacenad  
o está formada por perfiles laminados por encargo para una obra determin  
ada. El almacén dispone de grúas para trasladar el material, muchas ve-  
ces con electroimanes.

La maquinaria de muchos talleres de construcciones metálicas se ---  
completa con laminadoras, fresadoras, dobladoras de lámina, biseladoras,  
etc.

Son de gran importancia para el buen rendimiento económico de un ta--  
ller de construcciones metálicas los sistemas de transporte de los material

les en el interior del taller. Los modernos talleres tienen, como sistema de transporte por el suelo, pasillos de rodillos y ripadores transversales para las grandes vigas. Las piezas pequeñas se colocan en palettes, que se transportan mediante grúas-puente que muchas veces están provistas de electroimanes para ahorrar el tener que atar las piezas. El traslado de una a otra de las naves del taller se hace mediante vagonetas sobre carriles.

Para concluir hemos pensado que sería útil presentar en forma esquemática un taller racionalmente concebido para la construcción de armazones metálicas (figura 2.8).

Observe las máquinas de izado y manipulación, así como la disposición de las vías férreas destinadas al aprovisionamiento de aceros y a la salida de los armazones terminados.

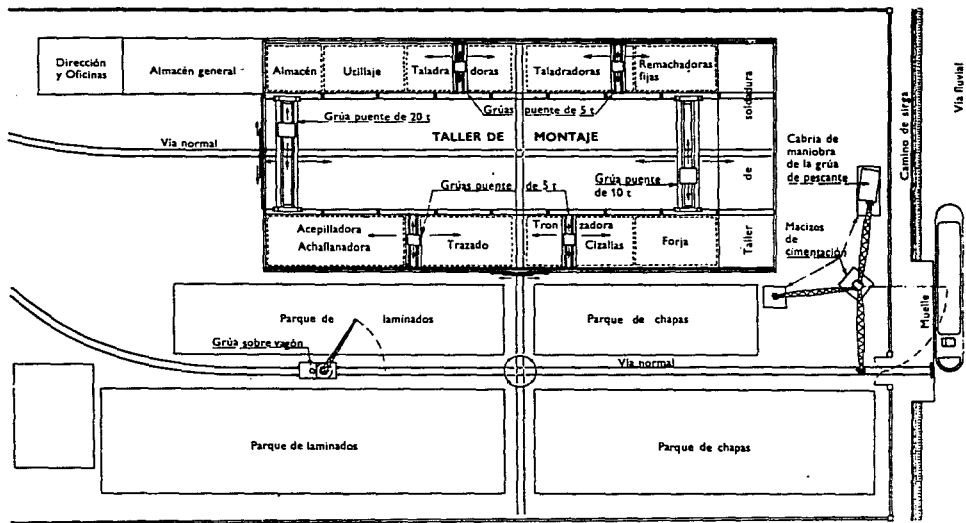


Fig. 2.8 Taller de Construcciones Metálicas.

## 2.5 EJEMPLO DE FABRICACION DE UNA ARMADURA.

El proceso de fabricación de elementos estructurales depende primordialmente del equipo disponible en el taller de fabricación y de la importancia de la obra en la que éstos serán utilizados.

A continuación describiremos las etapas a seguir en la fabricación de armaduras soldadas de una obra de mediana importancia.

### a) Habilitado del material.

Esta etapa consiste en preparar la longitud de cada una de las piezas - que forman parte de la armadura, tales como cuerdas superiores, cuerdas inferiores, montantes, diagonales, clips, etc. Esto se logra cortando o soldando piezas de tal manera que tengan la dimensión especificada en los planos (figuras 2.9, 2.10 y 2.11).

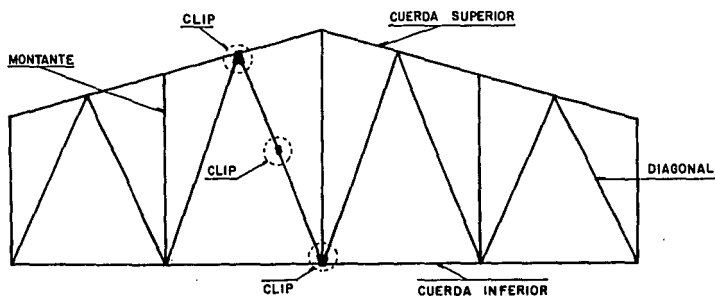


Fig. 2.9 Elementos de una armadura.



Fig. 2.10 Corte por medio de cizallas mecánicas del acero que constituirá la celosía (montantes y diagonales) de la armadura.

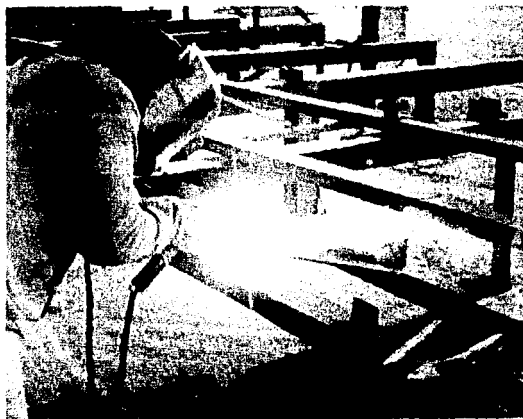


Fig. 2.11 Unión por medio de soldadura de las piezas de acero que formarán la cuerda superior de la armadura.

Para el corte de piezas de mayores dimensiones se utiliza el corte por soplete. Este procedimiento será descrito posteriormente en el capítulo de soldadura.

b) Enderezado del material.

Como el material proveniente de las fundidoras no es perfectamente recto ni uniforme es necesario revisar que las piezas anteriormente habilitadas no presenten torsiones ni curvaturas. Después de revisadas son enderezadas hasta eliminar sus fallas y quedar listas para ser colocadas (figuras 2.12 y 2.13).



Fig. 2.12 Revisión de un montante de la armadura.





Fig. 2.13 Enderezado del montante revisado en la figura anterior.

c) Trazo y dibujo.

Consiste en dibujar sobre una superficie plana y a escala natural la armadura que especifican los planos.

El material que se utiliza para el trazo consiste únicamente de cintas de medir, escuadras metálicas de diferentes medidas, carretes de hilo y jabonsillos o marcadores (figuras 2.14 y 2.15).



Fig. 2.14



Fig. 2.15

LLA DE CRIGEN

d) Armado, punteado y soldado de la primer pieza.

Una vez habilitados y enderezados los elementos constitutivos de la armadura, éstos son colocados precisamente sobre el trazo de la misma y unidos provisionalmente entre si con puntos de soldadura para poder ser trasladados al sitio donde serán definitivamente soldados (figuras 2.16, - 2.17 y 2.18).

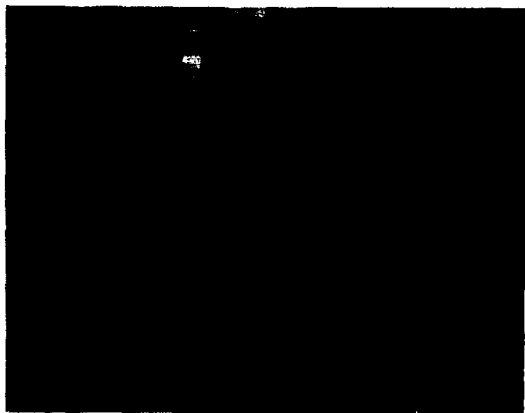


Fig. 2.16 Armado.

FALLA DE ORIGEN



Fig. 2.17 Punt eado



Fig. 2.18 Soldado definitivo.

e) Fabricación de la plantilla y producción en serie.

Se le conoce con el nombre de plantilla a la pieza que es acondicionada de tal forma que con ella es posible fabricar de manera fácil y rápida una gran cantidad de armaduras del mismo tipo (producción en serie).

La producción en serie es muy importante puesto que permitirá reducir los costos de producción al disminuir los tiempos de fabricación.

La obtención de una armadura a través de una plantilla consiste únicamente en colocar sus miembros sobre la plantilla, puntearlos entre sí y posteriormente enviarlos al lugar donde serán definitivamente soldados.

Es sumamente importante que la plantilla cumpla con las especificaciones de los planos con el fin de que las armaduras obtenidas de ella también las cumplan.



**f) Limpieza y pintado.**

Después de que se ha enfriado la soldadura se debe quitar la escoria, puesto que la escoria es quebradiza; se rompe fácilmente con ligeros golpes de martillo.

Una escoria es un preparado consistente en una mezcla de óxidos que flotan en la superficie de un metal fundido. Las escorias sirven para dos propósitos: absorben impurezas existentes en el metal fundido y evitan - que su superficie absorba los distintos gases existentes en la atmósfera:

Finalmente las armaduras se limpian, pintan y almacenan quedando listas para su traslado al lugar de la obra.

## 2.6. PROTECCION CONTRA EL FUEGO.

Los diferentes tipos de construcción generalmente se clasifican de la forma siguiente:

- (a) Construcciones a prueba de fuego: mampostería, concreto reforzado, acero con revestimiento especial a prueba de fuego.
- (b) Construcciones no combustibles: acero sin protección exterior.
- (c) Construcción ordinaria: armazón de madera y otros materiales -- combustibles.

El grado de seguridad de los tipos de construcción mencionados se mide en términos de horas de resistencia al fuego, basándose en procedimientos normalizados de prueba. La construcción de acero se clasifica como incombustible y suministra una seguridad razonable para construcciones en las que haya pocos ocupantes.

Como las construcciones están expuestas durante toda su vida a la influencia del fuego, es necesario que se estudien los efectos de este fenómeno para que las construcciones y los elementos que las componen se diseñen de tal forma que puedan resistir a estos efectos por todo el tiempo que dure el incendio o durante un tiempo determinado.

Los daños que causa el fuego se producen por combustión de los materiales combustibles (carga de fuego) que pueden o no formar parte integrante de la construcción.

Los efectos del fuego son:

(a) Destrucción de materiales combustibles.

Si los elementos sustentantes de la construcción están constituidos por materiales combustibles (por ejemplo, madera) se corre el peligro de derrumbes, propagación del fuego a los locales próximos y caída de materiales en llamas.

(b) Producción de calor.

El calor produce dilataciones que generan desplazamientos o fuerzas de coerción, o ambas cosas a la vez, que perjudican a los elementos sustentantes y que pueden llegar incluso a producir el fallo de los mismos.

La reducción de la resistencia es otro efecto que produce el calor, pues muchos materiales, como los metales y el concreto pierden resistencia a elevadas temperaturas.

(c) Producción de gases y humos.

Los gases de combustión son peligrosos a causa de que impiden la visibilidad (lo cual dificulta la evacuación, el salvamento de los ocupantes y los trabajos de extinción), causan asfixia e intoxicaciones en las personas (por la falta de oxígeno en el aire y por el contenido de gases venenosos en el mismo), y producen la corrosión de elementos de concreto y acero no protegidos.

La mayoría de los reglamentos estipulan que hay que proyectar, ejecutar y conservar los edificios de modo que se prevengan los incendios, se



evite la propagación de los mismos, y en caso de incendio sean posibles -  
manobras eficaces de extinción y salvamento.

(a) Para prevenir la producción de incendios es conveniente disponer -  
adecuadamente todo lo que puede ser causa de ellos (calderas de calefac--  
ción, instalaciones eléctricas, etc.). La intensidad del fuego se reduce ha  
ciendo que sea pequeña la carga de fuego del edificio mediante una limita--  
ción del empleo de materiales combustibles.

(b) Para evitar la propagación de un incendio de un edificio a otro éstos  
deben estar a cierta distancia uno de otro, o bien deben estar separados --  
por paredes (exteriores) cortafuegos.

Mediante subdivisiones, separaciones y especialmente mediante la ---  
compartimentación del edificio en partes separadas unas de otras por barre  
ras contra el fuego es posible dificultar la expansión del fuego dentro de un  
mismo edificio. Existen instalaciones de extinción automáticas que también  
pueden impedir la propagación de los incendios.

(c) Para realizar los trabajos de extinción hay que dejar accesos con su  
ficiente anchura y altura para permitir el paso de los vehículos de bombe--  
ros. Los bomberos deben tener un acceso al foco del incendio por dentro --  
del edificio con el menor peligro posible.

Para el salvamento de las personas es necesario que existan vías de --  
evacuación seguras y libres, hasta donde sea posible, de los gases de la --  
combustión. Para construcciones en las que haya muchos ocupantes se de--

ben instalar alarmas detectoras de humo o fuego y en algunas ocasiones - hasta dispositivos de extinción automáticas.

La mayoría de las medidas de protección sólo necesitan ser eficaces - durante un cierto tiempo, por ejemplo:

- Las vías de evacuación, hasta que todas las personas se han puesto a salvo.
- Las separaciones entre los compartimientos y los principales elementos sustentantes, mientras el fuego arde.
- Los demás elementos sustentantes, durante los trabajos de salvamento y extinción.

No se exigen medidas de protección contra incendios permanentes, --- pues sólo son necesarias durante tiempos limitados. La ampliación excesiva de estos tiempos constituye un derroche desde el punto de vista económico.

Los factores que influyen en la elección y alcance de las medidas de -- protección contra el fuego de las construcciones son muchos, alguna de --- ellas son por ejemplo:

- El número de personas que se encuentran en un edificio. Son necesarias grandes precauciones en lugares de reunión y en almacenes de -- ventas, y no en grandes naves industriales o edificios para estacionamiento.

- La movilidad de los ocupantes del edificio. En hospitales, asilos de ancianos y guarderías infantiles se requieren mayores precauciones que para escuelas y centros deportivos.
- La carga de fuego del edificio. Grandes precauciones en tiendas y viviendas; menores para escuelas y estacionamientos.
- La altura del edificio. Grandes precauciones en los edificios elevados, en particular en aquellos cuyo último piso habitado está a mayor altura que la que alcanzan las escaleras de bomberos; menores en casas de uno o dos pisos.
- El tiempo que tardan en llegar los bomberos. Menos exigencias, por ejemplo, para los edificios industriales que disponen de cuerpo de bomberos propio; mayores exigencias para los edificios muy retirados de la estación de bomberos.

Muchos reglamentos contienen normas más o menos rígidas para la disposición y el dimensionamiento de las construcciones y de sus elementos, teniendo en cuenta la posibilidad de incendio. Estos reglamentos se basan en la experiencia ya que el caso de incendio hasta ahora no parece posible someterlo a cálculo de dimensionamiento. Sin embargo, nuevas investigaciones hacen posible determinar por el cálculo los efectos de un incendio. El incendio se convierte así en un caso de carga susceptible de ser calculo. Los elementos resistentes pueden dimensionarse para este caso con la misma precisión, a partir del peligro de incendio y de la cantidad de calor que

absorben según su disposición constructiva, que para los efectos de la fuerza de gravedad, del viento o de las diferencias de temperatura.

### 2.6.1. VIAS DE EVACUACION.

Para salvar a los ocupantes y proteger a las brigadas de rescate y extinción es necesario que existan vías de evacuación seguras, pues se comprueba que las muertes producidas por los incendios casi nunca son debidas al derrumbamiento de los elementos sustentantes, sino que casi siempre lo son porque las vías de evacuación no son suficientes o quedan obstruidas. Las personas perecen entonces, abrasadas por las llamas o asfixiadas por el humo.

Se deben instalar alarmas detectoras de incendios a fin de que los ocupantes del edificio se enteren rápidamente y pueden ponerse a salvo en el tiempo oportuno.

Las vías de evacuación deben estar señaladas. Las señales deben estar a poca altura pues el humo sube y dificulta primeramente la visión de lo que está a mayor altura.

Los pasillos que sirven para la evacuación de los edificios deben permanecer utilizables durante un tiempo definido y por lo tanto sus paredes deben tener una determinada resistencia al fuego. El paso por ellos debe

mantenerse siempre libre; en especial no debe depositarse allí ningún material combustible. El empleo de materiales combustibles en los pasillos debe ser examinado cuidadosamente en lo referente a la producción de humos y a la propagación del incendio.

Si un pasillo debe atravesar una pared cortafuegos debe ponerse allí una puerta resistente al fuego, de cierre automático, que abra en el sentido del recorrido de evacuación.

Desde todos los puntos de cada piso debe ser accesible una escalera de emergencia situada a una distancia que no exceda de un valor determinado.

Es de gran importancia la evacuación de humos. Los cubos de escalera deberían tener en el piso superior aberturas para la salida de humos, que de ser posible se abrieran automáticamente en presencia de ellos.

Es totalmente necesario que haya salidas de emergencia que desemboken al exterior, en número y magnitud suficientes, y que se puedan abrir con seguridad en caso de peligro.

## 2.6.2. COMPARTIMENTACION

Los compartimentos o sectores de incendio, para evitar la propaga--

ción del fuego se separan mediante paredes y techos cortafuegos. Pueden agruparse varias plantas para formar un solo sector.

Las puertas en las paredes cortafuegos deben cerrarse automáticamente en caso de incendio, y proporcionar la debida protección.

Un camino que puede seguir el fuego para propagarse de un piso a otro, es pasando por delante de las paredes exteriores. Cuando se han destruido los vidrios de las ventanas las llamas pueden salir por ellas y pasar al piso superior. Este peligro puede evitarse haciendo que el camino que tiene que recorrer el fuego tenga una cierta longitud.

Los cubos de escalera, los cubos de elevador y los recintos para canalizaciones verticales constituyen generalmente sectores de incendio, -- pues el peligro de expansión del fuego por los recintos verticales, principalmente por los que contienen instalaciones, es muy grande. El paso de canalizaciones a través de los cerramientos cortafuegos entre los distintos sectores de incendio requiere mucha atención. Los conductos de aire de las instalaciones de ventilación y acondicionamiento deben tener válvulas de cierre automático en caso de incendio. Los conductos de extracción de aire, que a la vez sirven para aspirar el humo, deben impedir la circulación de éste y resistir al fuego. También hay que evitar que ardan los cables y propaguen el fuego a los sectores adyacentes.

### 2.6.3. INSTALACIONES DE EXTINCIÓN.

Con las instalaciones automáticas de extinción se impide que se produzcan grandes incendios. Estos sistemas de protección permiten muchas veces aligerar las exigencias impuestas a los edificios para protección contra el fuego. Tales como permitir que los sectores de aislamiento del fuego sean mayores y reducir las condiciones de resistencia al fuego de los elementos de la construcción. El aumento de tamaño de los sectores de incendio puede ser importante en los edificios de pisos dedicados a almacenes de ventas, locales de reunión y grandes oficinas.

El sistema fijo de extinción más común y eficaz es el de rociadores automáticos llamados sprinklers. Este sistema casi siempre actúa en combinación con aparatos de aviso y alarma que se accionan al circular el agua por las tuberías del sistema y que se conectan usualmente al servicio de bomberos. Como estas instalaciones entran en acción a temperaturas relativamente bajas (en general  $70^{\circ}\text{C}$ ), anuncian y combaten el fuego en sus inicios. El sprinkler reacciona en un tiempo entre 3 y 7 minutos después de iniciado el fuego. Como sólo se abren las boquillas que hay encima del foco del incendio, los daños causados por el agua quedan limitados. Un sprinkler vigila una superficie de alrededor de  $12\text{ m}^2$  y según datos estadísticos, en un incendio se disparan generalmente a lo más 5 boquillas. El costo de una instalación de sprinklers no es elevado y puede compensarse con rebajas en el seguro contra incendios.

Una instalación de sprinklers está compuesta por el sistema de boquillas rociadoras (que reaccionan automáticamente cuando la temperatura aumenta), la red de tuberías, el avisador o aparato de aviso y la instalación de abastecimiento de agua.

#### 2.6.4. PROTECCION CONTRA EL FUEGO DE LOS ELEMENTOS DE ACERO.

El acero es un material incombustible (no combustible), pero sus propiedades mecánicas, tales como el límite de fluencia, la resistencia a la tensión y el módulo de elasticidad disminuyen con el aumento de la temperatura. Los elementos de acero de un edificio continúan resistiendo mientras no han alcanzado su temperatura crítica; ésta está, según las condiciones estáticas, entre los 500 y los 750° C. Si se espera que en caso de incendio se produzcan temperaturas mayores, serán necesarias medidas de protección contra el fuego.

El tiempo de resistencia al fuego puede alargarse cuando parte del calor transmitido al perfil de acero es a su vez transmitido a otros elementos de la construcción. Así por ejemplo, una columna de acero de sección hueca rellena con concreto tiene mayor resistencia al fuego que si no está rellena, aunque el concreto no se haya incluido en el cálculo del esfuerzo sustentante, pues una parte del calor es absorbida por el concreto.



El comportamiento de los aceros frente al fuego es muy similar al del los aceros bajo condiciones normales, pues alcanzan el límite de fluencia mucho antes del colapso por lo que admiten grandes deformaciones antes de fallar. La diferencia radica en que las tensiones a las que se agota la fuerza resistente son menores por causa del calentamiento. Por lo tanto en los edificios con estructura metálica no es de esperarse un derrumbamiento repentino en caso de incendio. Previamente se producen grandes deformaciones claramente apreciables .

Después de enfriarse las piezas de acero recuperan su resistencia primitiva. Las construcciones deformadas vuelven a ser resistentes. Esto es importante para los trabajos de desescombro. Las piezas de acero que han quedado rectas pueden volver a utilizarse sin preocupaciones. Las que se han curvado pueden sustituirse fácilmente. Los daños causados por el fuego en las construcciones metálicas son fáciles de reconocer y son de reparación rápida.

Cuando los elementos de acero sin protección no tengan el grado de resistencia al fuego exigido, será entonces necesario adoptar medidas de protección adecuadas. Mediante ellas puede lograrse que los perfiles de acero alcancen el grado de resistencia al fuego requerido.

Como medidas de protección se tienen los revestimientos, los recubrimientos, los productos intumescentes, los rellenos de agua y las envolventes y pantallas.

### Revestimientos.

Los revestimientos son protecciones hechas con materiales que se adhieren al elemento metálico y que siguen todo su perfil; su grueso depende del material y del grado de resistencia al fuego que se desea alcanzar.

El sistema más frecuentemente empleado consiste en un revestimiento aplicado por proyección, con mortero de cemento y vermiculita o amianto, en varias capas, que se ejecuta en obra después de efectuado el montaje de la estructura. En algunos casos puede ser necesario el armado con tela metálica de estos revestimientos; por ejemplo en los perfiles de alma muy alta. La mayoría de los revestimientos por proyección deben aplicarse, para mayor adherencia, sobre la superficie de acero sin pintar, pero con la película de laminación y la capa de óxido eliminadas. Los revestimientos sirven a la vez para proteger a la estructura contra la corrosión.

Los revestimientos pueden hacerse también con otros materiales como concreto, yeso, rociaduras de asbesto y pinturas especiales.

### Recubrimientos.

Son generalmente en forma de cajón. Pueden efectuarse en obra o estar constituidos por elementos prefabricados. Las piezas de acero deben llevar previamente una protección contra la corrosión. Se emplean para el recubrimiento aplicaciones a base de vermiculita, perlita, amianto o mez

cia de estos materiales, o de morteros de cal, cemento o yeso, sobre soporte de metal desplegado o tela metálica, generalmente en varias capas.

En la construcción prefabricada se emplean placas de vermiculita, perlita o amianto, de yeso, cartón-yeso o fibrocemento, o piezas moldeadas de yeso, fibrocemento o concreto. Las placas se fijan a las piezas metálicas mediante adhesivos, clavos o tornillos.

#### Productos intumescentes.

Los productos intumescentes se emplean en forma de pintura o en láminas. En estado de uso no se distinguen y sólo adquieren el grueso protector por el efecto del calor producido por el incendio. Estos productos son todavía, actualmente, sensibles a la humedad y por lo tanto sólo deben emplearse en el interior de los edificios. Antes de aplicarlos es necesario proteger los elementos de acero contra la corrosión mediante dos capas de pintura.

#### Relleno de agua.

El relleno de agua de los perfiles de acero huecos en el sistema de protección más eficaz que se puede imaginar, porque con ello los perfiles continúan en acción sea la que fuere la duración del incendio. El agua circula en un sistema en el que después de calentada se refrigera,

o se sustituye por agua fría. Hasta ahora este procedimiento sólo se ha empleado para columnas.

#### Envolventes y pantallas.

Este procedimiento consiste en incluir los perfiles de acero, sin ninguna otra clase de protección, en espacios huecos en los cuales las superficies límites, junto con los perfiles resistentes, constituyan sistemas protegidos contra el fuego. Se aprovecha frecuentemente esta posibilidad en paredes y techos. Es casi siempre el sistema más económico de protección contra el fuego, pues los elementos que encierran a los perfiles de acero de todas formas serían necesarios, y sólo con un pequeño aumento de costo puede lograrse que todo el sistema adquiera la necesaria resistencia al fuego.

El número de horas de protección al fuego que se requieren para las diferentes partes de la estructura, tales como pisos, trabes, vigas, columnas, divisiones, etc., es establecido por las especificaciones y debe ser considerado en los diseños de los Ingenieros.

Finalmente, es importante observar que la protección de la estructura sustentante no es más que una pequeña parte del conjunto de medidas de precaución contra el fuego que deben adoptarse en los edificios. En esto no se diferencian los edificios con estructura de acero de los que tienen la estructura de otros materiales. La protección inmediata de los elemen

tos de acero, siempre que de esta protección no se encarguen otros elementos de la construcción, absorbe sólo un ínfimo tanto por ciento del costo total del edificio.

## 2.7. PROTECCION CONTRA LA CORROSION.

El ataque de las piezas de acero por la corrosión depende principalmente de la humedad y de la cantidad de sustancias agresivas que existan en el aire. El proceso de formación del óxido se produce cuando el oxígeno del aire entra en reacción con el hierro de la superficie de las piezas de acero. Cuando la humedad del aire es baja como en climas secos, subtropicales y en el interior de los edificios en climas templados, este proceso no es tan intenso y por lo tanto no son necesarias medidas de protección especiales; pero cuando la humedad del aire es alta el ataque de oxígeno es grande y por lo tanto se necesitan medidas de protección pasivas y activas. La protección pasiva debe hacerse mediante un recubrimiento uniforme que impida que el oxígeno llegue hasta el hierro, pues el más pequeño poro o la más estrecha fisura permiten que el oxígeno penetre hasta el hierro y empiece la formación de óxido, que progresa rápidamente pues el óxido tiene más volumen que el hierro y hace desprender el recubrimiento. Por lo tanto esta sola protección no es suficiente. El recubrimiento activo para la protección contra la corrosión contiene metales que también son

atacados por el oxígeno, pero en forma mucho más lenta que el hierro. Estos metales son por ejemplo el plomo del minio o el cinc del cromato de cinc (recubrimientos pasivadores), o bien cinc o cadmio en revestimientos metálicos. Sin embargo, la oxidación podría llevar a un rápido agotamiento del metal del recubrimiento y hacer a éste rápidamente ineficaz. Por lo tanto, una protección contra la corrosión eficaz y duradera debe consistir en una capa de fondo activa y una capa de cubrición protectora. La capa de fondo está constituida por pinturas con pigmentos pasivadores metálicos o con contenido metálico o por recubrimientos metálicos. La capa de cubrición puede estar formada por una pintura de acabado o por un revestimiento utilizable únicamente en medios secos.

Como protección pasiva también ha de considerarse el recubrimiento del acero con una capa de concreto, aunque en esto intervienen también reacciones químicas.

El riesgo de la corrosión puede también disminuirse con adecuadas disposiciones constructivas, como por ejemplo, haciendo que los elementos de acero expuestos a la intemperie constituyan formas lo más lisas posible, pues las accidentadas favorecen la depositación del polvo y suciedad, que con su elevado contenido de humedad constituyen puntos de ataque para la corrosión. Otra disposición constructiva que también sirve para combatir el peligro de la corrosión consiste en colocar las piezas de acero que están al aire libre o que están en locales húmedos, de-

tal forma que sean accesibles para la aplicación de las pinturas y para su posterior conservación.

### 2.7.1. PREPARACION DE LAS SUPERFICIES A PROTEGER.

Para que las pinturas de fondo queden permanentemente adheridas al acero y lo resguarden eficazmente es necesario limpiar previamente las superficies de toda clase de impurezas. La limpieza comunmente se hace utilizando chorros de arena metálica o mineral que se proyectan por aire comprimido o por configuración contra la superficies de las piezas de acero a preparar. En los talleres de construcciones metálicas modernas esta labor se ejecuta generalmente antes de hacer los trabajos, raras veces después. Es importante elegir adecuadamente el material del chorro, pues si las rugosidades que produce éste son muy profundas, se corre el riesgo de que la capa de pintura que después se aplique no cubra los puntos más sobresalientes. La limpieza a mano con lijas, cepillos, martillos y otras herramientas manuales es insuficiente para conseguir una buena protección contra la corrosión y va cayendo en desuso. Únicamente se emplean en pequeños trabajos de reparación.

### 2.7.2. PINTURAS DE FONDO Y RECUBRIMIENTOS METALICOS.

### Pinturas de fondo.

Se aplican casi siempre por proyección al vacío, las más empleadas son las de cromato de cinc y las de minfo de plomo, aunque estas últimas cada vez se emplean menos pues por causa de lo venenoso que es el plomo, requieren medidas especiales en su aplicación.

Las pinturas de fondo deben tener un grueso de 80  $\mu\text{m}$ . y aplicarse en una o dos capas cuando se emplean en el exterior. Cuando se emplean en interiores con humedad normal es suficiente un grueso de 40  $\mu\text{m}$ .

Si las piezas de acero se tratan al chorro de arena antes de la fabricación, se deben proteger inmediatamente con una capa ligera de pintura de 10 a 15  $\mu\text{m}$  de espesor, que permite la soldadura y que si no se deteriora se toma en cuenta en el espesor total de la capa de pintura.

Los tornillos, que generalmente se suministran sin protección anticorrosiva, se deben pintar o recubrir metálicamente en los climas agresivos.

### Recubrimientos metálicos.

El cinc es el metal que más frecuentemente se emplea y se usa en los siguientes procedimientos.

(a) Galvanizado por inmersión. Puede emplearse incluso para piezas largas pues los baños de inmersión tienen hasta 20 m. de largo. Es un --



### Pinturas de fondo.

Se aplican casi siempre por proyección al vacío, las más empleadas son las de cromato de cinc y las de minio de plomo, aunque estas últimas cada vez se emplean menos pues por causa de lo venenoso que es el plomo, requieren medidas especiales en su aplicación.

Las pinturas de fondo deben tener un grueso de 80  $\mu\text{m}$ . y aplicarse en una o dos capas cuando se emplean en el exterior. Cuando se emplean en interiores con humedad normal es suficiente un grueso de 40  $\mu\text{m}$ .

Si las piezas de acero se tratan al chorro de arena antes de la fabricación, se deben proteger inmediatamente con una capa ligera de pintura de 10 a 15  $\mu\text{m}$  de espesor, que permite la soldadura y que si no se deteriora se toma en cuenta en el espesor total de la capa de pintura.

Los tornillos, que generalmente se suministran sin protección anticorrosiva, se deben pintar o recubrir metálicamente en los climas agresivos.

### Recubrimientos metálicos.

El cinc es el metal que más frecuentemente se emplea y se usa en los siguientes procedimientos.

(a) Galvanizado por inmersión. Puede emplearse incluso para piezas largas pues los baños de inmersión tienen hasta 20 m de largo. Es un --

sistema de protección muy eficaz, sobre todo para las partes metálicas - difícilmente accesibles del exterior de los edificios. - El galvanizado por inmersión por sí solo, sin recubrimiento protector, puede constituir en el exterior una medida suficiente contra la corrosión. El grueso de las capas es en general de 80 a 100  $\mu\text{m}$ .

(b) Galvanizado por proyección. - Puede efectuarse en el taller o en obra, sobre estructuras metálicas terminadas de cualquier tamaño. El grueso del revestimiento es de 80 a 150  $\mu\text{m}$ . Es indispensable que antes del galvanizado se sometan las piezas de acero a un tratamiento que deje rugosas sus superficies, y que después se les aplique una pintura que tape los poros.

### 2.7.3. PINTURAS DE CUBRICION.

#### Pinturas de cubrición.

Estas pinturas además de dar los colores deseados a los elementos de acero, los protegen al impedir que las sustancias agresivas ataquen a las capas de pintura de fondo. Sin embargo, para que esta protección sea efectiva es muy importante que las capas de fondo y cubrición se toleren químicamente. Se aplican en una o dos capas con gruesos de 30 a 50  $\mu\text{m}$ . cada una, casi siempre sobre la obra terminada. La pintura de las piezas que van al exterior sólo puede efectuarse en tiempo seco y con tem--

peraturas entre 5 y 50° C. Debe también aplicarse la capa de cubrición - en el taller a los elementos que después ya no serán accesibles.

Los gruesos totales de la pintura, incluidas las capas de fondo y cubrición deben ser:

- En elementos de acero a la vista, en interiores de humedad normal - - - - - 130  $\mu\text{m}$ .
- En zonas industriales y en grandes ciudades - - - - - 160  $\mu\text{m}$ .
- En atmósferas marítimas - - - - - 200  $\mu\text{m}$ .
- En atmósferas agresivas - - - - - 220  $\mu\text{m}$ .

Son suficientes protecciones anticorrosivas más sencillas para elementos de acero interiores que están protegidos contra el acceso del aire húmedo por otros elementos constructivos. Por ejemplo, para una pieza de acero colocada entre las dos hojas de una pared doble, basta un grueso de pintura de fondo de 40  $\mu\text{m}$ ., sin pintura de cubrición.

Los revestimientos de protección contra el fuego aplicados por proyección de cemento o por inmersión de los elementos de acero en el concreto sirven a la vez como protección contra la corrosión.

En locales húmedos o agresivos, como por ejemplo en las industrias siderúrgicas y químicas o en las estructuras de acero se deben proteger como las piezas situadas en el exterior en las condiciones climáticas correspondientes.

Un fabricante norteamericano descubrió en 1933, una composición ---

química para un acero de alta resistencia y baja aleación que lo hace resistente a la corrosión. Este tipo especial de acero forma al oxidarse una película delgada de color rojizo oscuro que detiene cualquier oxidación subsiguiente.

Una vez que el acero especial sin pintar (resistente a la corrosión) fué aceptado como material arquitectónico (ver figura 2.20), no transcurrió mucho tiempo sin que tuviera su aplicación dentro del campo de los puentes, pues el costo de mantenimiento de éstos se puede reducir, ya que una vez que se forma en el acero la mencionada película oxidada, no se requiere mantenimiento posterior.



Fig. 2.20 Edificio que muestra el uso del acero sin pintar (Chicago, Il., E.U.A.).

#### 2.7.4. CONSERVACION Y COSTO.

Según estudios realizados, una buena protección anticorrosiva tiene, en condiciones climáticas medias, una duración de 10 a 15 años; ésta -- duración puede ser mayor si las condiciones climáticas son buenas, con aire seco y puro, o menor si las condiciones climáticas son agresivas, -- como en las zonas industriales y en la proximidad del mar. Pero des---pués de este tiempo no es siempre necesario renovar toda la protección anticorrosiva, sino sólo la capa de cubrición. Esta necesidad de pintar-- la estructura metálica en ciertos intervalos de tiempo, lo que obviamen-- te se considera como un gasto de conservación, mejora el aspecto exte-- rior de los edificios.

Para conservar en buen estado la pintura de las construcciones metá-- licas es aconsejable revisarlas anualmente y reparar inmediatamente -- los pequeños deterioros encontrados. Con estas medidas se reducen --- enormemente los gastos que se producirán si se esperarse a la comple-- ta destrucción de las pinturas viejas; pues luego se tendrfa que eliminar el óxido y renovar completamente la protección anticorrosiva.

La conservación de las pinturas anticorrosivas de los elementos me-- tállicos situados en el interior de los edificios es en general inecesaria, y por lo tanto no se presentan gastos de conservación.

El costo de la protección anticorrosiva de un edificio con estructura-

metálica de tipo medio es muy pequeño, pues varía aproximadamente del 0.1 al 1.2 % del costo total del edificio. En esto se ha considerado que la mayoría de los elementos de acero están en el interior, por lo que sólo se les aplica una capa de pintura, y que además -- hay muchos elementos que quedan sin pintar, ya que llevan un re--- vestimiento de protección contra el fuego que hace innecesaria la -- pintura anticorrosiva.

## CAPITULO III

### REMACHES, TORNILLOS Y PERNOS

#### 3.1. INTRODUCCION

Existen cuatro tipos de enlaces fundamentales en las construcciones metálicas: las conexiones remachadas, las conexiones atornilladas, las conexiones por pernos y las conexiones por soldadura. Todas ellas sirven para unir los elementos de una misma pieza o las diferentes piezas de una construcción.

Las consideraciones que influyen en la elección de tipo de unión son: resistencia requerida de la unión, limitaciones de espacio en ésta, disponibilidad de personal calificado para fabricar y montar la estructura, condiciones de servicio, y finalmente costo total de la instalación.

Por las posibilidades que hay para deshacer los sistemas de unión se distinguen las uniones que pueden deshacerse sin destrucción, y las uniones que sólo pueden deshacerse destruyendo los medios de unión; y por la forma de ejecutarlas, en uniones colocadas en frío (tornillos y pernos) y en uniones colocadas en caliente (remaches y soldadura).

#### 3.2 REMACHES

Los remaches son vástagos redondos de acero dúctil, provistos de una cabeza especial en uno de sus extremos, que se colocan en los orificios de las piezas que unen.

Las piezas unidas con remaches no pueden desunirse sin destruirlos.

El acero de los remaches debe ser siempre de un tipo más dulce que el del acero que constituye los elementos unidos, porque las condiciones de colocación endurecen el metal del remache. La elección del acero de los remaches depende de la importancia de la obra, de los esfuerzos actuantes en sus elementos y del costo de instalación de los mismos.

### 3.2.1 TIPOS DE REMACHES.

En México se fabrican varios tipos de remaches: los remaches de cabeza redonda, los remaches de cabeza cónica y los remaches de cabeza avellanada o embutida (figura 3.1).

Los remaches usados en conexiones de acero estructural son generalmente del tipo de cabeza redonda; sin embargo, en ocasiones los requisitos de holgura y la necesidad de tener una superficie lisa hacen necesario el uso de remaches de cabeza embutida o avellanada. Los remaches avellanados ceden con valores menores de carga y requieren la remoción de mayor cantidad de material conectado de la que se requiere para la instalación del tipo de cabeza redonda.



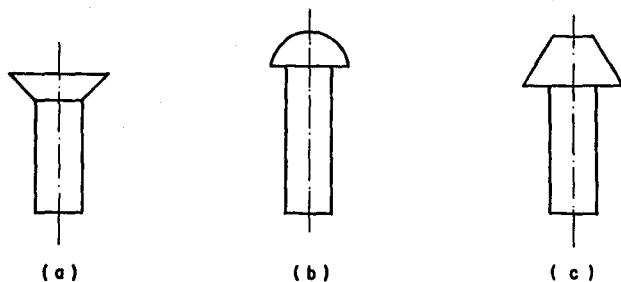
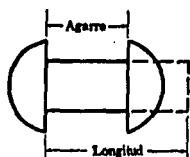


Fig. 3.1 Diferentes tipos de remaches: (a) remache de cabeza redonda, (b) remache de cabeza cónica, y (c) - remache de cabeza embutida o avellanada.

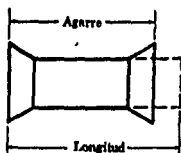
Cualquiera que sea la forma de la cabeza del remache, la segunda cabeza formada por aplastamiento del extremo del vástago puede ser redonda o avellanada (figura 3.2).

### 3.2.2. PRINCIPIO DE LA JUNTA.

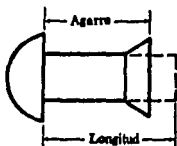
El remachado es esencialmente un proceso de forja, que se ha desarrollado partiendo de un proceso de martillado a mano hasta llegar al método actual de colocación a máquina.



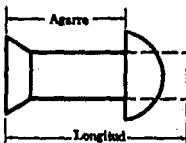
Remache con cabeza redonda con cabeza remachada redonda



Remache avellanado con cabeza remachada avellanada



Remache de cabeza redonda con cabeza remachada avellanada



Remache avellanado con cabeza remachada redonda

Fig. 3.2.

Los remaches pueden colocarse en caliente o en frío, ya sea en el taller o en el campo.

Los remaches usados en trabajos de acero estructural normalmente se colocan en caliente. Debe tenerse cuidado en el calentamiento de los remaches para que éstos se calienten uniformemente en toda su longitud y no se sobrecalienten y se quemen. La cabeza manufacturada; o sea la ya existente en el remache se coloca contra una barra que tiene la misma

forma de la cabeza llamada buterola y que mantiene el remache caliente firmemente en su lugar, mientras que la herramienta de remachar golpea el remache y forma la cabeza en el otro extremo.

Como el remache caliente está en estado plástico, cuando se coloca usualmente se expande bajo la presión del martillo y llena totalmente el agujero; después, al enfriarse, tiende a encogerse, tanto longitudinal como diametralmente. La tendencia del remache a encogerse en longitud es cortada en gran parte por las placas; de esta manera se produce tensión en el vástago del remache y compresión entre las placas. Esta acción de compresión se denomina acción de apriete y origina una resistencia por fricción contra el deslizamiento de las placas. La disminución en el diámetro del remache se debe en parte al encogimiento a medida que se enfría y en parte al efecto de Poisson del material en tensión longitudinal. De este modo, los remaches colocados en caliente pueden quedar de un tamaño menor que el del agujero, aunque en muchos casos el encogimiento es imperceptible (figura 3.3).

Los remaches colocados en frío se instalan a temperatura ambiente y requieren de grandes presiones para formar la cabeza y completar el proceso. El proceso de hincado en frío puede aplicarse de manera más conveniente a remaches de tamaños pequeños, entre  $1/8$  y  $7/8$  de pulgada de diámetro. Aunque el hincado en frío aumenta la resistencia del remache y elimina la necesidad de calentarlo, el proceso se ve limitado por -

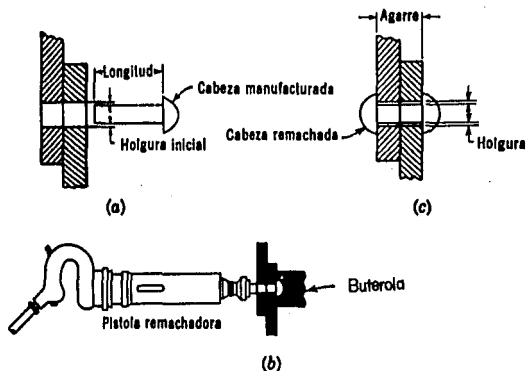


Fig. 3.3 Pasos esenciales del remachado

el equipo necesario y la inconveniencia de usarlo en el campo.

### 3.2.3. FUNCIONAMIENTO DE LOS REMACHES

Cuando un remache está bien colocado ajusta fuertemente las placas - que une e impide que éstas se deslicen una sobre otra como consecuencia de la fuerza de fricción que se genera por el ajuste; a esta actuación de -

los remaches se le conoce como presión de las cabezas sobre los elementos unidos. Sin embargo, los vástagos de los remaches también se oponen al deslizamiento de los elementos unidos. Experimentos realizados por -- investigadores permiten deducir, por una parte, que las juntas sometidas a esfuerzos débiles resisten únicamente por la fricción que provoca la presión de las cabezas; y por otra parte, que las juntas sometidas a esfuerzos importantes resisten prácticamente por la resistencia al corte de los vástagos puesto que la fricción queda vencida muy rápidamente. Aunque la fricción no es despreciable, no se toma en cuenta en los cálculos que sólo consideran el corte de los vástagos.

Si bien el ajuste no desempeña un papel preponderante en la resistencia de la junta, es muy útil para evitar la oxidación de las piezas, puesto que éstas se oxidan menos entre más apretadas estén unas con otras. Por esta razón y aunque esto disminuye senciblemente la fricción entre las piezas, éstas deben recibir una capa de pintura sobre sus caras de contacto.

### 3.2.4. DIAMETROS DE LOS REMACHES UTILIZADOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS.

Los diámetros nominales de remaches para propósitos estructurales varían regularmente de  $1/8$  a  $1\ 1/2$  pulgadas, con incrementos de  $1/8$  de pulgada. Los tamaños que se usan más frecuentemente en estructuras son

de 3/4 de pulgada para edificios y 7/8 de pulgada para puentes. Se usan tamaños mayores en conexiones especialmente pesadas.

Las dimensiones y capacidades de carga de remaches que se producen en México se muestran en las figuras 3.4 y 3.5 respectivamente.




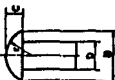

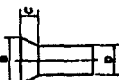
CABEZA REDONDA				CABEZA CONICA				CABEZA EMBUTIDA										
																		
D (Diam.)		C		r (Radio)		A		B		C		S		C				
Polg.	mm	Polg.	mm	Décimas de Polg.	mm	Polg.	mm	Polg.	mm	Polg.	mm	Polg.	mm	Polg.	mm			
1/8	3.2	17/64	6.7	0.075	1.9	5/32	4.0	1/8	3.2	—	—	—	—	17/64	6.7	1/8	3.2	
3/16	4.8	23/64	9.1	0.113	2.9	13/64	5.2	3/16	4.8	—	—	—	—	23/64	9.1	5/32	4.0	
1/4	6.3	15/32	11.9	0.130	3.8	1/4	6.4	1/4	6.4	7/16	11.1	7/32	5.6	15/32	11.9	3/16	4.8	
5/16	7.9	35/64	13.9	0.188	4.8	19/64	7.5	5/16	7.9	35/64	13.9	9/32	7.1	35/64	13.9	13/64	5.1	
3/8	9.5	21/32	16.6	0.225	6.7	11/32	8.7	3/8	9.5	21/32	16.7	21/64	8.3	21/32	16.6	7/32	5.6	
1/2	12.7	27/32	21.4	0.300	7.6	7/16	11.1	1/2	12.7	7/8	22.2	7/16	11.1	27/32	21.4	9/32	7.1	
5/8	15.9	11/32	26.2	0.375	9.5	17/32	13.5	5/8	15.9	1	3/32	27.8	17/32	13.5	11/32	26.2	11/32	8.7
3/4	19.0	17/32	30.9	0.450	11.4	5/8	15.8	3/4	19.1	1	5/16	33.3	21/32	16.7	17/32	30.9	3/8	9.5
7/8	22.2	13/8	34.9	0.525	13.3	23/32	18.3	7/8	22.2	1 1/7	32	38.9	3/4	19.1	13/8	34.9	7/16	11.1
1	25.4	19/16	39.7	0.600	15.2	13/16	20.6	1	25.4	1 3/4	44.4	7/8	22.2	19/16	39.7	1/2	12.7	

Fig. 3.4 Dimensiones.

## CAPACIDAD DE CARGA

## RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y APLASTAMIENTO EN KGS.

Esfuerzos de diseño:

Corte = 1050 Kg/cm<sup>2</sup>Aplastamiento = 2810 Kg/cm<sup>2</sup>

DIAM. DEL REMACHE			12.7 mm (1/2")	15.9 mm (5/8")	19.0 mm (3/4")	22.2 mm (7/8")	25.4 mm (1")
Aves (mm)			1287	1979	2858	3879	5067
Corte simple (Kg./Rem.)			1338	2078	2993	4073	5328
Corte doble (Kg./Rem.)			2668	4156	5986	8166	10648
ESPAESOR DE PLACA			Aplastamiento (por remache)	Aplastamiento (por remache)	Aplastamiento (por remache)	Aplastamiento (por remache)	Aplastamiento (por remache)
mm	Pulgadas						
3.18	.125	1/8	1135	1421	1698	1984	
3.56	.140		1270	1591	1901	2221	
4.06	.160		1449	1814	2168	2533	
4.57	.180		1631	2042	2440	2851	
4.76	.1875	3/16	1699	2127	2541	2969	
5.08	.200		1813	2270	2712	3169	3626
5.39	.220		1995	2498	2985	3487	3990
6.10	.240		2177	2725	3257	3805	4354
6.35	.250	1/4	2266	2837	3390	3961	4532
6.60	.260		2355	2949	3524	4117	4711
7.11	.280		2537	3177	3796	4435	5075
7.62	.300		2719	3405	4068	4754	5439
7.94	.3125	5/16		3548	4239	4953	5667
8.13	.320			3632	4341	5072	5803
8.64	.340			3860	4613	5390	6167
9.14	.360			4084	4880	5702	6524
9.53	.375	3/8		4258	5088	5945	6802
9.65	.380				5152	6020	6888
10.16	.400				5424	6338	7252
10.67	.420				5697	6656	7616
11.11	.4375	7/16			5932	6930	7930
11.18	.440					6974	7980
11.68	.460					7286	8336
12.19	.480					7604	8700
12.70	.500	1/2				7923	9064
13.21	.520						9429
13.72	.540						9793
14.22	.560						10121
14.29	.5625	9/16					10199
14.73	.580						10513
15.24	.600						10877

Fig. 3.5.

### 3.2.5. DETERMINACION DE LA LONGITUD DEL VASTAGO DEL REMACHE.

La longitud del vástago del remache debe ser aquella que permita llenar por completo el orificio realizado en los miembros que deben unirse - cuyo diámetro es generalmente superior en un milímetro al del vástago y hacer correctamente la segunda cabeza.

La experiencia ha permitido establecer las siguientes reglas:

Si se designa por:

L, la longitud total del vástago del remache;

d, su diámetro;

E, el espesor total de los elementos que deben empalmarse;

la longitud del vástago viene determinada por las fórmulas siguientes que difieren un poco si el remachado se realiza a mano o a máquina y si los agujeros están punzonados o taladrados.

A) Remaches de cabeza redonda.

Agujeros punzonados

$$\text{Remachado a mano} \quad L = E + (1.5 d + \frac{E}{15})$$

$$\text{Remachado a máquina} \quad L = E + (1.5 d + \frac{E}{10})$$

Agujeros taladrados

$$\text{Remachado a mano} \quad L = E + (1.5 d + \frac{E}{20})$$



Remachado a máquina  $L = E \left( 1.5 d + \frac{E}{12} \right)$

B) Remaches de cabeza avellanada.

Las fórmulas anteriores son válidas a condición de reemplazar 1.5 d por 0.6 d

Observación. - En la práctica los valores obtenidos con las fórmulas anteriores pueden aumentarse o disminuirse para que las longitudes de los vástagos sean múltiples de 5 mm.

### 3.2.6. EJECUCION DEL REMACHADO.

El remachado puede realizarse a mano, con martillo neumático o con máquina. El remachado a mano, por ser actualmente obsoleto en las estructuras de acero, no se expondrá y sólo se describirán las otras dos formas de remachar.

Remachado con martillo neumático.

Una vez preparadas las piezas que deben unirse, es decir, una vez colocadas de manera que los agujeros del remache estén bien enfrentados, se coloca el remache, calentado al rojo blanco (aproximadamente 1200°C), en el agujero y se le mantiene allí fuertemente mediante la buterola que se apoya sobre la cabeza del remache. Posteriormente el remachador toma con ambas manos el martillo neumático, lo apoya con mucha fuerza -

sobre el remache y lo pone en acción para formar la segunda cabeza del remache.

Para hacer funcionar el martillo, el operario hace presión sobre un gatillo fijado al puño de la herramienta, lo que provoca la admisión de aire comprimido. El martillo funciona mientras se ejerce presión sobre el gatillo.

El martillo neumático da excelentes resultados para los remaches de diámetro pequeño y medio, pero por encima de 3/4 de pulgada es preferible emplear una remachadora, pues se correrá el riesgo de que el vástago no se aplaste perfectamente en el agujero (figura 3.6).



Fig. 3.6 Martillo neumático

Remachado a máquina.

El remachado a máquina es muy rápido y da excelentes resultados ---

por lo que comunmente se emplea en los talleres y obras importantes.

Las remachadoras actúan por presión. El ajuste se obtiene ya sea a mano o bien por la acción del aire, agua o aceite comprimidos.

Las máquinas de manivela sólo se utilizan para los remaches de diámetro pequeño, prácticamente no se emplean en la construcción de estructuras metálicas.

Por el contrario, las herramientas movidas por aire (neumáticas), agua o aceite comprimidos (hidráulicas) se utilizan casi siempre en los talleres para el remachado de grandes espesores. Su gran fuerza de ajuste les permite aplastar el vástago y formar la cabeza del remache casi instantáneamente y al mismo tiempo las piezas que deben unirse quedan fuertemente ajustadas. Estas condiciones especiales son excelentes y permiten obtener remaches que aprietan enérgicamente las piezas, incluso para diámetros grandes.

Las remachadoras pueden ser fijas o portátiles; en este último caso, están generalmente montadas en polipastos suspendidos a soportes que pueden pivotar en torno a su eje.

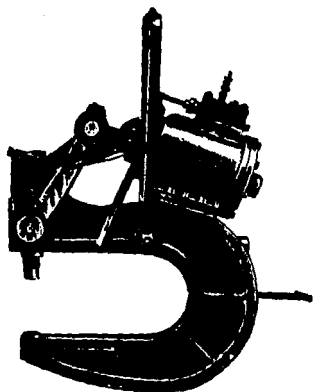


Fig. 3.7. Remachadora neumática fija.

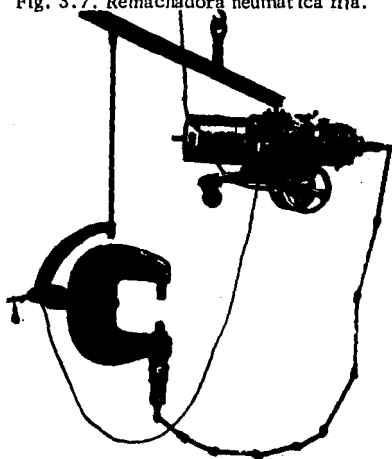


Fig. 3.8. Remachadora portátil óleo-eléctrica montada en polipasto.

### 3.2.7. INSPECCION DEL REMACHADO.

Los remaches de taller y de campo colocados adecuadamente deben llenar por completo el agujero, estar bien ajustados y apretar entre sí, de una manera segura las partes conectadas. Para que exista un buen ajuste es necesario que la cabeza se apoye bien sobre la pieza y que el contacto sea perfecto hasta la periferia de dicha cabeza. Este contacto permite además evitar la oxidación.

Los remaches sueltos o con algún otro defecto pueden localizarse golpeándolos con un martillo ligero y escuchando el sonido o "replique" del metal suelto bajo el golpe. Los remaches defectuosos, sueltos o con cabezas mal formadas, deben quitarse retaladrándolos, y reemplazarse.

La longitud del vástago es sumamente importante para la calidad del remache. Si la longitud del vástago es excesiva se formarán rebabas que será necesario retirar, por el contrario, si el vástago es demasiado corto la cabeza estará incompleta y la superficie de la pieza se marcará con la herramienta de remachar. En la figura 3.9 se muestran diferentes aspectos de remaches mal ejecutados.

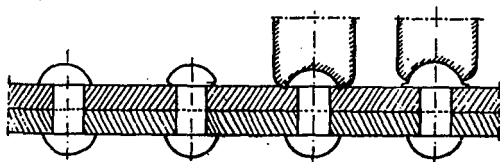


Fig. 3.9. Aspectos de remaches mal ejecutados.

### 3.2.8. CALENTAMIENTO DE LOS REMACHES

Los remaches deben calentarse al rojo blanco (aproximadamente  $1200^{\circ}\text{C}$ ) para facilitar la realización del remachado; sin embargo, es necesario evitar que los remaches alcancen una temperatura mucho más elevada pues esto originaría que se quemen y modifiquen sus propiedades mecánicas tales como resistencia y ductilidad. Los remaches se calientan mediante un horno de carbón o de gas ya sea en el taller o en el campo. En los talleres, pueden también emplearse calentadores eléctricos.

Un remache bien ejecutado debe pasar de  $900^{\circ}\text{C}$  aproximadamente al comienzo de la colocación (temperatura del rojo cereza) y de  $150^{\circ}\text{C}$  aproximadamente al final de la misma. Así, el encogimiento debido al enfriamiento del remache provocará un ajuste muy enérgico de las piezas unidas.

### 3.2.9. DETERMINACION DEL DIAMETRO DE LOS REMACHES.

Pueden presentarse varios casos:

1° La junta se hace mediante ángulos .

En este caso, no hay lugar a dudas pues el diámetro del remache está ya impuesto. En efecto, a cada tipo de ángulo corresponde un diámetro de remache determinado. A continuación se presentan en forma de cuadro los diámetros de los remaches para los ángulos utilizados en construcción metálica:

Características de los ángulos	Anchura del ala del ángulo en mm								
	35	40	45	50	60	70	80	90	100 ó más
Diámetro de los remaches correspondientes, en milímetros	8	10	12	14	16	18	20	22	22 ó 24 según el espesor de los elementos que deban unirse

Fig. 3.10.

2° La junta se realiza mediante un perfil distinto del ángulo.

En este caso, se toma el diámetro del remache correspondiente al ángulo cuyas características geométricas se aproximen más a la parte del perfil sobre la que se realiza la unión. Si la unión se hace sobre el alma de un perfil de gran dimensión, se sigue la regla referente al remachado de láminas o placas que se presenta a continuación.

3° La junta sólo concierne a láminas o placas.

El diámetro del remache es al mismo tiempo función del espesor respectivo de cada una de las láminas o placas unidas y del espesor total de la junta.

En efecto, si el elemento que debe remacharse fuera demasiado débil para los remaches empleados, se tendría un esfuerzo de ajuste demasiado elevado para este elemento; por el contrario, si los remaches fueran demasiado débiles para el espesor de los elementos unidos podría producirse la

ruptura de los mismos.

Si designamos por:

$d$  = diámetro del remache en milímetros,

$E$  = espesor en milímetros de la lámina o de la placa más fuerte, se tiene la siguiente relación:

$$\frac{3E}{2} < d < \frac{5E}{2}$$

### 3.2.10. DISPOSICION DE LOS REMACHES (REGLAS PRACTICAS).

Los remaches se disponen según líneas o filas. En una misma fila, -- los remaches deben colocarse de tal forma que su distancia "l" de eje a eje satisfaga la relación siguiente expresada en función del diámetro "d" del remache:

$$3d < l < 5d$$

excepcionalmente puede admitirse  $l = 7d$  cuando el remache está muy poco fatigado.

Para determinar la separación que debe preverse entre las filas se aplica la misma relación.

Además la distancia "l" del eje de un remache al borde de una pieza debe satisfacer la relación siguiente expresada también en función del diámetro "d" del remache;



$$2d < l' < 2.5d$$

excepcionalmente se admite  $l' = 1.5d$

Observación importante:

El remachado de los ángulos obedece a una regla particular. Las filas de remaches se disponen según una línea paralela al borde del ángulo y situada a una distancia de éste invariable para cada clase de ángulo; esta distancia se llama gramí.

### 3.3 TORNILLOS

Los tornillos son vástagos redondos de metal con una cabeza en un extremo y con una roaca en el otro para recibir una tuerca.

Los tornillos sirven para unir piezas metálicas, lo cual se consigue al introducirlos en orificios previamente realizados en dichas piezas y apretando las tuercas colocadas en sus extremos roscados. Los elementos unidos por tornillos pueden separarse sin destruirlos.

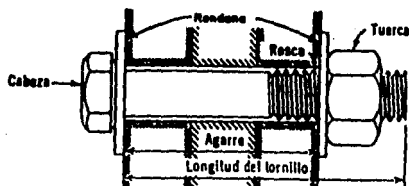


Fig. 3.11 Conjunto de un tornillo.

Los tornillos estructurales pueden clasificarse de acuerdo con las siguientes características: tipo de vástago - sin acabar o maquinado; material y resistencia - acero estructural ordinario o de alta resistencia; forma de la cabeza y de la tuerca cuadrada o hexagonal, normal o pesada; - paso y tipo de la rosca - estándar, gruesa o fina.

El acero que se utiliza para la fabricación de tornillos estructurales ordinarios es dulce o semiduro, sin embargo los aceros que se emplean para fabricar los tornillos de alta resistencia deben ser tratados y templados para resistir las grandes tensiones.

Los tornillos se fabrican generalmente a partir de vástagos redondos que se forjan en caliente o en frío y que en algunos casos sufren después un tratamiento térmico.

Los tornillos estructurales tienen usualmente cabezas cuadradas o hexagonales y pueden obtenerse en tamaños "regulares" y "pesados". Las cabezas cuadradas cuestan un poco menos y son las que se usan más comunmente, pero las cabezas hexagonales son más fáciles de apretar o sujetar con una llave, requieren menos espacio para girar y ocasionalmente pueden ser preferibles.

Las tuercas se fabrican por lo general de barras agujereadas en caliente y mecanizadas en frío para terminarlas; también son cuadradas o hexagonales y se pueden conseguir en tamaños "regulares" y "pesados". Generalmente se usan tornillos con cabeza hexagonal y tuercas cuadra-

das o hexagonales.

Cuando existen fuerzas considerables de tensión se deben emplear tornillos y tuercas "pesados", pues éstos tienen reforzado el espesor de sus cabezas y tuercas. Si no se dispone de tuercas "pesadas", pueden usarse tuercas regulares y añadir una segunda tuerca llamada "contratuerca".

Los tornillos para conexiones estructurales varían regularmente de  $5/8$  a  $1\ 1/4$  de pulgada de diámetro, aunque en ocasiones se usan tamaños menores o mayores.

En las figuras 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19 se muestran algunas características, dimensiones y capacidades de carga de tornillos y tuercas que se fabrican en México.

Generalmente se colocan rondanas de acero debajo de las tuercas y cabezas de los tornillos para distribuir la presión de apriete en el miembro atornillado y para evitar que la parte roscada del tornillo se apoye directamente sobre las piezas conectadas. Normalmente se requieren rondanas con superficies endurecidas para usarse con tornillos de alta resistencia.

# TORNILLOS

## CARACTERISTICAS E IDENTIFICACION PARA TORNILLOS ESTRUCTURALES












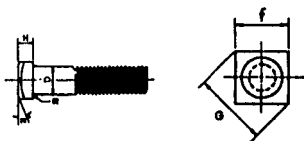
ESTANDAR	Calidad	Identificación		Esfuerzo de Ruptura Mínimo en		Material
		Tornillos	Tuercas	K/cm2	PSI	
	Acero A.S.T.M. A-307 S.A.E. 2			4499	64000	
Acero A.S.T.M. 4-419 S.A.E. 5 A.S.T.M. A-325 A.S.T.M. A-354 BB	   	 	7381	105000	Acero medio en carbón o bien Baja Aleación Tratamiento Térmico	
Acero A.S.T.M. A-490 S.A.E. 8	 		10545	150000	Acero medio en carbón y con aleación Templado y Revenido	

Fig. 3.12

**TORNILLO ESTANDAR  
CABEZA CUADRADA**

**Dimensiones**

Dím. Nominal	D	F		G		H		R
	Dím. de Cuerpo	Distancia entre filos		Distancia entre empates		Altura		Radio de Esquina
	Mínimo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Nominal	Mínimo	Máximo

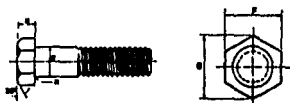
**DIMENSIONES EN MILIMETROS**

6.3	7.1	9.5	9.2	15.5	12.7	4.4	4.8	0.8
7.9	8.7	12.7	12.3	18.0	16.9	5.2	5.6	0.8
9.5	10.4	14.3	13.8	20.2	19.0	6.3	6.8	0.8
11.1	11.8	15.9	15.3	22.5	21.0	7.5	8.0	0.8
12.7	13.5	19.1	18.4	27.0	25.3	8.3	8.8	0.8
15.9	17.1	23.8	23.0	33.7	31.6	10.7	11.3	1.6
19.0	20.3	28.6	27.6	40.4	38.0	12.7	13.3	1.6
22.2	23.8	33.3	32.2	47.1	44.2	15.1	15.8	1.6
25.4	27.0	38.1	36.8	53.9	50.6	16.7	17.4	1.6
28.6	30.2	42.9	41.4	60.6	56.9	19.1	19.8	3.2
31.8	33.3	47.6	46.0	67.4	63.2	21.4	22.3	3.2

**EQUIVALENCIA EN PULGADAS**

1/4	.280	.3750	.363	.530	.498	11/64	.188	.156	.031
5/16	.342	.5000	.484	.707	.665	13/64	.220	.186	.031
3/8	.405	.5625	.544	.795	.747	1/4	.268	.232	.031
7/16	.468	.6250	.603	.884	.828	19/64	.316	.278	.031
1/2	.530	.7500	.725	1.061	.995	21/64	.348	.308	.031
5/8	.675	.9375	.906	1.326	1.244	27/64	.444	.400	.062
3/4	.800	1.1250	1.088	1.591	1.494	1/2	.524	.476	.062
7/8	.938	1.3125	1.269	1.856	1.742	19/32	.620	.568	.062
1	1.063	1.5000	1.450	2.121	1.991	21/32	.684	.628	.062
1 1/4	1.188	1.6875	1.631	2.386	2.239	3/4	.780	.720	.125
1 1/2	1.313	1.8750	1.813	2.652	2.489	27/32	.876	.812	.125

Fig. 3.13

**TORNILLO ESTANDAR  
CABEZA HEXAGONAL**

**Dimensiones**

Dím. Nominal	D	F		G		H		R
	Dím. de Cuerpo Máximo	Distancia entre planos Máxima (Mínima)		Distancia entre roscas Máxima (Mínima)		Nominal	Máximo (Mínimo)	Radio de Rodaje Máximo

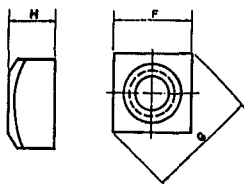
**DIMENSIONES EN MILIMETROS**

6.3	7.1	11.1	10.8	12.8	12.3	4.4	4.8	3.8	0.8
7.9	8.7	12.7	12.3	14.7	14.0	5.6	6.0	5.0	0.8
9.5	10.3	14.3	13.8	16.5	15.8	6.3	6.8	5.7	0.8
11.1	11.9	15.9	15.3	18.3	17.5	7.5	8.0	6.9	0.8
12.7	13.5	19.1	18.4	22.0	21.0	8.7	9.3	7.7	0.8
15.9	17.2	23.8	23.0	27.5	26.2	10.7	11.3	9.6	1.6
19.1	20.3	28.6	27.6	33.0	31.5	12.7	13.3	11.6	1.6
22.2	23.8	33.3	32.2	38.5	36.8	14.7	15.3	13.5	1.6
25.4	27.0	38.1	36.8	44.0	42.0	17.1	17.8	15.0	1.6
28.6	30.2	42.9	41.4	49.5	47.2	19.1	19.8	16.7	3.2
31.8	33.4	47.6	46.0	55.0	52.5	21.4	22.3	19.0	3.2

**EQUIVALENCIA EN PULGADAS**

1/4	.280	.4375	.425	.505	.484	11/64	.188	.150	.031
5/16	.342	.5000	.484	.577	.552	7/32	.235	.195	.031
3/8	.405	.5625	.544	.650	.620	1/4	.268	.226	.031
7/16	.468	.6250	.603	.722	.687	19/64	.316	.272	.031
1/2	.530	.7500	.725	.866	.826	11/32	.364	.302	.031
5/8	.675	.9375	.906	1.083	1.033	27/64	.444	.378	.062
3/4	.800	1.1250	1.088	1.299	1.240	1/2	.524	.455	.062
7/8	.938	1.3125	1.269	1.516	1.447	37/64	.604	.531	.062
1	1.063	1.5000	1.450	1.732	1.653	43/64	.700	.591	.062
1 1/8	1.188	1.6875	1.631	1.949	1.859	3/4	.780	.658	.125
1 1/4	1.313	1.8750	1.812	2.165	2.066	27/32	.876	.749	.125

Fig. 3.14

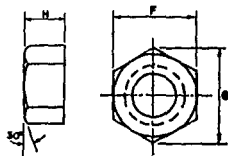
**TUERCAS CUADRADAS  
REGULARES**

**Dimensiones**

Diámetro del tornillo	F Distancia entre planos		G Distancia entre esquinas		Nominal	H Espesor	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima
<b>DIMENSIONES EN MILIMETROS</b>							
6.3	11.1	10.8	15.7	14.8	5.6	6.0	5.2
7.9	14.3	13.9	20.2	19.1	6.7	7.2	6.3
9.5	15.9	15.4	22.4	21.1	8.3	8.8	7.9
11.1	19.1	18.5	26.9	25.4	9.5	10.0	9.0
12.7	20.6	20.0	29.1	27.5	11.1	11.6	10.6
15.9	25.4	24.6	35.9	33.8	13.9	14.5	13.3
19.1	31.8	30.8	44.9	42.3	19.1	19.7	18.0
22.2	36.5	35.4	51.6	48.6	22.2	22.9	21.2
25.4	41.3	40.0	58.4	54.9	25.4	26.1	24.3
28.6	46.1	44.6	65.1	61.2	28.6	29.3	27.4
31.7	50.8	49.2	71.8	66.3	31.7	32.6	30.1

**EQUIVALENCIA EN PULGADAS**

1/4	.4375	.425	.619	.584	7/32	.215	.203
5/16	.5625	.547	.795	.751	17/64	.283	.249
3/8	.6250	.606	.884	.832	21/64	.346	.310
7/16	.7500	.728	1.061	1.000	3/8	.394	.356
1/2	.8125	.788	1.149	1.082	7/16	.458	.418
5/8	1.0000	.969	1.414	1.330	35/64	.569	.525
3/4	1.2500	1.212	1.768	1.665	3/4	.774	.710
7/8	1.4375	1.394	2.033	1.914	7/8	.901	.833
1	1.6250	1.575	2.298	2.162	1	1.028	.956
1 1/8	1.8125	1.756	2.563	2.411	1 1/8	1.155	1.079
1 1/4	2.0000	1.938	2.828	2.611	1 1/4	1.282	1.187

Fig. 3.15

**TUERCAS HEXAGONALES  
REGULARES**

**Dimensiones**

Diámetro del tornillo	F Distancia entre planos		G Distancia entre esquinas		Nominal	H Espesor	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		Mínimo	Máximo

**DIMENSIONES EN MILIMETROS**

15.9	25.4	24.6	29.3	28.0	13.9	14.5	13.3
19.1	28.6	27.6	33.0	31.5	16.7	17.3	16.1
22.2	33.3	32.2	38.5	36.8	19.4	20.1	18.8
25.4	38.1	36.8	44.0	42.0	22.2	23.0	21.5
28.6	46.1	44.6	53.2	50.9	28.6	29.3	27.4
31.7	50.8	49.2	58.6	56.1	31.7	32.6	30.1

**EQUIVALENCIA EN PULGADAS**

5/8	1.000	0.969	1.155	1.104	35/64	0.569	0.525
3/4	1.125	1.088	1.299	1.240	21/32	0.680	0.632
7/8	1.3125	1.269	1.516	1.447	49/64	0.792	0.740
1	1.500	1.450	1.732	1.653	7/8	0.903	0.847
1¼	1.8125	1.756	2.093	2.002	1¼	1.155	1.079
1½	2.000	1.938	2.309	2.209	1½	1.282	1.189

Fig. 3.16



**TORNILLOS ESTANDAR****A-307****RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE Y  
APLASTAMIENTO**

Esfuerzos de diseño:

Corte 700 Kg/cm<sup>2</sup>Aplastamiento 1760 Kg/cm<sup>2</sup>

Dím. en mm	12.7 (1/2")	15.8 (5/8")	19.0 (3/4")	22.2 (7/8")	25.4 (1")	31.7 (1 1/4")
Área en cm <sup>2</sup>	1.27	1.98	2.85	3.88	5.07	7.89
Corte simple en Kg./Torn.	889	1386	1995	2716	3549	5523
Corte doble en Kg./Torn.	1778	2772	3990	5432	7098	11046

GRUPO DE LA PLACA								
mm	Pulgadas		Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento
3.18	.125	1/8	711	890	1063			
3.56	.140		796	996	1190	1391		
4.06	.160		907	1136	1358	1586		
4.57	.180		1021	1276	1528	1786		
4.76	.1875	3/16	1064	1332	1592	1860		
5.08	.200		1135	1422	1699	1985	2271	
5.59	.220		1249	1564	1869	2184	2499	
6.10	.240		1363	1707	2040	2383	2727	
6.35	.250	1/4	1419	1777	2123	2481	2839	
6.60	.260		1475	1847	2207	2579	2950	
7.11	.280		1589	1990	2378	2778	3178	
7.62	.300		1703	2132	2548	2977	3406	
7.94	.3125	5/16	1775	2222	2655	3102	3549	
8.13	.320		1817	2275	2719	3177	3634	4536
8.64	.340			2418	2889	3376	3862	4820
9.14	.360			2558	3056	3571	4086	5099
9.53	.375	3/8		2667	3187	3724	4260	5317
9.65	.380			2700	3227	3770	4314	5384
10.16	.400			2843	3398	3970	4542	5668
10.67	.420				3568	4169	4770	5953
11.17	.4375	7/16			3715	4341	4967	6198
11.18	.440				3739	4368	4998	6238
11.68	.460				3906	4564	5221	6517
12.19	.480				4076	4763	5449	6801
12.70	.500	1/2				4962	5677	7086
13.21	.520					5161	5905	7370
13.72	.540					5361	6133	7655
14.22	.560					5556	6357	7934
14.29	.5625	9/16					6388	7973
14.73	.580						6585	8218
15.24	.600						6813	8503
15.75	.620						7041	8787
15.88	.625	5/8					7099	8860
17.46	.6875	11/16						9741
19.05	.750	3/4						10628
20.64	.8125	13/16						11515

Fig. 3.17

**TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA****A-325****RESISTENCIA AL ESFUERZO****CORTANTE Y FRICCIÓN**

Esfuerzos admisibles:

**TORNILLOS A-325** Fricción = 1054 Kg/cm<sup>2</sup>Cortante = 1054 Kg/cm<sup>2</sup> Plano de corte en la cuerda.Cortante = 1546 Kg/cm<sup>2</sup> Plano de corte en la sección completa

Diám. del tornillo (mm)		Area cm <sup>2</sup>	Fricción kg	Cortante (Kg)	
mm	Pulg.			plano de corte en la cuerda	plano de corte en la sección completa
13	1/2	1.27	1338	1338	1963
16	5/8	1.98	2087	2087	3061
19	3/4	2.85	3004	3004	4406
22	7/8	3.88	4089	4089	5998
25	1	5.06	5333	5333	7823
28	1.1/8	6.41	6756	6756	9910
32	1.1/4	7.91	8337	8337	12229
35	1.3/8	9.58	10097	10097	14811
38	1.1/2	11.39	12005	12005	17609

Fig 3.18

**TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA****A-490****RESISTENCIA AL ESFUERZO****CORTANTE Y FRICCIÓN**

Esfuerzos admisibles:

**TORNILLOS A-490** Fricción = 1406 Kg/cm<sup>2</sup>Cortante = 1097 Kg/cm<sup>2</sup> Plano de corte en la cuerda.Cortante = 2250 Kg/cm<sup>2</sup> Plano de corte en la sección completa.

	Diám del tornillo (mm)		Area cm <sup>2</sup>	Fricción kg	Cortante (Kg)	
	mm	Pulg.			Plano de corte en la cuerda	Plano de corte en la sección completa
10	3/8	0.71	998	1097	1597	
11	7/16	0.97	1364	1500	2182	
13	1/2	1.27	1785	1963	2857	
14	9/16	1.60	2249	2774	3600	
16	5/8	1.98	2784	3061	4455	
19	3/4	2.85	4007	4406	6412	
22	7/8	3.88	5455	5998	8730	
25	1	5.60	7873	8657	12600	
28	1.1/8	6.41	9012	10000	14422	
32	1.1/4	7.91	11121	12229	17797	
35	1.3/8	9.58	13469	14811	21555	
38	1.1/2	11.39	16014	17609	25627	
41	1.5/8	13.38	18812	20685	30105	
44	1.3/4	15.51	21807	23978	34897	

Fig. 3.19

### 3.3.1. UTILIZACION DE TORNILLOS COMO MEDIO DE UNION.

Algunas de las circunstancias en las que se pueden substituir los remaches por tornillos son:

a) Cuando se trate de conexiones a tensión, es decir, cuando la conexión este cargada de tal manera que tienda a hacer fallar a los remaches por tensión (figura 3.20). Los remaches no son adecuados para soportar grandes esfuerzos de tensión, ya que al enfriarse, después del remachado, se producen tensiones en sus vástagos; por lo tanto se podrían usar tornillos para soportar esfuerzos de tensión mayores que la capacidad de los remaches.

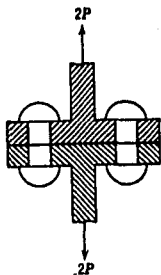


Fig. 3.20 Remaches en tensión.

b) Cuando se trate de uniones temporales, como en las juntas desmontables y las que requieren conexiones de ajuste y limpieza.

c) Cuando no se disponga del espacio necesario para colocar un remache o donde sea imposible colocar suficientes remaches para soportar el esfuerzo de corte.

d) Cuando el espesor de la junta exceda 4 o, cuando mucho 4.5 veces el diámetro previsto de los remaches, ya que el encogimiento de los vástagos al enfriarse puede provocar el desprendimiento de las cabezas.

Los tornillos se usan además en conexiones permanentes de algunos miembros inferiores en localizaciones aisladas.

Para fijar estructuras a su cimentación o conectar miembros de acero a estructuras de mampostería se emplean tornillos especiales de anclaje o pernos arponados. Estos tornillos están formados por vástagos redondos roscados en un extremo para sujetar las piezas con una tuerca, y con ganchos o resaltes y una terminación especial llamada cola de carpa en el otro extremo para mejorar la adherencia con el concreto (figura 3.21a).

Otros tornillos de anclaje presentan la forma de pernos cónicos descabezados con ganchos en su periferia como se aprecia en la figura 3.21b.

Los tornillos de anclaje se cuelan monolíticamente o se fijan con lechada de relleno en las zapatas de concreto; si por razones constructivas los

tornillos de anclaje se deben fijar después de la colocación de la estructura, se deberá prever en los agujeros de la misma una holgura suficiente que permita el paso de los vástagos que llevan la cola de carpa. En este caso será necesario colocar una rondana debajo de la tuerca para asegurar que ésta se pueda apoyar en la pieza que debe anclarse.

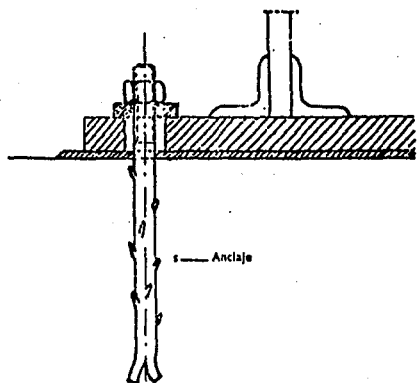
Para bases de columnas de acero, los tornillos de anclaje varían usualmente de 1/2 a 4 pulgadas de diámetro; los tamaños mayores requieren grandes longitudes de anclaje y a menudo no son económicos.

### 3.3.2. COLOCACION Y FUNCION DE LOS TORNILLOS.

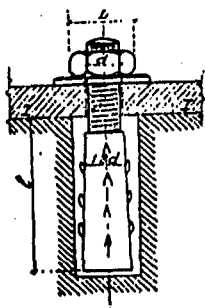
#### Colocación

Las piezas unidas por tornillos tienen orificios cuyos diámetros son ligeramente mayores a los de los tornillos que se colocan en ellos. Con este juego entre diámetros, que generalmente es del orden de 1 mm., se facilita la instalación de los tornillos.

Sin embargo, cuando es necesario que los tornillos trabajen al corte los agujeros se preparan con muy pequeña tolerancia respecto a los tornillos. Estas mínimas condiciones de holgura hacen que el deslizamiento relativo de los miembros unidos sea prácticamente nulo y que todos los tornillos entren en acción simultáneamente al empezar la carga y que por consiguiente tengan una mayor resistencia al corte que los tornillos proyectados con mayores tolerancias.



( a )



( b )

Fig. 3.21 Tornillos de anclaje.

Después de colocar el tornillo se atornilla la tuerca hasta ajustarla a tope; para tal operación se emplean llaves de impacto (neumáticas) o llaves de torsión manuales que cesan en su acción cuando han llegado a un momento o torque determinado (figura 3.22). El esfuerzo de ajuste que debe ejercerse sobre la tuerca debe ser enérgico pero no excesivo, pues provocaría tensiones anormales que disminuirían considerablemente la resistencia del tornillo y que podrían incluso provocar su ruptura en el momento de la instalación.

La resistencia a la tensión de un tornillo se determina por el área transversal en el fondo o raíz de la rosca. Debido a las concentraciones de esfuerzo ocasionadas por la forma de la rosca, ocasionalmente se admiten valores menores de esfuerzos en la raíz de las roscas que los que se usan para tensión en miembros de sección uniforme.

#### Función.

Como los tornillos comprimen enérgicamente entre sí las piezas que unen, éstas no pueden desplazarse unas sobre otras como consecuencia de la fricción que se genera entre ellas.

Sin embargo, si el esfuerzo de deslizamiento se incrementa, se vence la fricción y entonces son los vástagos de los tornillos los que se oponen al deslizamiento relativo de los miembros.

Investigaciones realizadas han determinado que los tornillos que traba



**APRIETE (TORQUE) EN LIBRAS-PIE. Y KGS-M, QUE SE  
REQUIERE EN LAS DIFERENTES CALIDADES DEL  
TORNILLO AL EMPLEARSE EN LAS ESTRUCTURAS  
DE ACERO.**

ESTANDAR		Diámetro del Tornillo en Milímetros, Pulgadas																			
		3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1-1/8	1-1/4	1-3/8	1-1/2	1-5/8	1-3/4	1-7/8	2	2-1/4	2-1/2	2-3/4	3
		10	11	13	14	16	19	22	25	28	32	35	38	41	44	48	51	57	64	70	76
A-325	19	30	45	66	93	150	202	300	474	659	884	1057	1448	1884	2336	2721	3117	4380	7319	9455	
	2.6"	4.1"	6.2"	9.1"	12.9"	20.7"	27.9"	41.5"	65.5"	91.1"	122.2"	146.5"	200.2"	260.5"	322.9"	276.2"	430.9"	605.5"	1011.9"	1307.2"	
A-490	55	90	138	198	270	444	709	1071	1692	2360	3159	3780	5173	6736	Los valores mostrados son los apropiados para fijar permanentemente una estructura metálica.  Los números marcados con asterisco son los equivalentes a kg-mt.						
	7.6"	12.4"	19.1"	27.4"	37.3"	61.4"	98.0"	148.1"	234"	326.3"	436.7"	522.6"	715.2"	931.3"							
																<b>IMPORTANTE:</b>					
																Aplicar requerimientos que aparecen en las notas.					

128

**NOTAS**

- Los valores mostrados en el cuadro anterior deben emplearse como referencia para las estructuras metálicas que requieran montaje atornillado. Se ha tomado en cuenta que los tornillos estarán secos, limpios, sin ninguna oxidación y protegidos con una ligera película de aceite, cera, etc.
- Los valores mostrados en el cuadro anterior deberán multiplicarse por 0.9 cuando los tornillos hayan sido cadmisados y por 0.8 cuando tanto los tornillos como las tuercas hayan sido cadmisados.
- Los valores mostrados deberán multiplicarse por 0.9 cuando se lubriquen

- los tornillos con aceite especial que soporte grandes esfuerzos como grafito, cobre coloidal, etc.
- Es muy importante que la superficie de contacto tanto de la tuerca como del tornillo a las piezas por sujetar sea limpiada escrupulosamente.
- Los valores mostrados, dan una presión de sujeción entre 60 y 70% de esfuerzo, de ruptura a la tensión, del tornillo, tomando en consideración el límite elástico.
- El apriete (torque) adecuado, se puede determinar apretando uno de los tornillos hasta lograr su rotura y se anotará el valor que lo logra. El apriete (torque) apropiado, será del 50 al 60% de ese valor.

Fig. 3.22

jan por ajuste pueden oponerse a un esfuerzo de deslizamiento de  $250 \text{ Kg/cm}^2$  de sección; muy poco en relación con las cotas de fatiga de los vástagos que trabajan al corte:  $800$  o  $900 \text{ Kg/cm}^2$  de sección. Por lo anterior es común que los tornillos se calculen considerando el corte de sus vástagos.

La sección transversal sujeta a corte de un tornillo instalado correctamente es precisamente donde éste tiene su sección total, es decir, donde no hay rosca.

### 3.3.3. PROCEDIMIENTOS PARA IMPEDIR QUE SE AFLOJEN LAS TUERCAS.

Las partes conectadas por tornillos deben estar firmemente apretadas entre la cabeza del tornillo y la tuerca a fin de asegurar el funcionamiento adecuado bajo carga de la conexión. Sin embargo, aunque se haya estudiado el roscado de manera que teóricamente la tuerca no pueda aflojarse, es muy probable que las conexiones atornilladas ordinarias sujetas a cargas alternadas o a vibraciones se desajusten si no presentan un dispositivo que impida tal efecto. Por otro lado, la alta tensión inicial debida al fuerte apriete en las conexiones atornilladas que emplean tornillos de alta resistencia, si es capaz de evitar dicho efecto.

Para impedir que se aflojen las tuercas y que por consiguiente se reduzca la resistencia de la conexión éstas se deben fijar definitivamente en

su posición. Para ello existen varios procedimientos. El más sencillo -- consiste en golpear la parte del vástago que rebasa la tuerca; al aplastar la rosca, la tuerca ya no puede aflojarse (figura 3.23). También puede -- bloquearse la tuerca mediante un punto de soldadura. Sin embargo, estos procedimientos de bloqueo tienen la desventaja de imposibilitar la retirada de la tuerca sin destruir el tornillo; por lo que generalmente se prefieren otros métodos. El usar tuercas acastilladas con una chaveta dispuesta en un agujero diametral del vástago del tornillo impide que la tuerca gire y se afloje. Las tuercas de cuña (jamnuts) con la tuerca pesada por la parte exterior realizan el mismo propósito. Se dispone comercialmente de varios tipos especiales de tuercas llamadas generalmente tuercas de cierre (lock nuts) que evitan el desajuste de la unión. También se usa un sistema típico de tuercas de cierre, conocido como tornillo estriado.

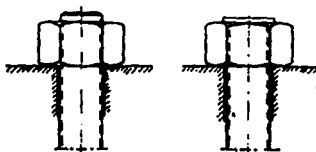


Fig. 3.23 Remache antes y después de aplastar la rosca.

### 3.3.4. TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA.

Estos tornillos están hechos de acero de alta resistencia a la tensión

y se instalan en agujeros de 1.6 mm. mayores que ellos mismos.

Los tornillos de alta resistencia basan su capacidad en la acción de apriete generada al ajustar el tornillo o la tuerca hasta producir una fuerza de tensión predeterminada. Esta tensión se obtiene al apretar la tuerca con llaves de torsión dinamométricas (calibradas) que se detienen o dejan de funcionar cuando han llegado a un momento de giro determinado (figura 3.22). Pueden usarse también llaves de impacto, las cuales deben de ser de capacidad adecuada y con el suministro de aire suficiente para llevar a cabo el apriete requerido de cada tornillo en aproximadamente 10 segundos.

Cuando se usan llaves calibradas para instalar varios tornillos en una misma junta, deben volverse a apartar los que se colocarán inicialmente, ya que pueden aflojarse durante la colocación de los siguientes, hasta lograr que todos queden a la tensión especificada.

La alta tensión inicial desarrollada al apretar estos tornillos comprime entre sí las piezas de acero que une y produce fuerzas de rozamiento o fricción entre ellas. Las superficies en contacto no deben ser lisas, o sea que deben estar tratadas al chorro de arena y debe haberse eliminado de ellas la película de laminación y las costras de óxido y pintura.

Como la resistencia por fricción depende de la cantidad de tensión inicial, es muy importante desarrollar la fuerza de apriete adecuada mediante el apriete correcto de la tuerca.

Debido a la mencionada acción de apriete, toda la carga se transmite por fricción y el deslizamiento entre las partes conectadas no se presenta hasta que el valor de la fricción se encuentra excedido por la carga aplicada.

En caso de que se presentara un deslizamiento, lo cual casi nunca se permite, los tornillos se tendrían que diseñar para resistir el corte de sus vástagos; en este caso es probable que los tornillos no reciban una carga uniforme, pues tienen mucha holgura en los agujeros y no están exactamente centrados en los mismos.

Si se diseñan los tornillos de alta resistencia para desarrollar una resistencia por fricción completa, como generalmente ocurre, sus ventajas se resumen como sigue:

- (a) Junta rígida; no hay deslizamiento entre las placas bajo cargas de servicio.
- (b) Alta resistencia estática debida a la elevada resistencia por fricción.
- (c) Menor carga transmitida en la acción neta de las placas.
- (d) No existen esfuerzos de corte o aplastamiento en los tornillos.
- (e) Alta resistencia a la fatiga.
- (f) Se evita el aflojamiento de las tuercas.

### 3.3.5. SIMBOLOS CONVENCIONALES DE REMACHES Y TORNILLOS.

Los símbolos convencionales para remaches y tornillos se han establecido definitivamente para uso en planos de detalle de acero. Es conveniente familiarizarse con estos símbolos, lo que permitirá reconocer inmediatamente el tipo de remache o tornillo y determinar si se instalará en el taller o bien durante el montaje de la estructura. La figura 3.24 muestra las designaciones comunes para planos de acero estructural.

REMACHES DE TALLER				REMACHES DE CAMPO	TORNILLOS DE TALLER				
	Avellanado y embutido	Avellanado no más de $\frac{1}{4}$ " de altura	Aplanado a $\frac{1}{4}$ " en remaches de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ "	Aplanado a $\frac{1}{4}$ " en remaches de $\frac{1}{2}$ " y mayores	Avellanado				
Cabeza en ambas caras	Lado cónico	Lado opuesto	Ambs. lados	Lado cónico	Lado opuesto	Ambs. lados	Cuadrado o Hexagonal	Lado cónico	Lado opuesto

Fig. 3.24 Signos convencionales para el remachado y arornillado.

### 3.3.6. PREPARACION DE AGUJEROS PARA REMACHES Y TORNILLOS.

Es necesario que los orificios de las piezas que van a unirse coinci-

dan exactamente y sean cilíndricos para que los remaches y tornillos se puedan instalar correctamente y funcionen al corte como se han diseñado.

Los planos de detalle del taller muestran perfectamente los sitios donde los elementos deben de ser perforados, sin embargo, esto debe de estar complementado por un trabajo de taller de alta precisión. Las tolerancias admisibles en el diseño de taller y el alargamiento del material durante el punzonado o taladrado determinará hasta donde es posible conseguir este ideal.

Los agujeros pueden ser punzonados o taladrados: Cuando el espesor del material no es muy grande, puede usarse el punzonado.

En la construcción de puentes se requiere generalmente un tipo de mano de obra más elevado que para la construcción de edificios; por lo que la mayor parte de los agujeros están "subpunzonados" o "subtaladrados" a un diámetro más pequeño que el del tornillo y posteriormente rimados al diámetro correcto al momento de ensamblar las partes. Algunas partes importantes requieren taladrarse en el momento de armarse.

El requisito de rimar al ensamblar aumenta los costos de mano de obra, por lo que para justificar su costo de manufactura es necesario considerar los siguientes factores que determinarán si se debe o no realizar el rimado: tipo de carga recibida, y número de capas coincidentes de material.

### 3.3.7. DETERMINACION DEL DIAMETRO DE LOS TORNILLOS Y DE LA LONGITUD DE LOS VASTAGOS.

Para una junta dada, el diámetro del tornillo depende del espesor de las piezas que deben unirse. En efecto, si el diámetro del tornillo es demasiado grande, el ajuste puede aplastar los elementos de poco espesor; por el contrario, si el diámetro del tornillo es demasiado pequeño, corre el riesgo de no soportar los esfuerzos de flexión.

En la práctica las consideraciones anteriores se traducen mediante la siguiente fórmula:

$$1.6 E < D < 3e$$

donde:

D = diámetro del tornillo en mm.

E = espesor de la pieza más espesa en mm.

e = espesor de la pieza más delgada en mm.

Primordialmente es el espesor total de los elementos que se unen el que influye en la determinación de la longitud del vástago del tornillo, pero es preciso señalar que en la elección de dicha longitud debe tenerse en cuenta otra consideración. En efecto, si el tornillo debe trabajar para resistir el corte, es necesario que las piezas unidas no ejerzan jamás el esfuerzo de corte sobre la rosca del vástago. Por la misma razón, resulta también prudente alejar la tuerca de las piezas unidas pa-



ra lo que se intercala una rondana entre las piezas y la tuerca.

### 3.3.8. DISPOSICION DE LOS TORNILLOS.

Los tornillos se disponen o colocan sobre las piezas según las mismas reglas prácticas que se establecieron para los remaches.

### 3.3.9. USOS DE REMACHES Y TORNILLOS.

En la actualidad, los tornillos de alta resistencia se usan prácticamente en todos los tipos de estructuras; sin embargo antes de 1948, año en que fue aprobado su uso para la construcción de estructuras de acero, prácticamente todas las uniones permanentes se hacían a base de remaches; éstos eran instalados en caliente, tanto en conexiones de taller como de campo, requiriéndose en el campo un equipo de cuatro hombres. Con la llegada de los tornillos de alta resistencia, el remachado en campo ha sido reemplazado en gran parte por los tornillos, debido principalmente a la reducción de costo por el menor número de hombres requeridos para instalarlos. Por esto, los remaches se usan ahora únicamente para conexiones de taller, y rara vez para conexiones de campo.

### 3.4. PERNOS

#### 3.4.1. GENERALIDADES SOBRE LOS PERNOS.

Los pernos son piezas cilíndricas de acero que se usan para conectar miembros estructurales en los que se prevé un cambio angular entre ellos.

Para que los pernos puedan girar libremente en la conexión y que por consiguiente permitan la rotación relativa entre las piezas que unen, no se deben apretar enérgicamente. Como se emplea un solo perno en una conexión que de otro modo requeriría varios tornillos o remaches, su tamaño es generalmente mayor que el de los tornillos o remaches mencionados.

En el diseño de conexiones con pernos se considera principalmente el aplastamiento, el corte y la flexión de los pernos, y la sección útil de los miembros que se conectan. La figura 3.25 muestra una conexión por perno en una armadura; la naturaleza de las fuerzas que actúan sobre dicho perno se muestra en la figura 3.26.

#### 3.4.2. CLASIFICACION Y USO DE LOS PERNOS.

Los pernos estructurales pueden clasificarse en dos tipos: aquellos en los que los miembros conectados giran ángulos grandes, y aquellos en los cuales los miembros conectados pueden girar sólo ángulos pequeños, debi-

do principalmente a las deformaciones elásticas de los miembros.

El primer tipo de perno, llamado a veces muñón, se usa en puentes basculantes, grúas de pluma, etc. Estos pernos deben lubricarse constantemente para evitar la oxidación y reducir el desgaste. El segundo tipo de perno se usa para articulaciones de arcos, para articulaciones de placas, como en puentes en voladizo, juntas de expansión, mecedoras, etc. Dependiendo de las condiciones de mantenimiento y de la magnitud de las defor-

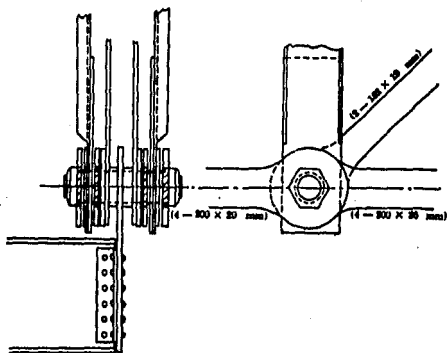


Fig. 3.25 Conexión con perno en un nodo de una armadura, ilustrando un tipo de construcción -- muy popular en el pasado.

maciones elásticas en los miembros, las rotaciones de éstos sobre los -- pernos pueden ser un tanto menores que las predichas por la teoría.

Antes de 1920 la mayoría de las armaduras que se construían para ---

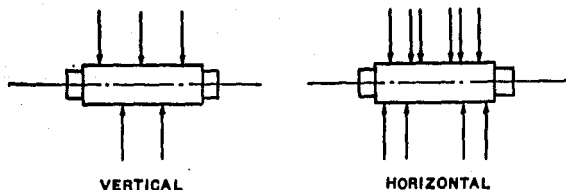


Fig. 3.26 Fuerzas que actúan en un perno.

puentes estaban conectadas por pernos; esto se hacía con objeto de tener marcos estáticamente determinados y en particular, para eliminar los esfuerzos secundarios debidos a las conexiones rígidas en los nudos. Más tarde se encontró que las conexiones con perno se oxidaban rápidamente y no permitían realmente una rotación libre; más aún, cuando mucho pueden suministrar articulaciones en un solo plano, no eliminan la rigidez del nudo en los otros planos. Por las razones anteriores y por experiencias que indican que las conexiones con pernos usadas en armaduras están sujetas a vibraciones considerables y al desgaste, lo cual no es deseable, se prefirió usar remaches o tornillos para conectar prácticamente todos los miembros de un puente. Sin embargo, en claros o puentes muy grandes algunas conexiones todavía se hacen con pernos.

### 3.4.3. MATERIAL UTILIZADO PARA LA FABRICACION DE PERNOS.

Los pernos para propósitos estructurales se hacen de acero estructural al carbono, forjado y maquinado a dimensiones exactas; a veces se emplean pernos laminados en frío con superficies adecuadas, especialmente en acero de aleación.

### 3.4.4. TIPOS DE PERNOS.

El tipo más común de perno tiene extremos roscados y dos tuercas remetidadas, atornilladas en los extremos para mantenerlo en su sitio (figura 3.27a). Para pernos mayores de diez pulgadas de diámetro es preferible usar un pasador largo que pase a través de él y de unas tapas remetidadas, fijándolos de esta manera entre sí (figura 3.27b). Esto elimina el uso de grandes tuercas de cierre. Para pernos más pequeños, que llevan cargas ligeras, puede forjarse una cabeza en un extremo e insertarse una chaveta en el otro (figura 3.27c), o bien pueden usarse dos chavetas, una en cada extremo.

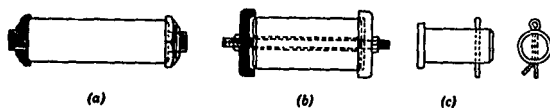


Fig. 3.27 Tipos de pernos; (a) con tuercas remetidadas, (b) con tapas y pasador, y (c) con chaveta

### 3.4.5. DIAMETROS DE LOS PERNOS EMPLEADOS EN LAS CONSTRUCCIONES METÁLICAS.

Los diámetros comunes de los pernos estructurales varían de 1 1/2 a 2 pulgadas, aunque hay tamaños mayores disponibles, hasta de 24 pulgadas. Cuando los pernos se fabrican especialmente, no se presenta la necesidad de limitar el diámetro a ningún conjunto particular de tamaño estándar.

## CAPITULO IV

## S O L D A D U R A

## 4.1 INTRODUCCION Y ANTECEDENTE HISTORICO.

La soldadura es el proceso de unir piezas de metal por calentamiento hasta un estado plástico o fluido, ya sea con o sin presión. En su forma más sencilla, la soldadura ha sido conocida y usada desde hace varios miles de años. Los historiadores estiman que los antiguos egipcios usaron soldadura a presión desde hace aproximadamente 5,500 años a.C., para hacer tubos de cobre al traslapar y martillar juntos los bordes de una lámina del mismo material. En objetos de arte egipcios que datan de cerca de 3,000 años a.C., se ha encontrado que el oro ha sido martillado y fundido sobre el cobre. Este tipo de soldadura por forjado, fué el primer proceso que el hombre inventó para unir piezas de metal. En la soldadura por forjado los miembros se calientan por encima de una cierta temperatura y la soldadura se efectúa por medio de presión o por golpes de martillo. En la actualidad, la soldadura por forjado es un arte prácticamente olvidado y su uso se restringe a muy pocos herreros. Los procesos de soldadura disponibles en nuestros días, como se verán en la sección siguiente (4.2), son mucho más complejos y altamente refinados.

Muy poco progreso en la tecnología de la soldadura había sido ---  
realizado hasta antes de 1877. La mayoría de los entonces procesos -  
conocidos, tales como la soldadura por forjado y la soldadura con co-  
bre, habían sido usados por lo menos por 3,000 años. El origen de la  
soldadura de resistencia comenzó alrededor de 1877 cuando el Profe-  
sor Elihu Thompson, realizó una serie de experimentos en los que in-  
virtió la polaridad de las bobinas de un transformador.

La soldadura de arco no fué posible hasta el descubrimiento del --  
arco eléctrico (por Sir Humphry Davy a principios del Siglo XIX), y el  
desarrollo de métodos para iniciarlo y mantenerlo. El arco eléctrico -  
fué por primera vez usado en la soldadura en 1881, cuando las partes  
de una placa de un acumulador fueron unidas por el uso de varillas de  
carbón. El siguiente progreso, el cual ocurrió casi inmediatamente, -  
fué el reemplazamiento de las varillas de carbón por varillas metáli-  
cas, las cuales, al ser fundidas y depositadas en la soldadura, no la -  
afectaban tan perjudicialmente como lo hacían las varillas de carbón. -  
El final del diecinueve y la primer década del veinte presentaron una -  
evolución gradual del nuevo arte, limitado enormemente por la falta de  
electrodos adecuados y de apropiados generadores de electricidad de -  
alto amperaje y bajo voltaje necesarios para provocar y mantener un -  
arco adecuado.



Los primeros electrodos fueron varillas no recubiertas o desnudas, los cuales producian soldaduras frágiles y de poca resistencia. Posteriormente, junto antes de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), se introdujeron los electrodos recubiertos o revestidos con los que se obtuvieron soldaduras más dúctiles y de mejor calidad. En la soldadura con electrodos revestidos parte del revestimiento se funde, formando una capa fluida de escoria, y otra parte forma una atmósfera gaseosa protectora alrededor del arco metálico. La protección gaseosa sirve para estabilizar el arco y para protegerlo de los gases atmosféricos. La escoria fundida, de menor densidad que el metal fundido, sube a la superficie llevándose consigo las impurezas del metal fundido y forma una capa que retarda la rapidez de enfriamiento del metal de soldadura y que lo protege de una exposición indeseable de los gases atmosféricos.

De 1901 a 1903 Fouche y Picard, desarrollaron sopletes que quemaban una mezcla de acetileno y oxígeno y demostraron que con ellos se podía cortar y soldar satisfactoriamente el metal, por lo que de este modo se inició la era de la soldadura y corte oxiacetilénicos.

Durante la primera Guerra Mundial, sobrevino un rápido desarrollo de los procesos de soldadura al necesitarse reparaciones rápidas del armamento. Después de la guerra, vinieron técnicas y equipos nue-

vos a un paso acelerado y se estableció firmemente la aceptación de la soldadura en el campo de las estructuras metálicas. Este crecimiento fué tan grande que la soldadura de arco metálico protegido comenzó a desplazar al remachado; al grado que las principales estructuras usaron soldadura exclusivamente. El proceso de arco sumergido, en el cual el arco está cubierto por un fundente en polvo, fué primeramente usado en 1934 y en 1935 patentado.

Actualmente existen más de 50 diferentes procesos de soldadura los cuales pueden ser usados para unir distintos metales y sus aleaciones. Aquellos de particular interés para el Ingeniero Estructurista, se verán en la siguiente sección (4.2).

Finalmente, es importante mencionar que las principales ventajas de las estructuras soldadas son lo compacto de las conexiones, la economía de material y la reducción del manejo de las piezas durante su fabricación en el taller.

#### 4.2 PROCESOS DE SOLDADURA

La mayoría de los procesos de soldadura requieren que el material a ser soldado sea calentado, o por lo menos que reciba energía. La generación de calor puede ser clasificada de acuerdo con su origen como: Eléctrica, química, óptica, mecánica y de estado sólido.

Los procesos más usuales de soldadura, particularmente para soldar acero estructural, usan la energía eléctrica como fuente de calor; el más comunmente usado es el arco eléctrico. El arco es producido por la descarga de una corriente eléctrica relativamente grande entre un electrodo y las partes que se van a soldar. El calor desarrollado por el arco funde simultáneamente el metal base y el electrodo, y el campo electromagnético conduce el metal fundido de la varilla de soldadura (electrodo) hacia el metal base, mientras que el operador mueve el electrodo, manual o automáticamente, a la carga de la soldadura con una velocidad adecuada y depositando la cantidad necesaria de material de aportación; en este proceso la junta se realiza sin necesidad de aplicar presión.

Otros procesos, no regularmente usados en estructuras de acero, involucran otras fuentes de energía; algunos de estos procesos involucran la aplicación de presión, ya sea con o sin material de aportación. La unión también puede producirse por difusión, donde las partículas atómicas se mezclan en la junta y la fundición del metal base no ocurre.

Existen muchos procesos de soldadura, los cuales tienen usos especiales para los distintos metales y para los diferentes espesores. Esta sección enfatiza aquellos procesos que se emplean para soldar aceros al carbón y de baja aleación de puentes y edificios. Sin embargo, con

el objeto de tener una idea de la amplia variedad de los procesos --- existentes, un número de ellos se enlista de acuerdo con las fuentes - de energía que emplean para generar calor y lo inducen al proceso de unión:

(a) Energía eléctrica.

1. Soldadura de arco. - proceso de fusión; el calor es generado por un arco eléctrico.
2. Soldadura de resistencia. - proceso de presión; el calor se produce por la resistencia del material que se está soldando - al flujo de una corriente eléctrica que pasa a través de las partes a conectar.
3. Soldadura por inducción. - fusión combinada con presión; la unión se produce por el calor obtenido de la resistencia del metal al flujo de la corriente eléctrica inducida por electromagnetismo.
4. Soldadura por electroescoria. - proceso de fusión en donde la escoria proporciona el calor; la corriente eléctrica es conducida a través de la escoria sin un arco.

(b) Energía química.

1. Soldadura de gas oxiacetilénica. - proceso de fusión; el calor es provocado por la combustión de una mezcla de acetileno y oxígeno .

- 2.. Soldadura por termita. - proceso de fusión; se obtiene al colocar un metal líquido sobrecalentado y la escoria resultante de una reacción química entre un óxido metálico y aluminio (la cual genera el calor), alrededor de las partes que se van a unir.

(c) Energía óptica.

1. Soldadura por rayo laser. - proceso de fusión; el calor es producto del choque de una potente y concentrada luz (rayo--laser) sobre las superficies a unir.
2. Soldadura por rayo de electrones. - proceso de fusión; el calor se genera por la transformación de la energía dinámica de los electrones de alta velocidad que bombardean las superficies a enlazar.

(d) Energía mecánica.

1. Soldadura de fricción. - proceso de presión sin fundir el metal base; el calor es generado por la fricción entre un miembro estacionario y rotatorio sujeto a una alta, fuerza normal sobre la junta a ser unida.
2. Soldadura ultrasónica. - proceso de presión sin fundición de metal base; el calor es generado por una energía vibratoria de alta frecuencia.

3. Soldadura por explosión. - proceso de presión sin fundir el metal base; el calor es ocasionado por un impacto de alta velocidad en la junta provocado por una detonación controlada.

(e) Enlace por estado sólido.

Puede llamarse a esta categoría como soldadura natural; - en donde la presión es aplicada y la temperatura es incrementada pero sin que ocurra la fusión. Después de un período de tiempo la difusión ocurre por el entremezclado y movimiento de átomos de un borde a otro de la junta creandose así una junta por estado sólido. En este proceso es importante que las superficies a empalmar esten bien limpias.

Para acero estructural se usa la soldadura de arco casi exclusivamente, aunque otros procesos, como la soldadura por electroescoria, estan siendo utilizadas en cierto grado.

La figura 4.1 muestra, en forma simplificada el circuito de soldadura básico para casi todos los procesos de arco. En estos procesos la máquina de soldadura es esencialmente un generador de corriente; el cual se conecta, a través su línea negativa (tierra) con el metal que se va a soldar, y con su línea positiva con el portaelectrodo que a su vez hace contacto con el electrodo. El operario hace contacto entre el electrodo y la pieza a soldar, lo que ocasiona el --

flujo de corriente; luego retira el electrodo ligeramente de la pieza --

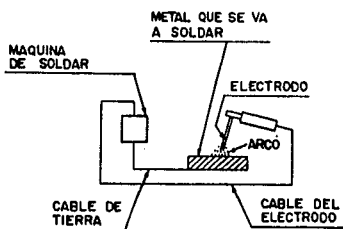


Fig. - 4.1 Circuito de Soldadura de Arco.

con lo que se forma el arco. Para conservar el arco hay que mante--  
ner una longitud de arco constante durante la soldadura; pues éste se--  
puede perder si el electrodo toca la pieza o si se aleja mucho de ella.

#### 4.2.1 SOLDADURA DE ARCO METALICO PROTEGIDO.

Este es el tipo de soldadura más frecuentemente usado y princi--  
palmente empleado para soldar manualmente estructuras de acero. Su  
llama protegida por la atmósfera gaseosa protectora que rodea el --  
arco (Fig. 4.2).

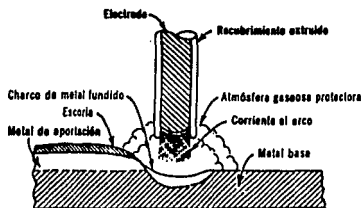


Fig. - 4.2 Proceso de Soldadura de Arco Protegido.

Durante el proceso de soldadura el electrodo revestido es consumido y transferido a la conexión por atracción molecular y tensión superficial. La varilla de soldadura constituye el metal de aportación - mientras que el revestimiento se convierte parte en gas protector, parte en escoria y parte es absorbido por el metal fundido. El gas protector sirve para prevenir que el metal fundido se oxide en la atmósfera (y que por lo tanto se vuelva poroso) y para evitar que absorba nitrógeno de la misma (y que por lo tanto se vuelva frágil); además de estabilizar el arco.

El revestimiento del electrodo desempeña las siguientes funciones:

- (a) Produce una protección gaseosa, como ya se mencionó.
- (b) Introduce otros materiales, tales como desoxidantes, los cuales mejoran la calidad de la soldadura.



- (c) Produce una cubierta de escoria sobre la soldadura, la cual la protege del oxígeno y nitrógeno disueltos en el aire y le retarda su enfriamiento. La escoria debe quitarse de la soldadura después de que se ha enfriado; puesto que la escoria es quebradiza, se rompe fácilmente con ligeros golpes de martillo.

Se fabrica una gran variedad de electrodos, los cuales tienen diferentes composiciones químicas, tanto en el acero como en el revestimiento, y están diseñados para llenar requisitos variables, tales como los causados por diferencias en materiales, posición del trabajo - plana, horizontal, vertical y sobre cabeza (Fig. - 4.3) y el tamaño del material de soldadura que se va a agregar.

Las soldaduras verticales y sobre cabeza son posibles debido a que el metal fundido es conducido de la varilla a la conexión por el campo electromagnético y no por la acción de la gravedad. La posición de la soldadura afecta la facilidad y la velocidad de ésta, por lo que es de una importancia práctica considerable al determinar la calidad y el costo de la soldadura.

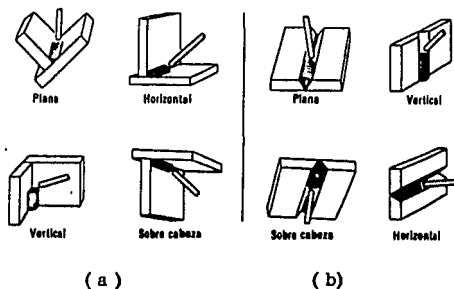


Fig. - 4.3 Posiciones para soldar: (a) Soldaduras de Filete, (b) Soldaduras a tope.

La soldadura de arco metálico protegido es generalmente usada en procesos manuales. Actualmente la soldadura manual es usada principalmente para composturas y para pequeñas soldaduras. La soldadura automática, por otro lado, es usada para soldar estructuras en general y para fabricar piezas soldadas siempre que la conexión sea lineal o suficientemente regular para permitir la mecanización. La soldadura automática es utilizada enormemente en los talleres de fabricación para realizar largas soldaduras que requieren una considerable cantidad de metal soldado. Soldaduras más pequeñas como en atesadores y otras juntas pueden ser ejecutadas con soldadura

manual de arco metálico protegido con procesos semiautomáticos. En el campo cada vez más la soldadura está siendo llevada a cabo con procesos semiautomáticos, como por ejemplo en conexiones columna-columna, conexiones trabe - columna y en conexiones de armaduras.

Aunque mediante el proceso manual se obtienen soldaduras de alta calidad, tanto en el taller como en el campo, pueden obtenerse resultados mejores y más económicos en algunas aplicaciones (por ejemplo en aquellas en que una operación particular ha de repetirse muchas veces), usando equipo de soldadura semiautomático o automático.

#### 4.2.2 SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO.

La soldadura automática frecuentemente emplea el proceso de arco sumergido. En este proceso el arco no es visible porque está cubierto por una capa granular de material fundente. En la figura 4.4. se muestra este proceso. El circuito es exactamente igual al que se muestra en la figura 4'1, y el proceso básico es similar al que se ilustra en la figura 4.2 para la soldadura de arco protegido. Adicionalmente este proceso tiene un motor que automáticamente suministra el electrodo desnudo en la junta, y un control, que también de manera automática, suministra el voltaje conectado para la longitud de arco deseada. De la misma manera que en la soldadura manual de arco protegido, el arco se forma entre el electrodo y las piezas a unir. El

fundente, que generalmente es depositado de manera automática, cu-

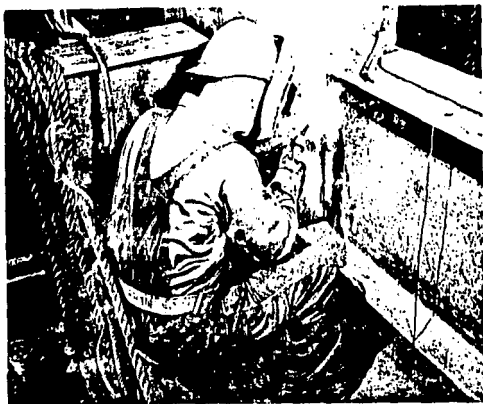


Fig. - 4.4 Proceso de Arco Sumergido.

bre continuamente el arco y hace que se logre una soldadura sin salpicaduras, chispas, o humo (Fig. - 4.5). Se ha encontrado que las soldaduras hechas con este proceso son de muy buena calidad, pues --- exhiben gran ductilidad, alta resistencia al impacto, alta densidad y -- buena resistencia a la corrosión.

FALLA DE ORIGEN

Tanto la soldadura manual como la automática pueden ser operadas con corriente alterna o directa, ya sea en el taller o en el campo. La selección de la máquina depende de su disponibilidad, de la corriente disponible, del tipo y acabado deseado para la soldadura, de los índices de penetración y depositación, y aún hasta de la habilidad del operador.

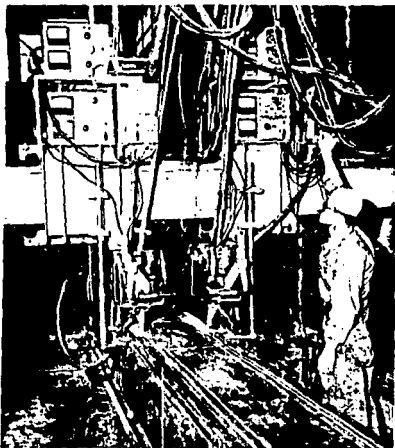
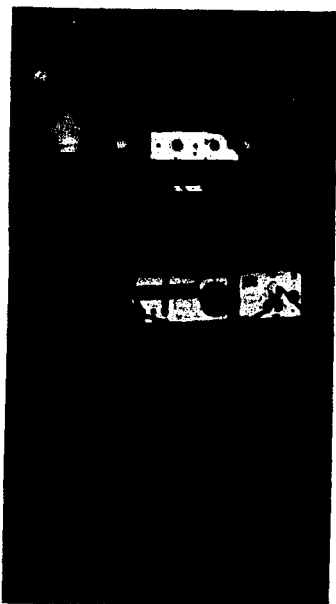


Fig. - 4.5 Soldadura de Arco Sumergido Soldando la Columna de un Edificio.

#### 4.2.3 SOLDADURA DE ARCO DE METAL Y GAS INERTE (MIG)

En este proceso el electrodo está constituido por un alambre fusible continuo que es suministrado automáticamente desde un carrete hasta el portaelectrodos (Fig. - 4.6). El circuito es básicamente el igual al mostrado en la figura 4.1, con la única diferencia de que en éste -- existe además una línea para el abastecimiento del gas protector, el -- cual puede ser bióxido de carbono, helio o argón. El gas al proporcionar una envoltura gaseosa alrededor del arco y de la región soldada -- ejecuta las siguientes funciones:

- (a) Protege el metal fundido de la atmósfera.
- (b) Regula el arco y las características de la transferencia de metal.
- (c) Regula la penetración, el ancho de fusión y la forma de la soldadura.
- (d) Regula la velocidad de la soldadura.
- (e) Regula el socavado.



ALZAR EN OBRERA

Fig. - 4.6 Equipo para soldar con corriente directa (MIG).

Es muy importante que el gas que protege el arco no sea disipado -

por el viento o por cualquier ventilador; los códigos estructurales --- prohíben el uso de este método cuando el viento excede a los 8 Km/h., a menos que alguna protección sea construida alrededor del operador.

Cuando en la soldadura de arco de metal y gas inerte se emplea -- el bióxido de carbono como gas protector se obtienen muy buenas solda duras en aceros de bajo contenido de carbón y de baja aleación. Por - esta razón este proceso es frecuentemente usado en la construcción - de puentes y edificios de acero.

#### 4.2.4 SOLDADURA DE ARCO CON FUNDENTE EN EL NUCLEO DEL- ELECTRODO (FLUX-CORED ARC WELDING).

En este proceso en lugar de resistir el electrodo lo cual no es po-- sible para un alambre electrodo continuamente suministrado, el mate-- rial del revestimiento o fundente está constituido en el núcleo del elec-- trodo. El fundente, al igual que en los casos anteriores, proporciona - la protección necesaria. Dado que no se requiere una protección gaseo-- sa externa, es muy útil para la soldadura estructural de campo; pues - el viento no disipa la protección.

#### 4.2.5 SOLDADURA OXIACETILENICA (AUTOGENA).

En la soldadura oxiacetilénica el calor se obtiene por la combus--



tión de una mezcla de oxígeno y acetileno. El metal fundido se obtiene de una varilla de soldadura separada, ya sea desnuda o recubierta. En la figura 4.7 se muestran los componentes principales que intervienen en este proceso. Actualmente este método rudimentario ha sido esencialmente reemplazado por la soldadura de arco eléctrico.

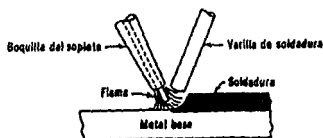


Fig. - 4.7 Soldadura Oxiacetilénica.

Sin embargo, el soplete oxiacetilénico es ampliamente utilizado para el corte de acero, para la preparación del material que va a soldarse con arco y para calentar el acero que deba doblarse o enderezarse.

En la construcción de la mayoría de los puentes y edificios de acero se utiliza ya sea la soldadura de arco metálico protegido con electrodos revestidos para operaciones manuales o el proceso de arco sumergido con electrodos desnudos y fundente granular para opera-

ciones automáticas o semiautomáticas.

#### 4.3 TIPOS DE JUNTAS Y SOLDADURAS.

Los tipos de juntas utilizados en conexiones estructurales dependen de muchas consideraciones de diseño, tales como el tamaño y la forma de los miembros a conectar, el tipo de carga, la cantidad de área disponible para la soldadura y los costos de los diferentes tipos de soldadura. Existen cinco tipos básicos de juntas soldadas: A tope, de traslape, en "T", de esquina y de borde, así como cuatro tipos básicos de soldaduras: De preparación, de filete, de ranura y de tapón, según se muestran en la figura 4.8. Las soldaduras de preparación se

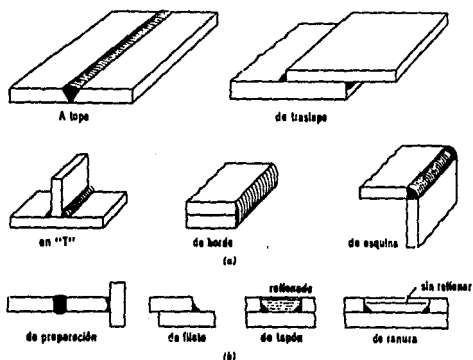


Fig. - 4.8 Conexiones Soldadas: (a) Tipos de Juntas, (b) Tipos de Soldaduras.

duras de preparación se usan siempre cuando las partes a conectar están alineadas en el mismo plano; también pueden usarse para una junta en "T" como se muestra. Las soldaduras de filete se usan para juntas de traslape, en "T" y de esquina; ocasionalmente pueden usarse — soldaduras de tapón o de ranura para juntas de traslape. Las formas de las soldaduras de preparación varían, dependiendo del modo en que se preparen los extremos de las piezas. En la figura 4.9 se muestran algunas formas comunes.

La preparación de las piezas, la cual se realiza por corte con soplete u oxícorde facilita la penetración y fusión del metal base. En la preparación de una junta el diseñador debe considerar por un lado el corte de la preparación, y por el otro lado, la necesidad de una mayor penetración de la soldadura. Cuando las juntas no están biseladas, la

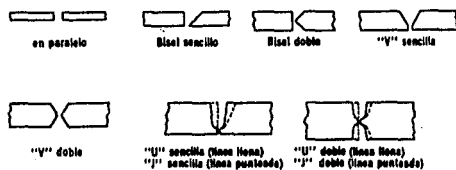


Fig. - 4.9 Formas de Soldaduras de Preparación.

separación entre las piezas es un poco mayor que en las piezas preparadas, y el procedimiento es un poco más complicado. Usualmente sólo los procesos de arco mecanizados producen buenas soldaduras sin preparación. Las juntas soldadas sin preparación pueden ser el origen de fracturas frágiles o de fallas por fatiga.

La soldadura de filete, cuya sección transversal se caracteriza por una forma triangular (que por lo común tiene sus lados iguales), es el tipo que se usa más extensamente. Cuando por condiciones de resistencia se requieran soldaduras de gran tamaño, estas se conseguirán con varios pasos o pasadas del electrodo. En la figura 4.10 se muestra un filete grande formado por seis pasos del electrodo. Es necesario permitir el enfriamiento de cada paso y quitar completamente la escoria antes de proceder al siguiente. En la figura se indica el orden en que deberá hacerse la soldadura. Las soldaduras mayores estarán formadas por la continuación del mismo proceso de construcción.

Las soldaduras de tapón y de ranura se usan cuando no puede obtenerse una longitud suficiente de soldadura de filete, o cuando se desea una conexión local adicional entre placas traslapadas.

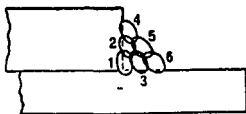


Fig.- 4.10

#### 4.4 NOMENCLATURA.

Antes de que una junta sea soldada, el diseñador debe de algún modo poder indicarle al fabricante de piezas de acero en el taller y al constructor de la obra, del tipo y tamaño de la soldadura requerido. La necesidad de un método simple y preciso para establecer una comunicación entre el diseñador y el constructor esto dió origen a que la Sociedad Americana de Soldadura (A.W.S.), especificara un conjunto de símbolos que proporcionan los medios para dar, en los dibujos, una información completa y concisa de las soldaduras. En la figura 4.11 se muestran los símbolos de soldadura.

TIPO DE SOLDADURA							CUÑA	SOLDADURA DE CAMPO	SOLDADURA ALREDEDOR	CORASE
CANTO	CHAPLAN	RAJURA DE LAS PIEZAS								
		RECTANGULAR	V	DISEL	U	J				

LOCALIZACION DE LAS SOLDADURAS		
Lado más cercano	Lado más lejano	Ambos lados

**NOTAS**

- 1.—El lado de la junta para donde señala la flecha es el lado más cercano y el lado opuesto a éste es el lado más lejano.
- 2.—Las soldaduras del lado más cercano y del más lejano se harán de la misma dimensión a menos que se indique de otra manera.
- 3.—Los símbolos se aplican hasta donde haya un cambio notable de dirección o dimensiones indicadas (excepto cuando se use el símbolo de "todo alrededor").
- 4.—Todas las soldaduras son continuas y de las proporciones normalizadas por el usuario si no se indica de otra manera.
- 5.—La cola de la flecha se usa para anotar especificaciones. Si no hay nada que anotar, se omite la cola de la flecha, p. e. se pone A. E. para Arco Automático protegido con electrodo y A. S. para automático sumergido.
- 6.—En las juntas en las que hay que hacer ranura a un miembro, la flecha señalará tal miembro.
- 7.—Las dimensiones de las soldaduras, de la longitud del incremento y de los espaciamientos se indicarán en milímetros o pulgadas.
- 8.—Dimensiones, símbolo, longitud y espaciamiento se leerán en ese orden, de izquierda a derecha a lo largo de la línea de referencia independiente del sentido de la flecha.

Fig. - 4.11 Símbolos para Soldadura Eléctrica.

#### 4.5 DEFECTOS DE LAS SOLDADURAS.

Algunos de los defectos más comunes ocasionados por la falta -- de una buena técnica y de un buen procedimiento de soldadura son: La falta de fusión y penetración, la porosidad, la socavación, la inclu--- sión de escoria y las grietas o agrietamientos (Fig. -4.12).

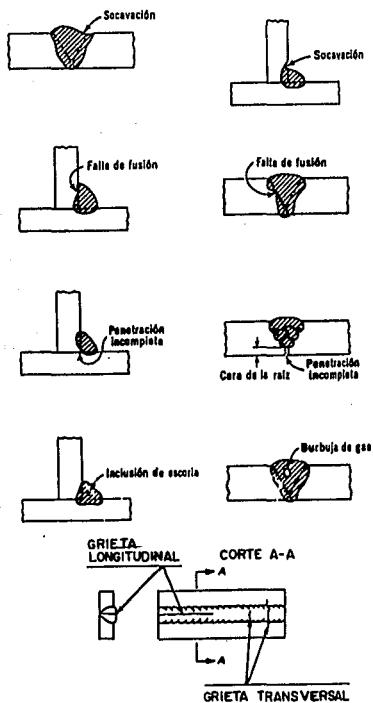


Fig.- 4.12 Defectos de Soldadura.



### Falta de Fusión.

La falta de fusión se presenta cuando el metal base y el metal de aportación no se funden en algún punto de la junta (que no sea la raíz) Este defecto no es común en las soldaduras de arco, a menos que las superficies que se suelden estén recubiertas con materiales extraños - que eviten la fusión en ese punto. Si las superficies están adecuadamente limpias y se seleccionan correctamente el tamaño del electrodo, la velocidad y la corriente, se asignará una completa fusión (una velocidad excesiva o una corriente insuficiente pueden hacer que el metal base no alcance el punto de fusión).

### Penetración Incompleta.

La penetración incompleta se presenta cuando el metal base y metal de aportación no se funden en la raíz. Este tipo de defecto puede ocurrir como resultado de un mal diseño de la preparación, tal como una dimensión excesiva de la cara de la raíz, una abertura insuficiente en la raíz o un ángulo insuficiente de la preparación, o puede deberse a una técnica inapropiada, como el uso de un electrodo de diámetro excesivamente grande, velocidad excesiva, o corriente insuficiente.

### Porosidad.

La porosidad ocurre cuando algunos vacíos o bolsas de gas son atrapadas en el metal de soldadura durante el proceso de enfriamiento. La porosidad puede estar uniformemente dispersa en la soldadura o puede estar constituida por una gran bolsa en la raíz. La porosidad se debe frecuentemente al uso de corrientes o longitudes de arco excesivas.

#### Socavación.

La socavación se presenta cuando por el uso de una corriente o una longitud de arco excesiva se quema o se retira una porción del metal base (ésto reduce el espesor de la junta en sitio de la soldadura). La socavación, fácilmente detectable por inspección visual, puede corregirse depositando metal de aportación adicional después que la superficie se ha limpiado adecuadamente.

#### Inclusión de Escoria.

La escoria, que consta de óxidos metálicos y otros compuestos sólidos, se forma durante el proceso de soldadura como resultado de las reacciones químicas entre el metal, el aire y recubrimiento del electrodo. Como la escoria tiene una densidad menor que el metal fundido, usualmente flota sobre la superficie y por lo tanto raramente se presentan inclusiones de escoria en soldaduras horizontales.

Sin embargo, un enfriamiento demasiado rápido y un ángulo insuficiente de la preparación pueden atrapar a la escoria antes de que suba a la superficie. Las soldaduras verticales y sobre cabeza están especialmente propensas a tener inclusiones de escoria por lo que deben ser cuidadosamente inspeccionadas.

#### Grietas.

Las grietas son aberturas largas y angostas que se originan por esfuerzos internos. Pueden estar paralelas o transversales al eje de la soldadura y extenderse desde el metal fundido hasta el metal base o estar completamente en el metal base. Las grietas son quizás el más peligroso de los defectos de soldadura; sin embargo, las grietas pequeñas llamadas microfisuras no tienen ningún efecto nocivo.

#### 4.6 METODOS DE INSPECCION.

Dado que no es posible realizar una supervisión escrupulosa de cada soldadura realizada, las siguientes sugerencias servirán como pauta para realizar buenas soldaduras estructurales:

(a) Establecer buenos procedimientos de soldadura. - Un buen procedimiento debe considerar las propiedades físicas y químicas del metal base y del de aportación, el tipo y tamaño de los electrodos, el tipo y tamaño de las soldaduras, el posible precalentamiento o tratamien

to término de las partes después de soldar, y el equipo de soldadura a usar.

(b) Emplear únicamente soldadores calificados. - El valor de una soldadura depende en gran parte de la habilidad del soldador. Por esta razón es habitual pedir que las soldaduras sean hechas solamente por soldadores calificados.

(c) Utilizar inspectores de soldadura competentes. - La eficacia del soldador es un factor importante para obtener un trabajo satisfactorio, pero no elimina la necesidad de una inspección cuidadosa del trabajo que se realiza. El inspector, debe estar pendiente y determinar si el metal base se ha preparado correctamente y si está libre de aceite o suciedad y debe ver también que se sigan todos los procedimientos estipulados en el contrato para corregir una soldadura satisfactoria. Debe verificar las soldaduras en cuanto a defectos comunes y tamaños (Fig. - 4.13); debe vigilar la formación del cordón la fusión penetración, grietas y escuchar el sonido del arco.

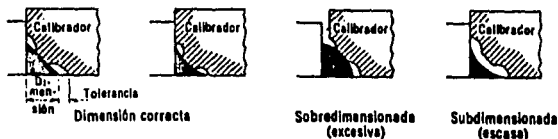


Fig. -4.13 Calibradores para checar el tamaño de soldaduras de filete.

Existen varios métodos disponibles para la inspección de las soldaduras, como son el visual, el de partículas magnéticas, el de la tinte penetrante, el ultrasónico y el radio gráfico.

**Método visual.** - En este método se observa al soldar en operación mientras lleva a cabo su trabajo, se detectan defectos externos y se mide el tamaño de las soldaduras. Es el método de inspección más sencillo y económico.

**Método de las partículas magnéticas.** - En este método se emplean limaduras de hierro, las cuales, al ser colocadas sobre el área soldada se polarizan al pasar una corriente eléctrica a través de la soldadura. Las configuraciones adoptadas por las limaduras indicarán la presencia de grietas a un observador experimentado.

**Método de la tinte penetrante.** - Se aplica una tinte a la superficie de la soldadura, la que penetra en las grietas que puedan existir. Se elimina el sobrante y se coloca un material absorbente sobre las soldaduras. La cantidad de tinte que brote fuera de las grietas indicará su profundidad.

**Método ultrasónico.** - En este método se envían ondas de sonido de alta frecuencia a través del material. Los defectos reflejan las ondas de sonido y retardan su transmisión; una soldadura sin defectos

tos no impide el paso de las ondas por lo que su transmisión es rápida.

Método radiográfico. - Este método puede emplear rayos "X" o rayos gamma para reproducir la figura de la soldadura sobre una película. Este método es costoso y requiere de precauciones especiales debido a lo peligroso de la radiación. Sin embargo este método es confiable y sirve para detectar defectos internos como la falta de fusión o penetración, la porosidad, la inclusión de escoria y la presencia de grietas internas; las cuales no pueden ser detectadas por la observación visual. En materiales muy gruesos los rayos "X" no revelan defectos muy pequeños.

#### 4.7 ESFUERZOS RESIDUALES Y DEFORMACIONES.

En el proceso de soldadura una parte del metal se calienta a la temperatura de fusión y el metal que le rodea se calienta algo menos. La contracción, por causa del enfriamiento, de la parte calentada no puede verificarse sin resistencia del metal que le rodea y que está sujeto a cambios menores. Por lo tanto, se presentan esfuerzos residuales en la pieza. Estos esfuerzos son indeseables por dos razones principales: por las deformaciones, que están usualmente asociados con ellos; y por la posibilidad de una fractura frágil -

si estos esfuerzos son altos.

Es muy fácil que se presenten deformaciones si no se tiene cuidado en el diseño de las juntas y en la selección del procedimiento de soldadura. En la figura 4.14 se muestra el resultado de usar soldaduras no-simétricas comparado con el resultado que se obtiene al utilizar soldaduras simétricas.

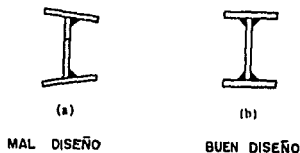


Fig. - 4.14 Efecto de la colocación de la Soldadura: (a) Mal diseño, (b) Buen diseño.

Por lo tanto, los diseños de soldadura deben tratar de obtener soldaduras simétricas y la ejecución de la soldadura debe llevarse a cabo también simétricamente. Aunque existen muchas técnicas para minimizar las distorsiones, la más común es aquella en que se tiene una secuencia intermitente (Fig. - 4.15 a). Después, si es necesario, se regresa a soldar los espacios dejados (Fig. - 4.15 b). La técnica de "avanzar retrocediendo", también es buena; su secuencia-

se muestra en la figura 4.16. Esta técnica puede mejorarse saltándose algunos pasos, por ejemplo, soldando en el siguiente orden: 1, 3, 5, 2, 4, y 6.

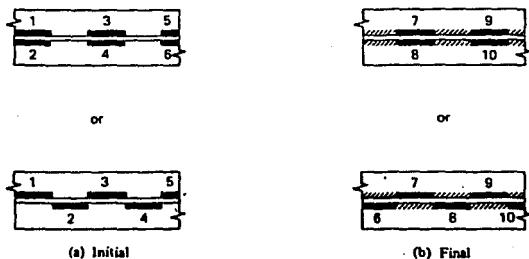


Fig. - 4.15 Secuencia para soldaduras intermitentes.

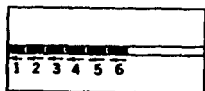


Fig. - 4.16 Técnica de avanzar retrocediendo.

Otros medios para reducir al mínimo los esfuerzos residuales incluyen el precalentamiento de las partes antes de soldar, el relevado de esfuerzos mediante calentamiento después de soldar y el martillo de la soldadura, para causarle alargamientos locales y relevada -



de las fuerzas de contracción. Cabe mencionar, que el método más efectivo para aliviar los esfuerzos residuales provocados por una soldadura es recocer todo el miembro soldado. Desgraciadamente, la capacidad de los hornos de recocido no permite usar este proceso a gran escala.

#### 4.8 CORTE POR SOPLETE.

El corte por soplete u oxicorte es un proceso muy importante en la fabricación y construcción de estructuras metálicas. Es particularmente útil para la preparación de los extremos de las piezas que se van a unir por soldadura. Los espesores de metal que no pueden cortarse prácticamente por otros medios se cortan fácilmente con soplete. Mediante este procedimiento es posible cortar placas de acero de hasta 75 cm. de espesor. Con el uso de sopletes guiados mecánicamente es posible obtener cortes y biseles precisos (Fig. 4.17).

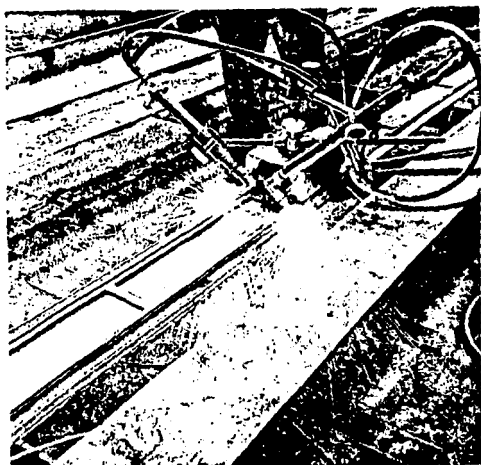


Fig. - 4.17 Preparación de la Placa de una Columna mediante un --  
Soplete guiado de doble antorcha.

Este procedimiento, ampliamente utilizado, consiste básicamente en dos etapas:

- (a) Primero se calienta el acero al rojo vivo con una flama provocada por la combustión de una mezcla de oxígeno y acetileno.
- (b) Posteriormente se proyecta al metal fundido un fuerte chorro de oxígeno que lo oxida e impulsa fuera de la ranura de corte.

## COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

Es importante mencionar que la mayoría de los talleres de fabricación de estructuras metálicas en México, no emplean procedimientos y equipos tan sofisticados y modernos como los que emplean las grandes potencias. Esto es lamentable, pues con estas técnicas avanzadas se facilita enormemente el trabajo y se obtiene una mejor calidad. En el campo de la soldadura estructural, ocurre lo mismo, -- pues existen numerosos procesos, tales como el arco sumergido y la electroescoria, que por el alto costo de las máquinas necesarias para su realización, difícilmente se llevan a cabo.

Por lo que respecta a los medios de unión de las estructuras -- metálicas es necesario, que tanto el Ingeniero estructurista, como el Ingeniero constructor, conozcan las características, ventajas, desventajas y costos de los distintos medios de unión con el fin, por una parte, de seleccionar aquél que satisfaga en forma óptima las necesidades particulares de la estructura, y por otra parte, asegurar la correcta ejecución de las uniones.

También es de comentarse que el uso de los remaches en la -- fabricación de estructuras de acero, el cual es uno de los más antiguos métodos para unir metales, está actualmente desapareciendo.

Esto es debido al advenimiento de los tornillos de alta resistencia y al desarrollo de las técnicas de soldadura. La causa por la que los tornillos de alta resistencia han hecho que los remaches sean prácticamente obsoletos es porque éstos proveen todas las ventajas de los remaches sin incurrir en ninguna de sus desventajas.

Por último es importante mencionar que el gran avance de los procedimientos de soldadura, ha hecho que la fabricación en el taller sea casi siempre soldada; por lo que los remaches ya no son económicos. Además, las juntas proplamente soldadas son más simples y mejores.

## BIBLIOGRAFIA.

Raymond A. Higgins.

Ingeniería Metalúrgica Tomo I

Editorial C. E. C. S. A.

Clifford D. Williams, Ernest C. Harris.

Diseño de Estructuras Metálicas

Compañía Editorial Continental.

Boris Bresler, T. Y. L.N., Jhon B. Scalzi.

Diseño de Estructuras de Acero.

Editorial Limusa.

G. Klenert.

Tomos: I Productos Siderúrgicos de Construcción.

Organos de Enlace.

Juntas Tipo.

II Elementos de Armazón.

Juntas Ensambladoras. Apoyos.

Editorial Urmo.

Lambert Tall.

Structural Steel Desing.

Lehigh University Second Edition.

**Nicolás Larburu Arrizabalaga.**

**Estructuras Metálicas de Acero.**

**F. Hart, W. Henn.**

**El Atlas de la Construcción Metálica.**

**Charles G. Salmon, Jhon E. Jhonson.**

**Stell Structures Desing and Behavior.**

**Altos Hornos de México, S. A.**

**Manual A.H.M.S.A.**

**Construcciones de Acero.**

**Segunda Edición.**