



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

28  
96

**"ESTRUCTURAS METÁLICAS"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**I N G E N I E R O C I V I L**

**P R E S E N T A:**

**JORGE LUIS HERNANDEZ AGUILAR**

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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

### "ESTRUCTURAS METALICAS".

CAPITULO I.	INTRODUCCION.....	I
CAPITULO II.	EL ACERO.....	4
II.1.	DEFINICION Y FABRICACION DEL ACERO.....	5
II.2.	PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL.....	5
	Relaciones esfuerzo-deformación. Ductilidad. Módulo de - elasticidad. Módulo de Poisson. Módulo de elasticidad al cortante. Coeficiente de dilatación térmica.	
II.3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO ESTRUCTURAL... 8	
	VENTAJAS:	
	Alta resistencia por unidad de peso. Uniformidad en las propiedades. Durabilidad de las estructuras. Ampliación de estructuras existentes. Ductilidad del acero. Algunas otras ventajas del acero estructural.	
	DESVENTAJAS:	
	Suceptibilidad al pandeo. Baja resistencia a la corro- sión. Disminución de su resistencia ante el fuego.	
II.4.	ACEROS ESTRUCTURALES Y SUS USOS.....	10
	Aceros al carbón. Aceros de baja aleación y alta resis- tencia. Aceros aleados térmicamente tratados para la -- construcción.	
II.5.	PERFILES DE ACERO ESTRUCTURAL.....	19
	Perfiles estructurales simples. Secciones compuestas.	

II.6.APLICACIONES EN LA CONSTRUCCION DE LOS PERFILES -  
DE ACERO ESTRUCTURAL.....35

Miembros sujetos a tensión.Miembros sujetos a compresión.Miembros sujetos a flexión.Miembros sujetos a torsión.

CAPITULO III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....53

III.1.FABRICACION.....54

Trazado.Corte y taladrado.Montaje.Montaje provisional.  
Pintura.

III.2.TRANSPORTE.....60

III.3.MONTAJE.....60

Montaje de edificios de varios pisos.Montaje de puentes de armaduras.Montaje en voladizo para puentes.Montaje de edificios industriales.

III.4.CONEXIONES.....71

III.4.I.MEDIOS DE UNION.

REMACHES: Generalidades.Tipos de remaches.Aceros para remaches.Calentamiento de remaches.Proceso de remachado.Espaciamiento y distancia de los remaches a los centros.Inspección de remaches.Tipos de falla.

TORNILLOS: Generalidades.Tipos de tornillos.Tuercas.  
Proceso de atornillado.Procedimientos empleados para impedir que se desajusten las tuercas.

SOLDADURA: Generalidades.Procesos de soldadura.Clasi-  
ficación de soldaduras.Métodos para rellenar una junta.  
Símbolos para soldadura.Técnicas de soldadura.Inspección de soldaduras.

### III.4.2. JUNTAS.

#### III.4.2.1. JUNTAS DE PLACAS.

##### JUNTAS REMACHADAS O ATORNILLADAS:

Juntas de dos placas situadas en planos paralelos. Juntas de dos placas situadas en el mismo plano. Juntas de dos placas situadas en planos no paralelos. Juntas de varias placas en planos paralelos.

##### JUNTAS SOLDADAS:

Junta de dos placas situadas en planos paralelos. Junta de dos placas situadas en planos no paralelos. Junta de varias placas situadas en planos paralelos.

#### III.4.2.2. JUNTAS DE PERFILES.

##### JUNTAS REMACHADAS O ATORNILLADAS:

Juntas de ángulos. Juntas de perfiles "I". Juntas de perfiles "L". Juntas de canales.

##### JUNTAS SOLDADAS:

Juntas realizadas con perfiles.

#### III.4.2.3. JUNTAS DE VIGA SOBRE COLUMNA.

##### JUNTAS REMACHADAS O ATORNILLADAS:

Juntas cuando la viga no penetra en la columna. Juntas cuando la viga penetra en la columna.

##### JUNTAS SOLDADAS:

La viga esta apoyada sobre la columna. La viga esta --- parcialmente empotrada sobre la columna. Caso de piezas gemelas.

III.5.ESPECIFICACIONES.....	162
<b>CAPITULO IV. TIPOS DE ESTRUCTURAS.....</b>	<b>165</b>
IV.1. CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS.....	166
ESTRUCTURAS LAMINARES O CASCARONES:	
Superficies de translación.Superficies de rotación.Su— perficies regladas.Superficies compuestas.	
ESTRUCTURAS RETICULARES.	
IV.2. CUBIERTAS DE CASCARON.....	170
IV.3. ARMADURAS.....	173
Generalidades.Tipos de armaduras.Selección del tipo de armadura.	
IV.4. EDIFICIOS.....	180
Generalidades.Tipos de estructuras de acero utilizadas para edificios (estructura apoyada en muros de carga ; entramados de acero;estructuras de acero de claros --- grandes y estructuras combinadas de acero y concreto). Diferentes sistemas de piso (losas de concreto sobre - viguetas o largueros de alma abierta;losas de concreto reforzado en una y en dos direcciones;pisos en colabo- ración;pisos de losa reticular;pisos de bloques de --- concreto aligerados con bloques huecos de barro,yeso o concreto ligero;pisos con cimbra de moldura de acero; losas planas;pisos de losas precoladas).Tipos de cu— biertas para techos.Muros exteriores y divisiones in— teriores.Contravento lateral.	
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>204</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>207</b>

**CAPITULO I**

**INTRODUCCION**

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

La ingeniería de estructuras metálicas comprende el planeamiento, el diseño y la construcción de estructuras, tales como: edificios, puentes, plumas de grúas, torres de distribución de energía eléctrica, silos de carbón y de grano, depósitos de agua y gas, cubiertas para techo y muchas otras más. La sola mención de estructuras de tan variado tipo permite ver la interrelación que existe entre la construcción de éstas y la industria, con todo lo que ello implica. De ahí la importancia del presente trabajo, que tiene como objeto presentar el estudio de estructuras metálicas desde el punto de vista constructivo, para que sirva a toda persona interesada en el tema y en especial a los maestros y alumnos de la materia "construcción II", que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El estudio se presenta en los capítulos II, III y IV:

El capítulo II se dedica a la presentación de diversos aspectos del acero estructural. Entre estos aspectos se tratan principalmente sus propiedades; tipos de aceros que existen en el mercado y los usos que se recomiendan para cada uno de ellos. Además los tipos de perfiles estructurales que se fabrican y la aplicación que se le da a cada sección en la construcción, tomando como criterio la acción predominante que soportarán.

En el capítulo III se presentan las diversas etapas que constituyen el procedimiento constructivo de las estructuras metálicas. Se profundiza más en la parte correspondiente a conexiones, por considerarse una etapa de la construcción en que se debe tener mayor cuidado, para evitar que resulten conexiones defectuosas que pongan en peligro la estructura.



Finalmente en el capítulo IV se tratan brevemente los grupos en que se dividen las estructuras metálicas para su estudio y algunas de las estructuras que más se construyen. Entre las estructuras mencionadas se presentan con mayor detalle los edificios, pues se incluyen aspectos de la estructura propiamente dicha, -- así como aspectos de tipo funcional.

En el desarrollo del trabajo se dan algunas consideraciones --- prácticas, que deben de tomarse en cuenta para la construcción.

## CAPITULO II

### EL ACERO

- II.1 DEFINICION Y FABRICACION DEL ACERO.
- II.2 PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL.
- II.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO ESTRUCTURAL.
- II.4 ACEROS ESTRUCTURALES Y SUS USOS.
- II.5 PERFILES DE ACERO ESTRUCTURAL.
- II.6 APLICACIONES EN LA CONSTRUCCION DE LOS PERFILES DE ACERO ESTRUCTURAL.

## CAPITULO II

### EL ACERO

#### II.1 DEFINICION Y FABRICACION DEL ACERO.

El acero es un compuesto formado casi en su totalidad por hierro, y pequeñas cantidades de carbono, sílice, manganeso, azufre, fósforo, así como otros elementos.

El carbono es el elemento que tiene mayor efecto en las propiedades del acero, ya que a menor contenido de carbono, es más suave y más dúctil, pero menos resistente; y a mayor contenido de carbono su dureza y resistencia aumentan, pero resulta más quebradizo y su soldabilidad disminuye considerablemente.

El proceso de fabricación del acero consiste básicamente en mezclar mineral de hierro con carbón de coque y piedra caliza, y someterlos a una alta temperatura hasta obtener como resultado un producto llamado arrabio, que es un material impuro y no apropiado para aplicaciones estructurales debido a su fragilidad. Para obtener un material más dúctil se le agrega carbono en cantidades adecuadas y las impurezas se eliminan agregándole aire a la masa fundida; se obtienen así elementos de acero relativamente grandes denominados lingotes.

#### II.2 PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL.

Es importante que el ingeniero civil conozca las propiedades del acero estructural y este familiarizado con ellas, para que comprenda mejor el comportamiento de las estructuras que con él se construyen. Por tal motivo se enumeran a continuación:

##### I) Relaciones esfuerzo - deformación.

Las características más importantes del acero se obtienen de las curvas esfuerzo - deformación obtenidas mediante ensayos de tensión efectuados sobre probetas estándar según especificaciones de la Sociedad Americana para Ensayo de Materiales (ASTM).

esto se muestra en la fig. 2.1 .

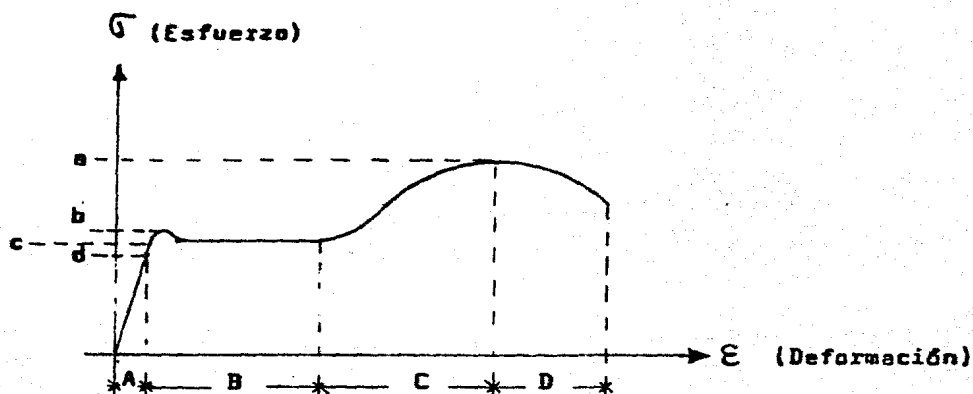


Fig. 2.1 Curva esfuerzo - deformación de un acero laminado en -- caliente.

a -- Esfuerzo máximo, que representa la resistencia del acero.  
 b y c -- Límites superior e inferior de fluencia a los que co--- rresponde un decisivo incremento en la deformación sin el correspondiente incremento de esfuerzo.

d -- Límite de proporcionalidad, representa el mayor esfuerzo para el que tiene aplicación la ley de Hooke ( $E = \sigma/\epsilon$ ).

A -- Zona elástica, donde los esfuerzos son proporcionales a las -- deformaciones.

B -- Zona plástica, en la que se producen deformaciones relativa-- mente grandes para incrementos pequeños o nulos de esfuerzo.

C -- Zona de endurecimiento por deformación, donde se incrementan los esfuerzos y las deformaciones hasta alcanzar la resistencia.

D -- Zona de estrangulamiento y fractura, en donde la capacidad de carga disminuye y la deformación se incrementa hasta alcanzar la falla.

## 2) Ductilidad.

Es la capacidad de deformación que tiene el acero en el rango --- inelástico. Se mide por el porcentaje de alargamiento o acortami--

ento a la falla del material sujeto a carga axial. Se calcula con la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 ; \text{ varía del } 5\% \text{ al } 20\% .$$

Donde:

- δ - Porcentaje de alargamiento o acortamiento a la falla.
- L<sub>f</sub> - Longitud del elemento medida en el instante de la falla.
- L<sub>o</sub> - Longitud inicial del elemento.

3) Módulo de elasticidad.

Es una constante de proporcionalidad que mide la rigidez longitudinal del material sujeto a carga axial. Representa la pendiente de la porción recta de la curva esfuerzo - deformación unitaria y se expresa por la ley de Hooke como:

$$E = \sigma / \epsilon$$

Donde:

- E - Módulo de elasticidad.
- σ - Esfuerzo normal debido a carga axial.
- ε - Deformación unitaria.

El valor del módulo de elasticidad varía poco según el tipo de acero, por lo que se acostumbra tomar  $E = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ .

4) Módulo de Poisson.

Es una medida de la rigidez transversal del material sujeto a carga axial y se expresa por la fórmula:

$$\mu = \frac{\epsilon_T}{\epsilon_L} ; \text{ en el acero varía de } 0.25 \text{ a } 0.33 .$$

Donde:

- μ - Módulo de Poisson.
- ε<sub>T</sub> - Deformación unitaria transversal.
- ε<sub>L</sub> - Deformación unitaria longitudinal.

En la figura 2.2 se muestra físicamente el efecto de Poisson.

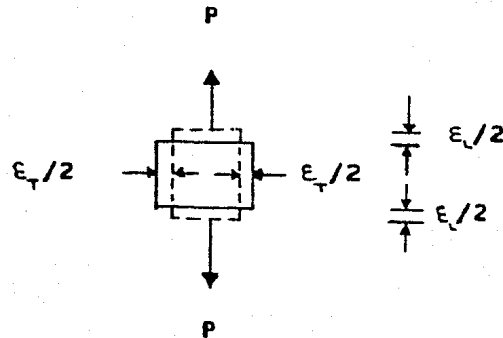


Fig. 2.2 Efecto de Poisson.

### 5) Módulo de elasticidad al cortante.

Es una medida de la rigidez angular del material sujeto a cortante y se expresa por la fórmula:

$$G = \frac{\tau}{\gamma}; \text{ varía de } 0.4 \text{ a } 0.5E .$$

Donde:

$G$  - Módulo de elasticidad al cortante.

$\tau$  - Esfuerzo cortante.

$\gamma$  - Deformación angular.

### 6) Coeficiente de dilatación térmica.

Es un parámetro que se utiliza para determinar la deformación de un elemento por cambio de temperatura y se le considera un valor de  $0.00001 / ^\circ\text{C}$ .

## 11.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO ESTRUCTURAL.

### I) Ventajas.

El acero estructural es posiblemente el material más versátil -- dentro de la construcción por la gran cantidad de usos que se le pueden dar, ya que tiene un buen comportamiento ante las acciones externas. Lo anterior se comprenderá mejor al considerar las siguientes propiedades deseables de este material:

A) Alta resistencia por unidad de peso.

Significa que las cargas muertas en una estructura seran menores, este hecho es de gran importancia en puentes de gran claro, edificios elevados, y en estructuras cimentadas en condiciones precarias.

B) Uniformidad en las propiedades.

Las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo, como sucede en otros materiales como el concreto reforzado --- cuya resistencia aumenta con el paso del tiempo.

C) Durabilidad de las estructuras.

Las estructuras de acero con un mantenimiento adecuado duran indefinidamente. En la mayoría de los casos este mantenimiento consiste en pintarlas periódicamente con alguna pintura anticorrosiva de plomo, cromato de cinc, etc.

D) Ampliación de estructuras existentes.

Las estructuras de acero se amplian en cualquier sentido sin muchas complicaciones, ya que sólo hay que unir elementos estructurales con sus debidas conexiones.

E) Ductilidad del acero.

Es la propiedad que le permite soportar deformaciones grandes sin fallar, bajo esfuerzos de tensión elevados.

En los miembros estructurales bajo cargas normales, se desarrollan concentraciones de esfuerzos elevados en varios puntos, pero la -- naturaleza dúctil de este material le permite fluir localmente en dichos puntos, previniendo así fallas prematuras. Además cuando se sobrecargan, sus grandes deflexiones dan una evidencia de falla -- inminente.

F) Algunas otras ventajas del acero estructural son:

Adaptación a prefabricación, rapidez de montaje, soldabilidad, tenacidad, resistencia a la fatiga, posible reutilización del material después de que la estructura se desmonte y valor de rescate del material aún cuando no pueda usarse sino como chatarra.

## 2) Desventajas.

El acero tiene en general las siguientes desventajas:

### A) Susceptibilidad al pandeo.

El empleo de aceros de alta resistencia y de otros materiales -- como el aluminio, así como la utilización de nuevas formas constructivas, han hecho que las estructuras modernas de acero estén generalmente formadas por elementos muy esbeltos, en los cuales los fenómenos de inestabilidad adquieren una importancia fundamental, ya que aumenta el problema del pandeo de columnas.

### B) Baja resistencia a la corrosión.

La resistencia a la corrosión de la mayoría de los aceros utilizados para fines estructurales es baja, por lo que se necesita -- dar protección a estas estructuras expuestas a agentes corrosivos tales como el oxígeno, el vapor de agua, los sulfatos y otros. La protección puede consistir en algún tratamiento superficial -- como pintar la estructura periódicamente con alguna pintura anticorrosiva u otro tratamiento más elaborado como puede ser el -- uso de revestimientos especiales con cinc o asfalto.

### C) Su resistencia disminuye sustancialmente con el fuego a grandes temperaturas.

Esta desventaja hace ver la importancia de proteger las estructuras de acero contra el fuego para que no disminuya la resistencia del acero. Los elementos estructurales se pueden proteger con revestimientos de concreto, yeso, vermiculita, asbesto y ciertas pinturas especiales.

## II.4 ACEROS ESTRUCTURALES Y SUS USOS.

La demanda cada vez más insistente que se tiene de aceros estructurales con mejores propiedades de resistencia, soldabilidad, resistencia a la corrosión y otras; ha hecho que la industria del acero fabrique nuevos tipos que satisfacen muchas de las propiedades antes mencionadas. Esta variedad de aceros está cubierta --



por la Sociedad Americana para Ensayos de Materiales (ASTM) e -- incluida en las especificaciones del Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC) y se clasifican en tres grandes -- grupos que son:

1) Aceros al carbón.

Estos aceros tienen perfectamente controlados el carbono y el - manganeso, de los cuales depende principalmente su resistencia. El acero más común de este grupo es el A-36 con un límite de - fluencia  $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ , y perfectamente adecuado para fabricar estructuras de edificios y puentes por procesos de remachado o soldadura. Otros aceros al carbón designados por las normas ASTM son el A500, A501 y el A529.

2) Aceros de baja aleación y alta resistencia.

Estos aceros además de contener carbono y manganeso, su resisten- cia se debe a que se usan como elementos de aleación el colum- bio, vanadio, cromo, silicio, cobre, níquel y otros. Su límite de --- fluencia varía de  $2940 \text{ Kg/cm}^2$  a  $4550 \text{ Kg/cm}^2$  y tienen mayor re- sistencia a la corrosión que los aceros simples al carbón. En -- este grupo se incluyen los aceros designados por las normas --- ASTM como: A242, A440, A441, A572 y el A588.

3) Aceros aleados térmicamente tratados para la construcción.

Estos aceros contienen elementos de aleación en mayor cantidad que los de baja aleación y alta resistencia, además se tratan -- térmicamente por revenido y templado para obtener aceros tena- ces y resistentes. Tienen límites de fluencia que van de  $6300$  a  $7030 \text{ Kg/cm}^2$  dependiendo del espesor. En las normas ASTM se en- --- listan con la designación A514.

En las tablas 2.3, se muestran los usos y las características -- principales de los aceros que forman los grupos antes menciona- dos.

Designación ASTM	Tipo de acero	Formas disponibles	Usos recomendados
A36	Carbón	Barras y perfiles	Puentes y edificios, remachados, atornillados o soldados y otros usos estructurales.
A500	"	Perfiles doblados en frío y soldados. Tubo sin costura.	"
A501	"	Perfiles doblados en caliente, tubos sin costura y barras hasta 12.7mm. y algunos perfiles ligeros	"
A529	"		Construcción relativa a edificios, remachados, atornillados o soldados.
A440	Alta resistencia	"	No recomendado para soldadura. Edificios y puentes y otros conexos que sean remachados o atornillados.
A441	Alta resistencia y baja aleación.	"	Puede usarse para estructuras remachadas, atornilladas o soldados pero principalmente para puentes y edificios soldados.

TABLA 2.3

Designación ASTM	Tipo de acero	Formas disponibles	Usos recomendados
A572	Alta resistencia y baja aleación.	"	Grados 42,45 y 50 especialmente propuesto para puentes remachados, atornillados o soldados, edificios y otras estructuras.  Grados 55,60 y 65 destinado a puentes remachados o atornillados y otras estructuras que puedan atornillarse, remacharse o soldarse.
A242	resistencia a la corrosión alta resistencia y baja aleación.	Barras y perfiles	Construcción soldada, remachada o atornillada, la técnica de soldadura es muy importante.
A588	"	"	Puede usarse en construcción remachada, atornillada o soldada, pero básicamente propuesto para puentes y edificios; la técnica de soldadura es muy importante.
A514	Aleación calmada y templada.	Placas hasta 101.6 mm. y un limitado número de perfiles.	Básicamente propuesto para uso en puentes y otras estructuras soldadas; la técnica de soldadura es muy importante.

TABLA 2.3 (a).

Designación ASTM	Tipo de acero	Límite de fluencia en Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la corrosión at- mosférica.
A36	Carbón	253I hasta 203 mm. y 2250 Kg/cm <sup>2</sup> arriba de 203 mm.	
A500	"	2320 Grade A	
		2953 Grade B	
A501	"	253I	
		2953	
A529	"		
A440	Alta resistencia	3515 hasta 19.05mm.	Aproximadamente el doble del acero es- tructural al carbón.
		32334 arriba de 19.05mm. hasta 38.1mm.	
		2953 arriba de 38.1mm. hasta 101.6 mm.	
A441	Alta resis- tencia y ba- ja aleación.	3515 hasta 19.05 mm.	
		3234 arriba de 6.35 mm. y has- ta 38.1 mm.	
		2953 arriba de 38.1 mm. hasta 101.6 mm.	
		2812 arriba de 101.6 mm. hasta 203.2 mm.	

TABLA 2.3 (b)

Designación ASTM	Tipo de acero	Límite de fluencia en Kg/cm <sup>2</sup> .	Resistencia a la corrosión atmos- férica.
A572	Alta re- sistencia y baja aleación.	2953 } 3163 } 3515 } 3867 } 4218 } 4570 }	Varios espesores, composicio- nes químicas, etc.
A242	Resistente a la corro- sión, alta resistencia y baja alea- ción.	3515 hasta 19.05 mm.	Es aproxima- damente cuatro veces más re- sistente que el acero es- tructural al carbón con co- bre.
		3234 arriba de 19.05 mm. hasta 38.1 mm.	
		2953 arriba de 38.1 mm. hasta 101.6 mm.	
A588	"	3515 hasta 101.6 mm.	"
		2334 de 101.6mm. a 127 mm.	
		2953 arriba de 127 mm. hasta 203.2 mm.	
A514	Aleación calmada y templada.	7030 hasta 63.5 mm.	
		6327 arriba de 63.5 mm. hasta 101.6 mm.	

TABLA 2.3 (c).

Existen otros grupos de aceros como son: Los aceros al carbón de alta resistencia, con un límite de fluencia que va de  $4900 \text{ kg/cm}^2$  a  $5600 \text{ kg/cm}^2$  y los aceros super alta resistencia cuyo límite de fluencia va de  $11200 \text{ kg/cm}^2$  a  $21000 \text{ kg/cm}^2$ .

Dos tipos de acero usados comúnmente en México para construir -- estructuras de puentes, edificios, etc. por proceso de atornillado, remachado e soldado son el A-36 ( denominación ASTM ) y el FM-295 ( denominación Aceros Monterrey ), ambos fabricados por la Cía. - Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey, S.A .A continuación se muestran las principales características de estos aceros:

#### CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE DOS ACEROS TIPICOS

Tipo	Esfuerzo de fluencia en ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a tensión en ( $\text{kg/cm}^2$ )	Porcentaje mínimo de deformación en una probeta con longitud de medición de 20 cm.
A-36	2530	4200 - 5600	20
FM-295	2950	4220 - 5980	19

Para construir una estructura, el diseñador puede seleccionar -- un sólo tipo de acero o bien una combinación de diferentes tipos en base a factores como la magnitud y distribución de las - cargas, facilidad de construcción, economía, etc.

A continuación se dan algunos ejemplos que ilustran el uso de - la combinación de aceros en una misma estructura:

#### A) Ejemplo No. I .

El puente de tres claros, construido sobre el arroyo Whiskey en California ( E.U.A ) tiene traveses armados en donde se usan eficientemente los diferentes grados de resistencia del acero para

satisfacer los requisitos de resistencia necesarios, con reducciones en el costo. Los diferentes aceros están distribuidos de acuerdo con los requisitos de resistencia ocasionados por la carga, y se muestran en la fig. 2.4 .

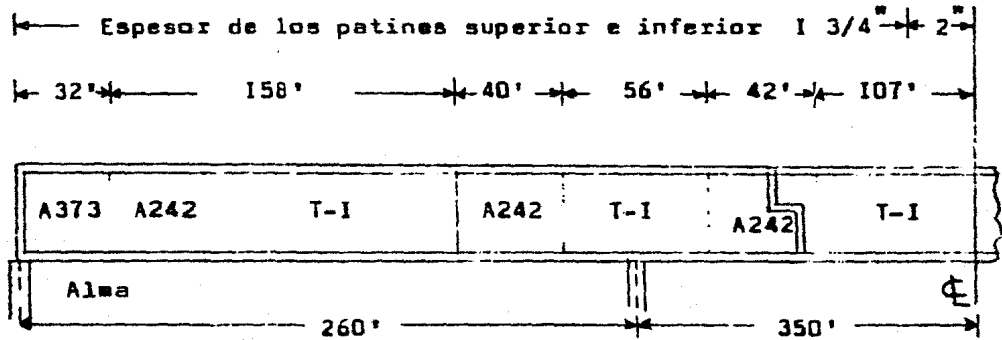


Fig. 2.4 Puente sobre el arroyo Whiskey.

#### B) Ejemplo N<sub>o</sub>. 2.

Otra aplicación de la combinación de aceros se encuentra en el diseño de tanques de almacenamiento para líquidos, éstos pueden ser para agua, aceites o gasolina. Cada tipo tiene sus propias especificaciones particulares para los esfuerzos permisibles de diseño y los grados de resistencia de los aceros a usarse.

Cuando se usa un sólo tipo de acero para resistir la tensión perimetral causada por las presiones hidrostáticas, el espesor de la pared aumenta con la profundidad, para un esfuerzo permisible de diseño constante. Sin embargo, al aplicar el concepto de la combinación de aceros, el espesor de la pared puede conservarse con un valor mínimo, empleando esfuerzos permisibles de diseño más altos para los aceros de alta resistencia. Este tipo de diseño se empleó para el tanque de acero para almacenamiento de agua de 37,855 m<sup>3</sup>, construido en Monroeville, Pennsylvania, (E.U.A.). El tanque tiene 10.25 m. de altura y 68.90 m. de diámetro; los dos anillos inferiores son de acero A514 Grado B, de 15/32 y 3/8 de

pulgada de espesor, con un esfuerzo de diseño de  $2955 \text{ kg/cm}^2$  y un 100% de eficiencia en las juntas. El tercer anillo es de acero -- A441 de  $13/32$  de pulgada de espesor, con un esfuerzo de diseño de  $1760 \text{ kg/cm}^2$  y un 100% de eficiencia en las juntas. El anillo superior es de acero al carbono A283 Grado C, de  $3/8$  de pulgada de espesor con un esfuerzo permisible de  $1475 \text{ kg/cm}^2$  y una eficiencia en las juntas del 100%. Dicho tanque se muestra en la -- fig. 2.5.

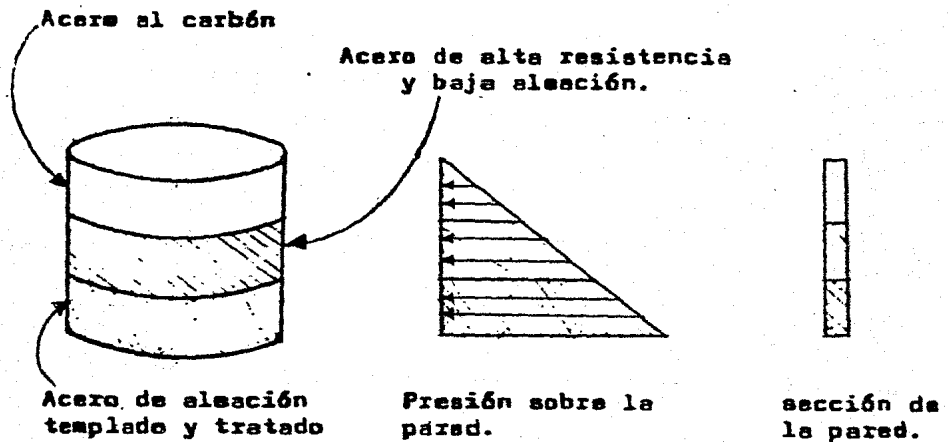


Fig. 2.5 Diseño de un tanque de almacenamiento.



## II.5 PERFILES DE ACERO ESTRUCTURAL.

Los perfiles de acero estructural son aquellos que se obtienen -- por procesos de laminación en una amplia variedad de formas y tamaños. Para su estudio se clasifican como perfiles estructurales -- simples y secciones compuestas; tal como se expone a continuación:

### 1) Perfiles estructurales simples.

Se obtienen por procesos de laminado en caliente o trabajado en -- frío.

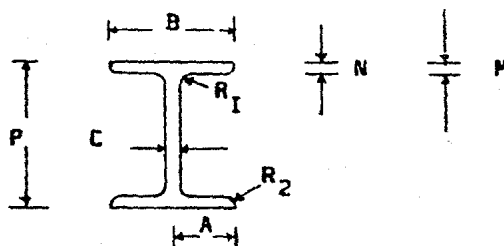
Los laminados en caliente se les denomina perfiles laminados con-- convencionales; se usan para soportar cargas considerables o en cla-- ras grandes y los más utilizados en la construcción son aquellos cuyo límite de fluencia va de  $2300 \text{ kg/cm}^2$  a  $3500 \text{ kg/cm}^2$ . Se iden-- tifican por la forma de su sección transversal como ángulos, zetas, tes, canales, etc. En la fig. 2.6 se muestran las secciones de perfis-- les convencionales usados en México, con los valores extremos del rango de variación de las características geométricas con que fa-- brica cada sección la Cfa. Fundidora de Fierro y Acero de Monte-- rrey, S.A.

Los trabajados en frío denominados perfiles ligeros o de lámina -- delgada, tienen espesores que van de 1.2 mm. a 6.35 mm. y una re-- sistencia última aproximadamente de  $4400 \text{ Kg/cm}^2$ , así como un lími-- te de fluencia de  $3500 \text{ kg/cm}^2$ . Se usan ampliamente en estructuras sometidas a cargas ligeras y moderadas o bien en claras cortas. Su forma varía según su aplicación, así tenemos las secciones co-- munes como ángulos, canales, secciones de sombrero, miembros tubula-- res, tes y secciones I; tal como se muestran en la fig. 2.7 .

Otra variedad de los perfiles de lámina delgada, son las secciones manufacturadas en paneles, para usarse en cubiertas de techo, pisos y paredes; estas se muestran en la fig. 2.8 .

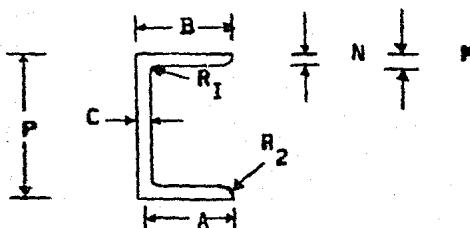
En México se usan los perfiles ligeros de acero Mon-Ten, que tiene un límite de fluencia mínimo de  $3515 \text{ kg/cm}^2$ . En la fig. 2.9 se --- pueden ver algunos tipos de secciones y el rango de variación de las características geométricas con que fabrica cada sección la -- Cfa. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S.A.

a) Viga I.



Peralte P	Peso	DIMENSIONES						
		B	A	C	M	N	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
mm.	Kg/m.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
76.2	8.48	59.2	27.5	4.3	8.9	4.3	6.8	2.6
381.0	90.48	152.4	68.7	15.0	26.4	15.0	17.5	9.0

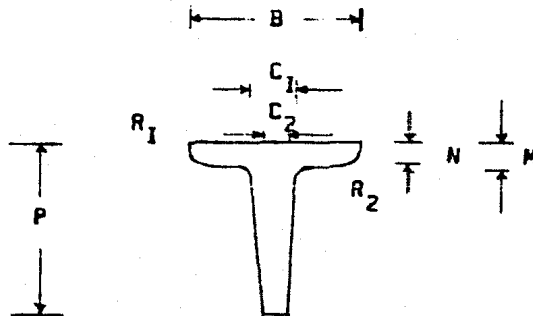
b) Canal.



Peralte P	Peso	DIMENSIONES						
		B	A	C	M	N	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
mm.	Kg/m.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
76.2	6.10	35.8	31.5	4.3	9.6	4.3	6.8	2.5
304.8	59.53	86.8	67.6	19.2	18.4	7.1	9.6	4.3

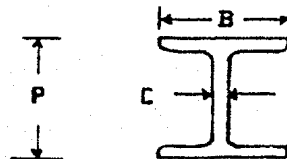
Fig. 2.6 .Perfiles simples laminados en caliente.

c) Te de ramas iguales.



Peralte P	Peso	DIMENSIONES						
		B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	M	N	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
mm.	Kg/m.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
31.7	3.01	31.7	7.1	6.3	7.1	6.3	1.5	3.2
19.0	0.91	19.0	4.0	3.2	4.0	3.2	1.5	3.2

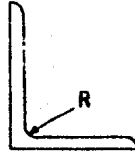
d) Viga W .



Peralte P	Peso	DIMENSIONES	
		B	C
mm.	Kg/m.	mm.	mm.
152.4	35.87	152.4	8.0

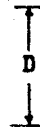
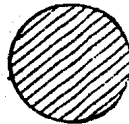
Fig. 2.6 (a).

e) Angulo de lados desiguales.



Lados	Espesor	Peso	R
mm.	mm.	Kg/m.	mm.
152.4 X 101.6	25.4	45.84	12.7
	7.9	15.19	
101.6 X 76.2	19.0	23.81	9.5
	6.3	8.63	

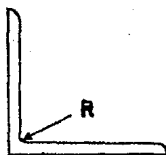
f) Redondo.



Diámetro	Area de la sección.	Peso
mm.	cm <sup>2</sup>	Kg/m.
6.350	0.317	0.248
101.6	81.073	63.583

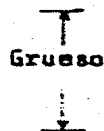
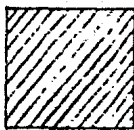
Fig. 2.6 (b)

g) Angulo de lados iguales.



Lados	Espesor	Peso	R
mm.	mm.	Kg/m.	mm.
152.4 X 152.4	25.4	55.66	12.7
19.0 X 19.0	9.5	22.17	3.2
	4.8	1.25	
	3.2	0.88	

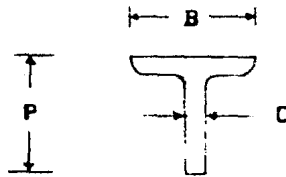
h) Cuadrado.



Grueso	Area de la sección	Peso
mm.	cm <sup>2</sup>	Kg/m.
6.350	0.403	0.316
101.6	103.225	80.956

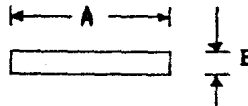
Fig. 2.6 (c).

## i) Medias vigas.



Peralte	Peso	Area	Ancho del patín.	Espesor del alma.
P			B	C
mm.	Kg/m.	cm <sup>2</sup> .	mm.	mm.
38.1	4.24	5.26	59.2	4.3
190.5	45.24	57.00	152.4	15.0

## j) Placa.



DIMENSIONES	Peso
A X B	
mm.	Kg/m.
203.2 X 6.3	10.120
44.5	70.840
254.0 X 6.3	12.650
50.8	101.196
304.8 X 6.3	15.180
50.8	121.435
355.0 X 9.5	26.565
44.5	123.967

Fig. 2.6 (d).

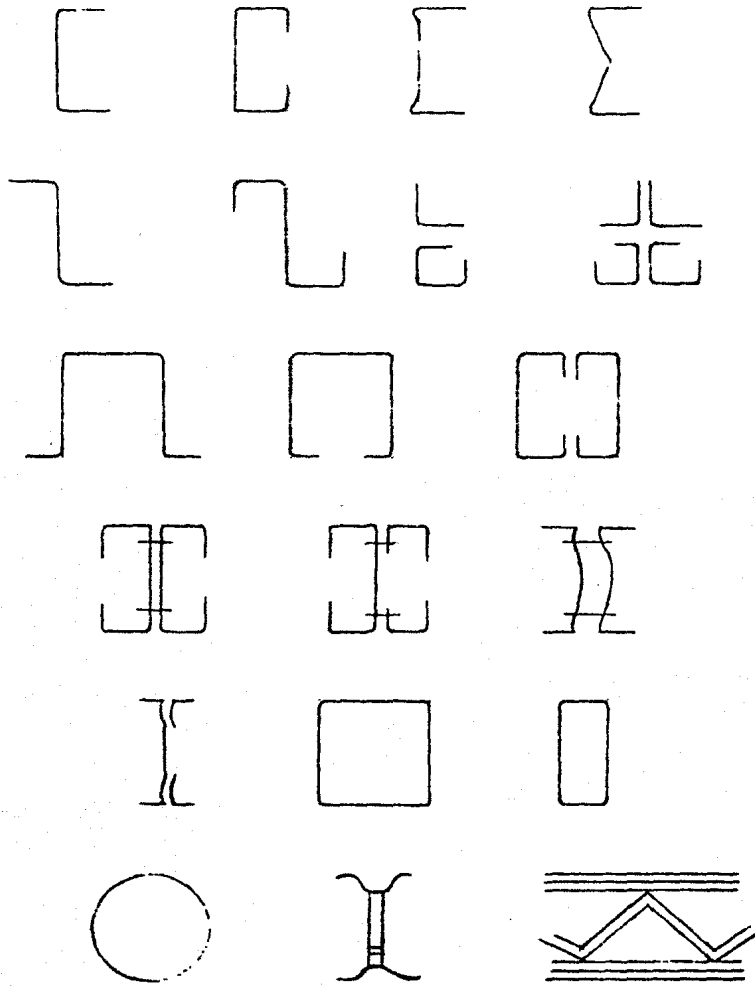
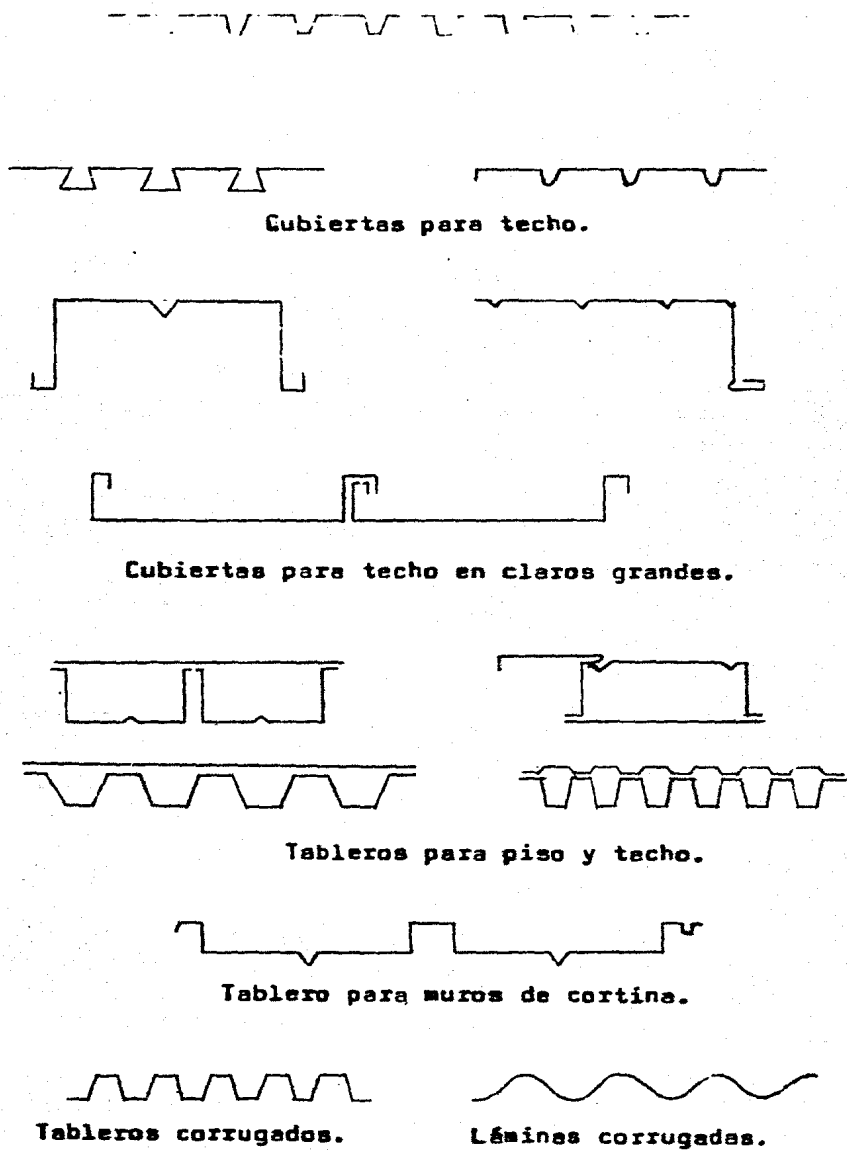


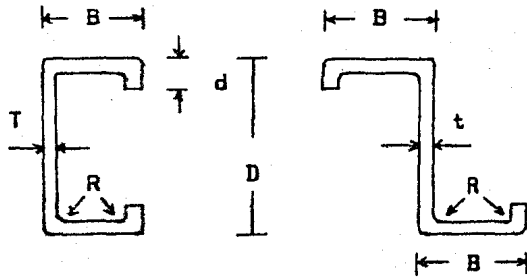
Fig. 2.7 Perfiles simples trabajados en frío.



**Fig. 2.8** Cubiertas, paneles y láminas corrugadas.

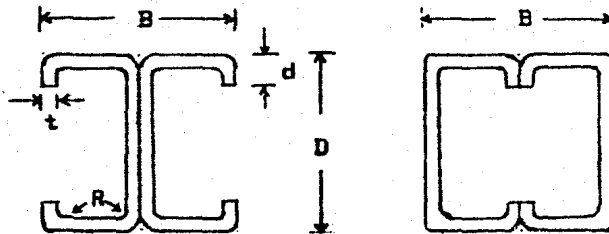


a) Canal y Zeta.



Peso	Area	DIMENSIONES					Longitud comercial
		D	B	d	t	R	
Kg/m.	cm <sup>2</sup>	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	m.
9.91	12.34	203	76	19	3.42	9.5	8.0
3.29	4.10	102	51	19	1.90	9.5	4.0

b) Canales espalda con espalda y canales en cajón.



Peso	Area	DIMENSIONES					Longitud comercial
		D	B	d	t	R	
Kg/m.	cm <sup>2</sup>	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	m.
19.83	24.67	203	152	19	3.42	9.5	8.0
6.58	8.20	102	102	19	1.9	9.5	4.0

Fig. 2.9 Perfiles ligeros.

## 2) Secciones compuestas.

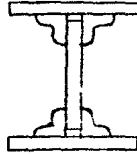
Se denominan secciones compuestas a los elementos estructurales obtenidos al unir dos o más perfiles laminados simples por medio de remaches, tornillos o soldadura; así se obtienen secciones formadas por placas, por perfiles simples o por una combinación de ambos. El elemento de unión más utilizado en la actualidad es la soldadura, por la facilidad con que los aceros pueden soldarse, -- esto permite además simplificar las conexiones y facilita las -- modificaciones en estructuras terminadas.

La fabricación de secciones compuestas se puede hacer en la obra, uniendo ahí mismo los elementos estructurales simples que den -- la sección compuesta deseada o bien se pueden pedir prefabricadas a las compañías encargadas de ello, todo depende del costo de fabricación, importancia de la obra y otras condiciones. En cualquiera de los dos casos, es importante recordar que van a ser conectadas en campo y deben pintarse, por lo que deben dejarse holguras suficientes para realizar tales tareas. Aunque estas secciones son menos económicas que los perfiles simples, se utilizan -- cuando estos últimos no dan el área o la rigidez requeridas.

Es importante mencionar las secciones compuestas para vigas y columnas que fabrica la Cía. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S.A; formadas por tres placas de acero A-36 soldadas, que corresponden a vigas con peraltes que varían entre 406 mm. y 1270mm. y columnas con peraltes entre 203 mm. y 406 mm.

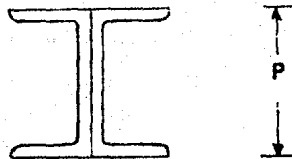
En la fig. 2.10 se muestran las secciones compuestas usadas en -- México y el rango de variación de las características geométricas con que fabrica cada sección la Cía. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S.A.

a) Traveses de alma llena.



Placa del alma.	Cuatro ángulos.	Dos cubreplacas.	Peso total.
mm.	mm.	mm.	Kg/m.
508.0 X 6.3	101.6 X 76.2 X 6.3	-----	60
1219.2 X 12.7	152.4 X 152.4 X 22.2	406.4 X 22.2	460

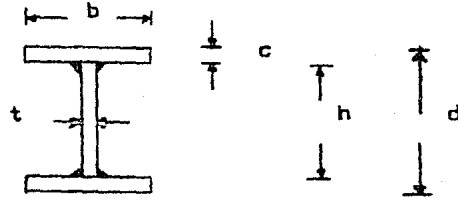
b) Dos canales espalda con espalda.



Peralte P	Peso total.	Area total.
mm.	Kg/m.	cm <sup>2</sup> .
76.2	12.20	15.36
304.8	119.06	151.74

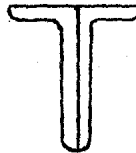
Fig. 2.10 Secciones compuestas.

c) Viga compuesta de tres placas.



Dimensiones nominales "d X b"	Peso nominal	Area nominal	Espesor del patín "c"	Alma	
				"h"	"t"
mm.	Kg/m.	cm <sup>2</sup> .	mm.	mm.	mm.
1270 X 508	400	507.26	34.9	1200	12.7
406 X 203	51	63.31	9.5	387	6.4

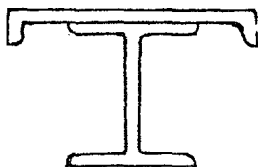
d) Sección compuesta por dos ángulos de lados desiguales.



Dimensiones	Area total.	Peso
mm.	cm <sup>2</sup> .	Kg/m.
50.8 X 38.1 X 3.2	5.40	4.24
152.4 X 101.6 X 22.2	102.96	80.96

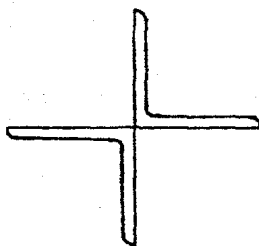
Fig. 2.10(a)

e) Trabe compuesta de una viga y una canal sobrepuesta.



Viga	Canal	Area total	Peso
mm.	mm.	cm <sup>2</sup> .	Kg/m.
152.4 X 152.4	101.6	33.29	26.64
381.0 X 90.48	203.2	135.61	107.59

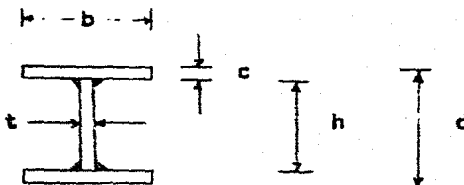
f) Sección formada por dos ángulos de lados iguales en estrella.



Dimensiones	Area total	Peso
mm.	cm <sup>2</sup> .	Kg/m.
44.4 X 44.4 X 4.8	8.06	6.30
152.4 X 152.4 X 25.4	141.94	111.32

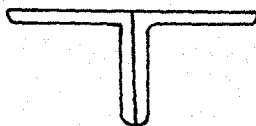
Fig. 2.10 (b).

g) Columna compuesta de tres placas.



d X b	t	c	h	Area	Peso
mm.	mm.	mm.	mm.	cm <sup>2</sup> .	Kg/m.
406 X 406	22.2	38.1	329.8	383.06	300
203 X 203	9.5	12.7	177.6	65.73	52

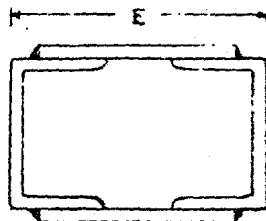
h) Sección formada por dos ángulos de lados iguales.



Dimensiones	Area	Peso
mm.	cm <sup>2</sup> .	Kg/m.
44.4 X 44.4 X 3.2	5.48	4.28
152.4 X 152.4 X 25.4	141.94	111.32

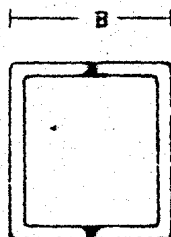
Fig. 2.10 (c).

i) Sección compuesta de dos canales y dos placas.



Peralte de las canales	Dimensión de las placas	Distancia E	Peso	Area total
mm.	mm.	mm.	Kg/m.	cm <sup>2</sup> .
102	102 X 6	115	26.20	32.90
305	305 X 25	315	240.49	306.58

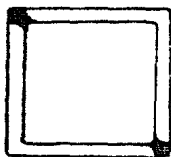
j) Sección compuesta de dos canales.



Dos canales	B	Area total	Peso
mm.	mm.	cm <sup>2</sup> .	Kg/m.
102	86.2	20.0	16.58
305	179.8	151.74	119.56

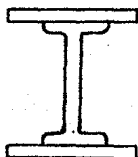
Fig. 2.10 (d).

k) Sección compuesta de dos ángulos de lados iguales.



Dos ángulos	Peso	Area total
mm.	Kg/m.	cm <sup>2</sup> .
76 X 76 X 6	14.58	18.58
152 X 152 X 19	85.42	108.90

L) Viga con cubreplacas.



Peralte	Ancho de las placas	Peso
mm.	mm.	Kg/m.
381.0	152.4	63.84

Para especificar estas secciones es suficiente indicar las "dimensiones nominales" y su peso. El peso incluye el de la soldadura y el de los perfiles.

Fig. 2.10 (e)



## II.6 APLICACIONES EN LA CONSTRUCCION DE LOS PERFILES DE ACERO ESTRUCTURAL.

Un elemento estructural casi nunca esta aislado, sino ligado con otros elementos formando una estructura, de tal manera que su --- comportamiento depende en gran parte del conjunto, por tal motivo no se encuentra en general sujeto a un sólo tipo de fuerza ex--- terna, sino a una combinación de acciones. Sin embargo para sele--- ccionar la aplicación de cada perfil en la construcción de una - estructura, se considerará la acción predominante que actúa sobre el elemento y la respuesta de este basada en tres característi--- cas fundamentales que son resistencia, rigidez y estabilidad. Con base en lo anterior se discute en seguida el uso que se le da a cada sección.

### I) Miembros sujetos a tensión.

Los miembros sujetos a tensión se encuentran en puentes, armadu--- ras para techos, torres, sistemas de contraventeo y en elementos - usados como tirantes. El miembro a usar en una determinada estruc--- tura puede depender más del tipo de su conexión en el extremo que de cualquier otro factor.

Uno de los perfiles más sencillos de miembros sujetos a tensión es el redondo, pero presenta algunas desventajas como: (a) La di--- ficultad de fabricarlos en las longitudes exactas requeridas; lo que trae como consecuencia problemas en las conexiones, y (b) Los elementos de medidas ordinarias tienen muy baja rigidez y pueden flexionarse fácilmente por su propio peso, perjudicando la apa--- riencia de la estructura.

Por lo anterior se ha reducido su uso y en la actualidad sólo se utiliza en sistemas de contraventeo, en armaduras ligeras y en -- construcciones de madera. Cuando se usan como contravientos es -- buena práctica darles tensión inicial, ya que ello atirantará la estructura y reducirá el ruido. Un método práctico para darles -- tensión inicial, consiste en atirantar los redondos con un mango

de tuerca o un templador.

La exposición anterior ilustra el motivo por el que los perfiles de acero estructural como ángulos sencillos, pares de ángulos, canales, placas, etc. han reemplazado a las barras de oja, redondas y en gran parte a los cables; en las aplicaciones donde se requiere resistir esfuerzos de tensión.

Los perfiles de acero estructural tienen un mejor comportamiento ante esfuerzos de tensión y son más rígidos y fáciles de conectar. Enseguida se expone en forma breve cuales son los perfiles que se usan con más frecuencia en determinadas estructuras:

#### A) Puentes y grandes cubiertas.

Para puentes y grandes cubiertas, los tirantes pueden tomarse con canales, viguetas W<sup>(I)</sup> o I, con secciones armadas fabricadas mediante alguna combinación de ángulos, canales y placas. Los canales sencillos son utilizados frecuentemente, porque tienen poca excentricidad y se conectan con facilidad. De las viguetas W e I se utilizará la más conveniente, ya que para el mismo peso, los perfiles W son más rígidos que los perfiles I, pero los perfiles W sufren variaciones pequeñas en sus peraltes para un mismo tamaño nominal lo que trae problemas en sus conexiones, mientras que las vigas I tienen el mismo peralte.

Las secciones compuestas se utilizarán cuando se requiera mayor área o rigidez que la que dan los perfiles estructurales simples.

#### B) Armaduras.

En las armaduras los miembros de tensión más utilizados son ángulos sencillos, tes, y secciones compuestas por pares de ángulos. Los ángulos sencillos son usados para miembros cortos y secundarios sometidos a tensión en armaduras para techos. Las tes se usan en forma satisfactoria en cuerdas de armaduras, sobre todo si son soldadas, por la gran facilidad de conectar en ellas las

(I) En México se fabrica un perfil W de peralte igual al ancho del patín y se conoce como vigueta H6 (152 mm.). Los demás W se sustituyen por secciones compuestas de tres placas soldadas.

piezas del alma. Un elemento bastante satisfactorio se fabrica -- con dos ángulos colocados espalda con espalda, con suficiente espacio entre ellos para permitir la inserción de placas para conexión y así prevenir la vibración y el ruido, particularmente en armaduras para puentes.

C) Torres de transmisión y de señales, puentes para peatones y - estructuras similares.

En este tipo de estructuras los perfiles utilizados a menudo, son las placas y soleras soldadas, porque su comportamiento ha sido - muy satisfactorio.

En la fig. 2.11 se muestran las secciones de miembros a tensión - de uso común. Se observa en la figura que los miembros formados -- por más de un perfil, están unidos por placas colocadas a intervalos frecuentes o por cubreplacas perforadas. Estos elementos sirven para:

- (a) Mantener las diversas piezas en su posición correcta y así -- obtener elementos más rígidos.
- (b) Corregir cualquier distribución desigual de cargas entre las diversas partes ligadas.
- (c) Mantener las relaciones de esbeltez de cada parte de la sección dentro de sus limitaciones y permitir un manejo más fácil de - los miembros fabricados.

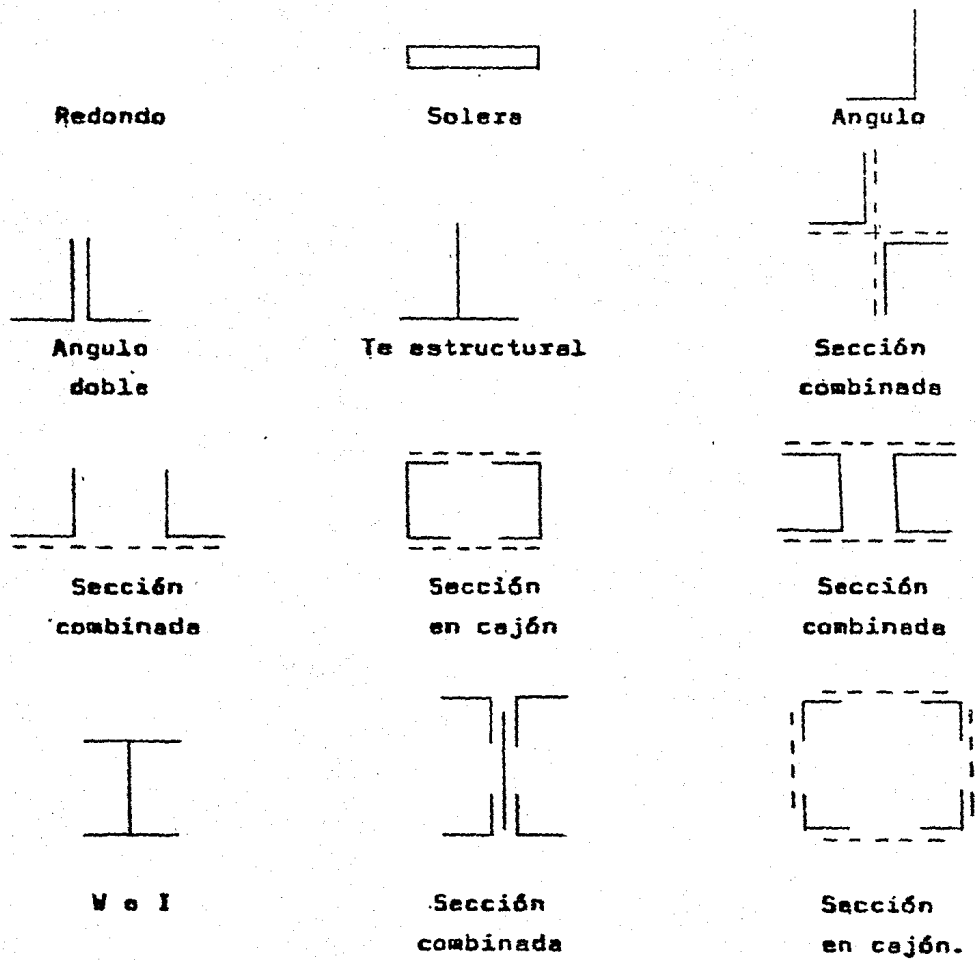


Fig. 2.II Secciones de miembros a tensión.

## 2) Miembros sujetos a compresión.

Teóricamente se puede seleccionar un sinnúmero de perfiles para resistir con seguridad una fuerza de compresión. Sin embargo desde un punto de vista práctico, el número de soluciones posibles queda limitado por consideraciones tales como secciones disponibles, problemas de conexión y tipos de estructuras en las que se les utilizara.

Los perfiles utilizados como miembros sujetos a compresión son con frecuencia semejantes a los usados como miembros a tensión, pero con la salvedad de que deben ser mucho más rígidos, pues su resistencia varía inversamente con su relación de esbeltez.

Por lo anterior se concluye que los perfiles como barras, redondos y placas son demasiado flexibles y por ello no pueden resistir adecuadamente esfuerzos de compresión, a menos que sean muy cortos y estén poco cargados.

En la fig. 2.12 se muestran las secciones de perfiles estructurales que han probado ser satisfactorias cuando están sujetos a esfuerzos de compresión elevados, cuando trabajan como columnas, es decir, como elementos rectos sometidos a una fuerza axial de compresión.

A continuación se mencionan las aplicaciones de las secciones de perfiles estructurales mostradas en la fig. 2.12 :

Los miembros de ángulo sencillo (a), son ventajosos para puntales y montantes en armaduras ligeras. Los ángulos de lados iguales -- pueden ser más económicos que los ángulos de lados desiguales, -- porque sus valores de radio de giro mínimo ( $r_{\min.}$ ) son mayores para la misma área. Los miembros de la cuerda superior de las armaduras atornilladas o remachadas, se forman de un par de ángulos colocados espalda con espalda (b), dejando un espacio entre ellos para la inserción de una placa de conexión en la junta, indispensable para conectar los otros miembros concurrentes.

Si las armaduras para techo son soldadas, es probable que las placas de conexión resulten innecesarias, pudiéndose usarse I estruc-

turales (c), para los miembros de la cuerda superior, porque las piezas del alma pueden soldarse directamente al lado vertical de la I. Las canales sencillas (d) no son satisfactorias para la generalidad de los miembros sujetos a compresión, porque los valores de "r" con respecto al eje paralelo al alma son casi despreciables. Pueden usarse, si por algún procedimiento se puede suministrar apoyo lateral adicional en la dirección débil. Los perfiles W (e), son probablemente las formas más usadas para columnas de edificios y para miembros a compresión en puentes carreteros. Sus valores de "r", aunque están lejos de ser iguales con respecto a los dos ejes, están mucho más cerca de equilibrio que los de las canales.

Para cargas pequeñas y medianas, los tubos y las secciones tubulares redondas (f), son bastante satisfactorias. A menudo se usan como columnas cortas en almacenes, como columnas para techos de pasillos, en los sótanos y cocheras de residencias, etc. Las columnas de tubo redondo tienen la ventaja de ser igualmente rígidas en todas direcciones y son también muy económicas, a menos que estén sujetas a momentos grandes.

Los tubulares cuadrados y rectangulares (g) y (h), no habían sido usados como columnas, sino hasta fechas recientes. De hecho, por muchos años sólo unas cuantas laminadoras fabricaban tubulares de acero para usos estructurales, es probable que la razón principal para que los tubulares no se usaran anteriormente es la dificultad que presentan para realizar las conexiones con remaches o tornillos; sin embargo, este problema ya ha sido eliminado, con el advenimiento de la soldadura. Es probable que el uso de los tubulares con fines estructurales se incrementará grandemente en años venideros por diversas razones, que incluyen:

--- El miembro sujeto a compresión más eficiente es aquel que tiene su radio de giro constante con respecto a cualquier eje que pase por su centroide. Esta es una propiedad que se aprovecha en tubulares redondos. Los tubulares cuadrados le siguen en efi-

ciencia.

--- Sus superficies lisas permiten pintarlas más eficientemente.

--- Tienen excelente resistencia a la torsión.

--- Cuando quedan expuestos a la acción del viento los tubulares redondos, presentan una resistencia de los dos tercios de la presentada por una superficie plana de ancho igual al diámetro de la primera.

Una ligera desventaja que entra en juego en ciertos casos, es que los extremos de los tubulares deben sellarse para proteger de la corrosión sus superficies interiores por inaccesibles.

Cuando se trata de seleccionar miembros sujetos a compresión para estructuras pesadas, resulta necesario escoger secciones compuestas. Las secciones compuestas se requieren cuando los miembros son largos y soportan cargas muy pesadas y/o cuando hay ventajas en las conexiones. Hablando en general, un perfil sencillo como -- una sección W es más económico que una sección compuesta que tenga la misma área de sección transversal. El uso de perfiles W con acero de alta resistencia resulta a menudo más económico que el uso de perfiles compuestos o armados. Cuando se usan las secciones compuestas, deben conectarse en sus lados abiertos, con algún tipo de elemento de liga (también llamado barras de celosía) , para mantener los elementos juntos en la posición correcta y para ayudarles a actuar como una unidad. Los extremos de estos miembros se conectan con placas de refuerzo (también llamadas placas atiesadoras o placas de rigidez, mariposas o placas de base o capital).

Las líneas interrumpidas de la fig. 2.12 representan celosías o placas interrumpidas, y las líneas llenas representan partes que son continuas a todo lo largo del miembro. Algunas veces se arreglan cuatro ángulos como se muestra en (i), para obtener grandes valores de "r". Este tipo de miembro se puede ver a menudo en torres y en plumas de grúas. Un par de canales (j), se usan algunas veces como columna de edificio o como miembro de alma en una ---

gran armadura de alma abierta o calada. Nótese que hay una cierta distancia para cada par de canales, en la que los valores de "r" con respecto a ambos ejes resultan iguales. Algunas veces las canales pueden voltearse hacia afuera como se muestra en (k), esta es una sección típica de miembros a compresión en puentes.

Una sección que resulta adecuada para la cuerda superior de armadura para puentes, consiste de un par de canales con una cubreplaca superior (l), y con celosía por abajo. Las placas de conexión en las juntas se ligan convenientemente por el interior de las canales, y se pueden usar también como empalmes. Cuando las canales más grandes disponibles no pueden arreglarse para obtener un miembro de cuerda superior de suficiente resistencia, se puede usar una sección compuesta del tipo mostrado en (m).

Cuando los perfiles laminados no tienen la suficiente resistencia para soportar las cargas de las columnas en un edificio o las cargas en una gran armadura de puente, las áreas se pueden aumentar añadiendo placas por los patines (n). En los últimos años se ha visto que las secciones compuestas y construidas con soldadura como las del tipo (o) resultan más satisfactorias que los perfiles W con cubreplacas soldadas (como en un pórtico en que se conecta la viga a la columna, soldando almas y patines); existen dificultades para transmitir la fuerza de tensión a través de las cubreplacas a las columnas. Para columnas con cargas muy grandes, se usan secciones en cajón de cuatro placas como las mostradas en (p). Algunas otras secciones armadas o compuestas se muestran en (q) hasta (s). Las secciones compuestas mostradas en las partes (n) hasta (q) tienen la ventaja sobre las mostradas en las partes (i) a (m) en que se ahorra el costo de la mano de obra del armado de las placas de celosía. Las fuerzas cortantes laterales son despreciables para las columnas de perfiles simples y para las secciones de alma llena y compuesta, pero definitivamente no pueden despreciarse en columnas de sección de alma abierta o armadas con celosía.



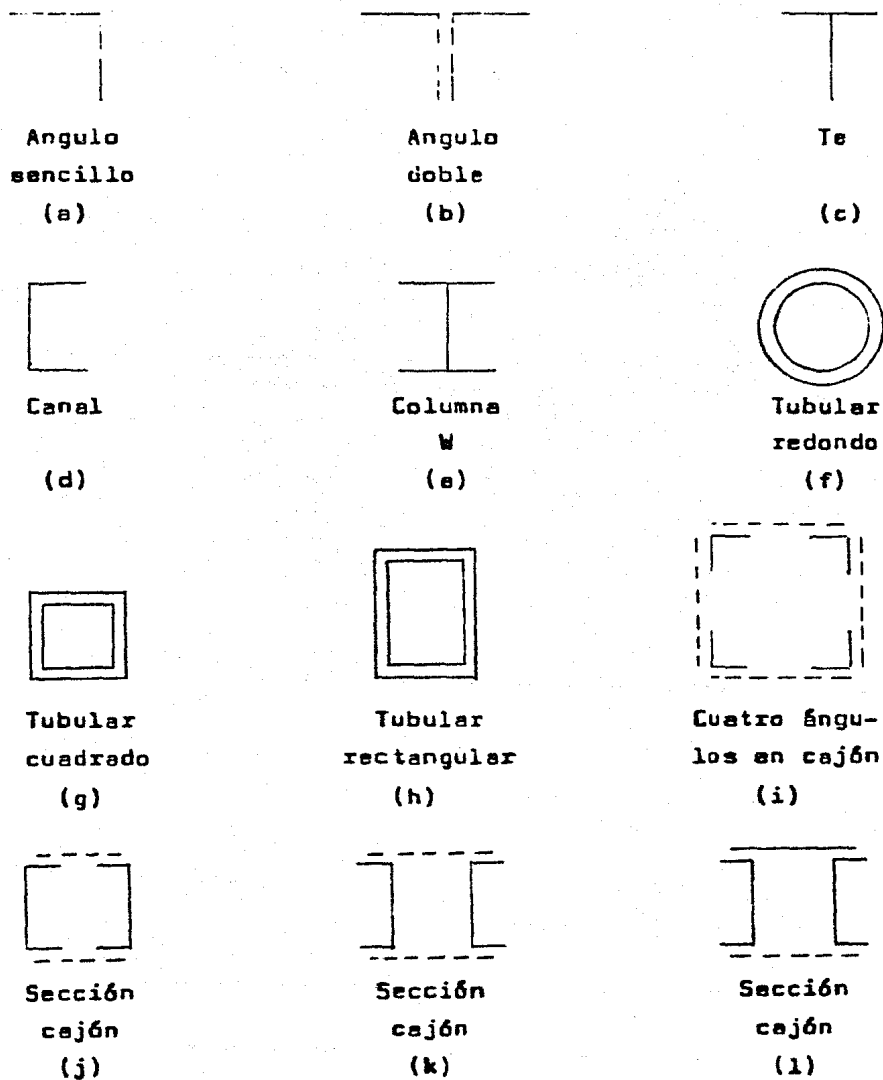
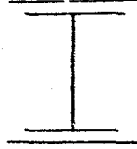


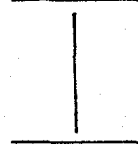
Fig. 2.12 Secciones de miembros a compresión.



Sección  
cajón  
(m)



Perfil W  
con cubreplacas  
(n)



Armada  
(o)



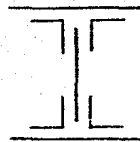
Armada  
(p)



Sección W  
con canales  
(q)



Armada  
(r)



Armada  
(s)

Fig. 2.12 (a).

Ahora se mencionará en forma breve el fenómeno de pandeo lateral que ocurre en miembros esbeltos sujetos a compresión. Se considera importante, pues se presenta casi siempre repentinamente en los elementos estructurales, provocando fallas espectaculares y muy peligrosas en las estructuras.

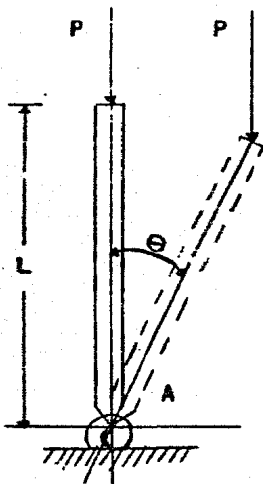
#### PANDEO LATERAL.

Este fenómeno de inestabilidad se presenta cuando el estado de equilibrio entre las fuerzas externas y la respuesta interna de la columna, se vuelve inestable, no importando la magnitud de los esfuerzos. Se caracteriza fundamentalmente por la pérdida repentina de resistencia, acompañada por la aparición de fuertes deformaciones, independientemente de que los esfuerzos hayan o no llegado al punto de fluencia en el instante en que comienza el pandeo; iniciado este, los desplazamientos laterales hacen que los esfuerzos crezcan rápidamente y se entre al intervalo inelástico, en el cuál se llega a la falla. El fenómeno se explica por medio del mecanismo mostrado en la fig. 2.13.

Cuando ocurre este fenómeno de inestabilidad en un elemento estructural, se puede observar a todo lo largo de él, y su modo de pandeo dependerá de sus dimensiones, carga aplicada, resistencia del material y condiciones de apoyo. En la fig. 2.14 se muestran diferentes formas de pandeo. También puede ocurrir el pandeo solamente en una parte del elemento cuando es muy delgado, en este caso se le denomina pandeo local y si se presenta en los patines o en las placas de una sección compuesta, el elemento resultará inservible. Una ilustración de pandeo local se da en la fig. 2.15. Las secciones de elementos estructurales que mejor comportamiento tienen ante fuerzas de compresión y son menos susceptibles de sufrir pandeo, son las mostradas por los encisos (f), (i), (j), (k) y (l). Las más susceptibles a sufrir pandeo son por ejemplo, las placas, así como las vigas angostas sin arriestramiento lateral, que pueden pandearse por la aplicación de una carga de compresión.

### MECANISMO QUE EXPLICA EL FENOMENO DE PANDEO PURO.

Considerese una barra rígida vertical con un resorte de torsión de rigidez  $K$ , en su base. Si se le aplica ahora en su extremo superior una fuerza vertical  $P$  y se desplaza el sistema deliberadamente una distancia infinitesimal compatible con las condiciones de frontera, la barra sólo experimentará rotación. Entonces -- para una rotación supuesta,  $\Theta$ , el momento de restauración es  $K\Theta$  y el momento de alteración será  $PL \operatorname{sen}\Theta \approx PL\Theta$ , Por lo tanto sí:



$K\Theta > PL\Theta$ , el sistema es estable.

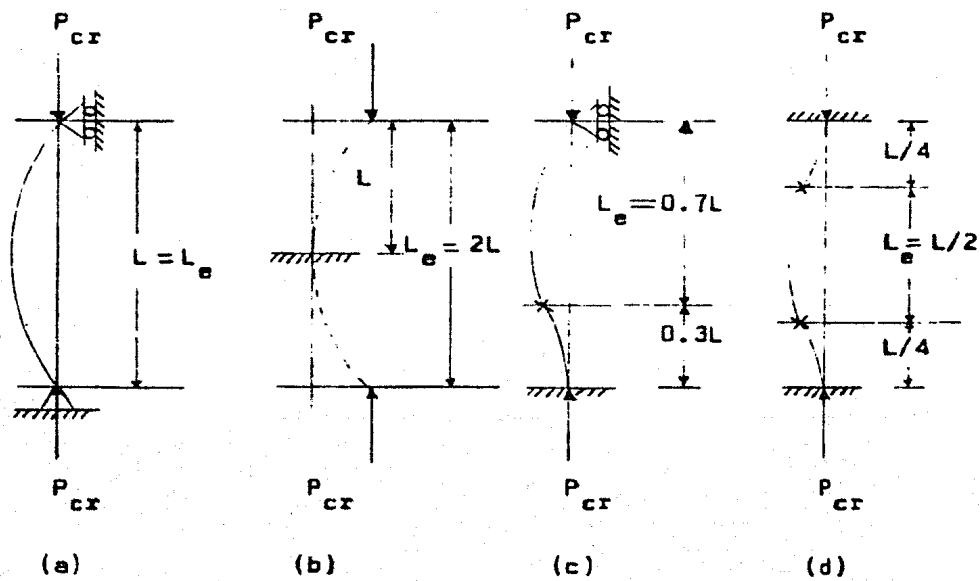
$K\Theta = PL\Theta$ , el sistema es indiferente.

$K\Theta < PL\Theta$ , el sistema es inestable.

La condición de equilibrio indiferente  $K\Theta = PL\Theta$ , establece el principio de pandeo, y a ella está asociada la carga de pandeo o crítica, que representa la capacidad última de una columna recta cargada axialmente en forma concéntrica. Para el sistema mostrado es  $P_{cr} = K/L$ .

Para la condición  $P > K/L$  el sistema es inestable y cuando esto ocurre se presenta realmente el pandeo.

Fig. 2.13 Pandeo puro.



La carga crítica para cada uno de los casos mencionados vale:

Caso (a) -----  $P_{cr} = \pi^2 EI/L^2$

Caso (b) -----  $P_{cr} = \pi^2 EI/4L^2$

Caso (c) -----  $P_{cr} = 2.05\pi^2 EI/L^2$

Caso (d) -----  $P_{cr} = 4\pi^2 EI/L^2$

Donde:

$P_{cr}$  - Carga crítica de pandeo.

$E$  - Módulo de elasticidad.

$I$  - Momento de inercia mínimo de la sección transversal.

$L$  - Longitud de la columna.

Fig. 2.14 Diversas formas de pandeo.

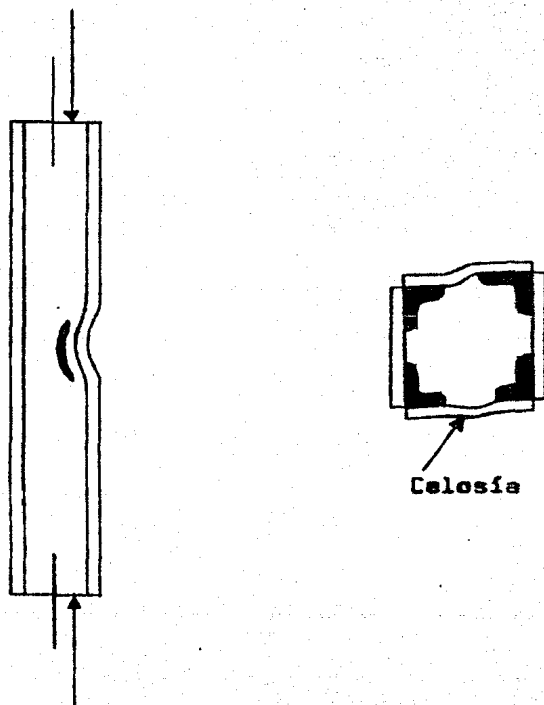


Fig. 2.15 Pandeo local.

### 3) Miembros sujetos a flexión.

Estos miembros se encuentran en puentes, edificios, torres y en muchas otras estructuras. En general se consideran como vigas, es decir, elementos que soportan cargas perpendiculares a su eje, -- por lo que resisten básicamente esfuerzos por flexión, representados por la siguiente expresión:

$$\sigma = - \frac{M}{I} Y$$

Donde:

$\sigma$  - Esfuerzo por flexión.

M - Momento flexionante interno o resistente.

I - Momento de inercia de la sección transversal de la viga -- con respecto a su eje neutro.

Y - Distancia perpendicular, medida del eje neutro de la sección de la viga hasta el punto de la sección donde se desee obtener el esfuerzo.

Conviene que el peralte de estos elementos sujetos a flexión -- sea el mayor posible, porque así aumenta el brazo del par resistente, y esto hace que la viga resista esfuerzos mayores.

En la fig. 2.16 se muestran las secciones típicas más usadas como elementos sujetos a flexión. A continuación se mencionan los casos en que es recomendable usarlos.

#### A) Canales y perfiles W e I.

Los perfiles laminados simples frecuentemente usados como vigas son; las canales y las secciones W e I. Las canales se usan generalmente como vigas secundarias que soportan cargas ligeras y - las secciones W e I, se utilizan como vigas primarias para soportar losas de piso, puentes, etc. En general estos perfiles se usan cuando los claros no son excesivos y las cargas son regulares, - de tal modo que el momento originado por las fuerzas externas sea

menor que el momento resistente que pueda desarrollar la sección para que el elemento tenga un comportamiento adecuado. De las secciones mencionadas la más económica y la que mejor comportamiento tiene es la sección W, por ello ha reemplazado muchas veces a los canales y perfiles I.

B) Trabes armadas de alma llena y vigas con cubreplacas.

Las secciones compuestas más usadas como vigas son las llamadas vigas con cubreplacas y las trabes armadas de alma llena en cualquiera de sus formas, pero actualmente se tiende más al uso de las secciones soldadas por su facilidad y rapidez de construcción y de colocación. Generalmente las secciones mencionadas se emplean cuando las vigas laminadas de perfiles simples no se pueden utilizar por razones como las siguientes:

a) Cuando los momentos de las fuerzas exteriores son ligeramente mayores que los momentos resistentes que pueda desarrollar el mayor perfil W de una serie.

b) Cuando el peralte total está limitado de tal modo que los momentos resistentes de los perfiles W del peralte especificado son demasiado pequeñas, en comparación con el requerido, por ejemplo: cuando se indica en los planos un peralte máximo para las vigas de un edificio.

c) Cuando se les exige a las vigas resistir grandes cargas o salvar claros excesivos, por ejemplo; es muy frecuente proyectar en uno de los primeros pisos de un edificio de varios niveles, salones para baile o recepción con claros interiores libres de columnas.



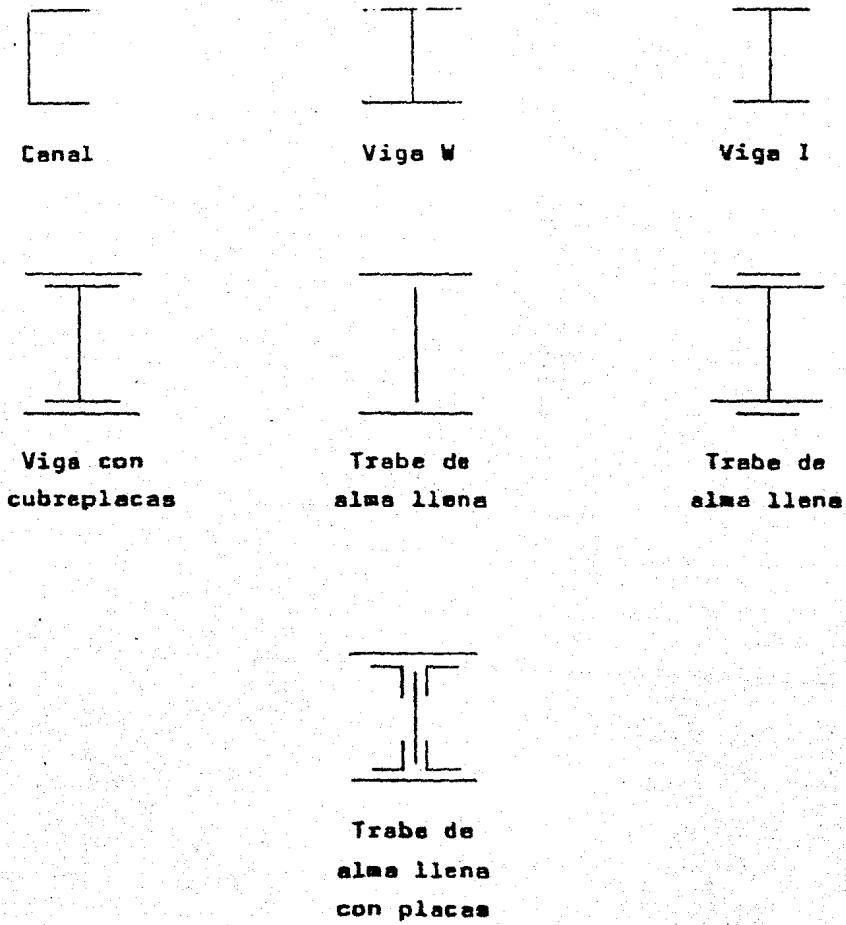


Fig. 2.16 Secciones de miembros e flexión.

#### 4) Miembros sujetos a torsión.

El perfil estructural que mejor comportamiento tiene cuando se encuentra sujeto a un par que le produce torsión es el de sección circular; le siguen en eficiencia perfiles tubulares cuadrados y rectangulares; secciones compuestas y por último perfiles simples como tes, canales, ángulos, etc.

### CAPITULO III

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

- III.1 FABRICACION.
- III.2 TRANSPORTE.
- III.3 MONTAJE.
- III.4 CONEXIONES.
- III.5 ESPECIFICACIONES.

## CAPITULO III

## PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

## III.1 FABRICACION.

Es aconsejable que el ingeniero en estructuras tenga el conocimiento completo de todos los detalles de fabricación de estructuras metálicas o en su defecto debe cuando menos tener una --- idea clara de las diversas operaciones que se llevan a cabo. Por eso se describe a continuación en forma breve el proceso de fabricación:

Basados en los planos y especificaciones de diseño, varios fabricantes seleccionados preparan propuestas para la fabricación de la estructura; para determinar el importe de estas propuestas se debe estimar los costos de las siguientes partidas: materia prima en la laminadora, transporte desde la laminadora hasta el fabricante, planos de taller y plantillas, fabricación en el taller, transporte del material terminado desde el taller al lugar de la obra, 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 -- esta completa, se preparan planos de taller, en los que se detallan todas las piezas de la estructura. Estos planos muestran -- los números de partes o marcas de identificación, No. de piezas

requeridas, longitud de las mismas, localización y tamaño de agujeros, detalles de cortes y conexiones de taller.

Los planos de taller deben 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 para los miembros principales de 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 la 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. En la figura 3.1 se muestra el -- plano esquemático de un taller racionalmente concebido para la fabricación de estructuras metálicas.

Ahora se mencionará en forma somera, cada una de las operaciones que se realizan en el taller:

#### 1) Trazado.

Es la primera operación que se efectúa en el taller y consiste -- en trazar sobre el metal mismo a escala real la forma exacta de las piezas, así como todos los agujeros y cortes que deban prác--

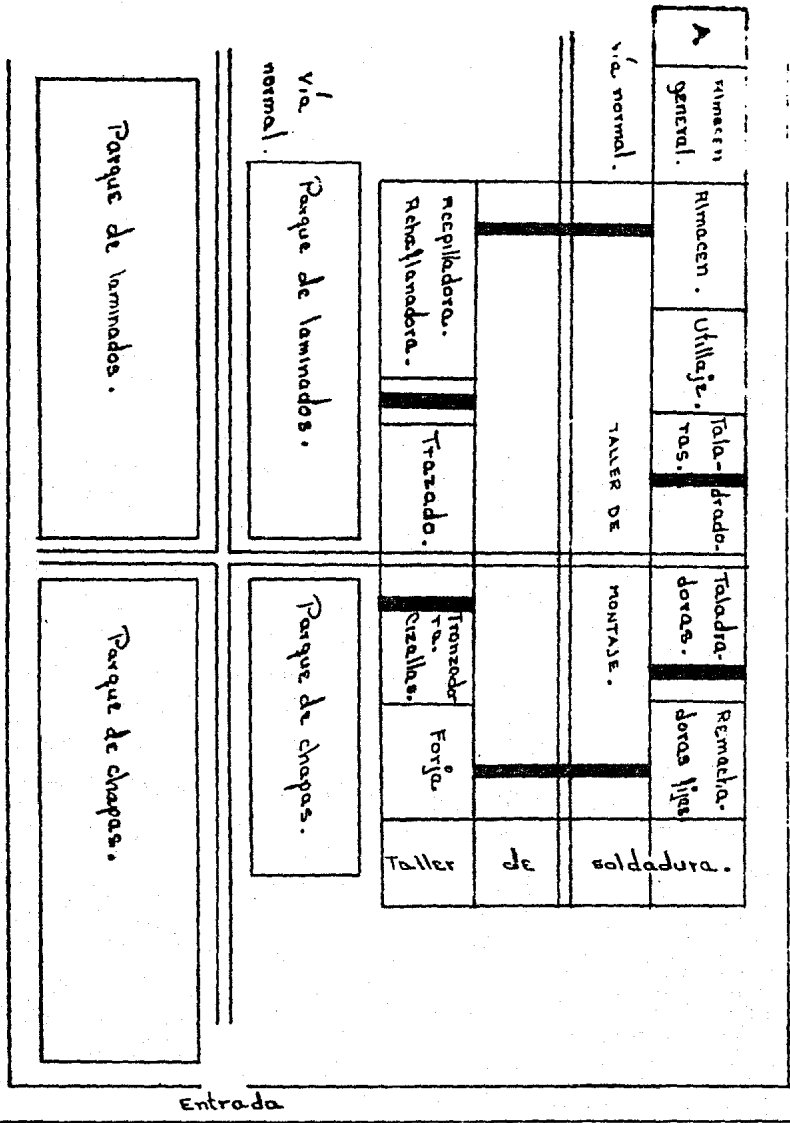


Fig.3.1

ticarse en ellas. Además se marca cada pieza con el nombre de la obra, número de parte y cualesquiera instrucciones especiales referentes al proceso de fabricación.

## 2) Corte y taladrado.

En esta operación se cortan los elementos trazados por cizallamiento si los cortes son rectos o bien por corte al arco u oxiacorte si el contorno presenta líneas curvas; después se hacen las perforaciones para remaches mediante taladrado, si así lo especifican los planos. Una vez terminada esta operación, se envían las piezas al taller de montaje.

## 3) Montaje.

Consiste en hacer el montaje de cada elemento estructural usando pernos, para comprobar que presentan las dimensiones previstas en los planos de detalle, y que todas las partes constitutivas del mismo se acoplan sin dificultad para poder hacer las conexiones sin ningún inconveniente. En caso de que alguna pieza no cumpla con las dimensiones especificadas o tenga algún otro error, se hacen las correcciones pertinentes. Por último se hacen las conexiones definitivas.

## 4) Montaje provisional.

Se realiza un montaje provisional de toda la estructura o al menos de las partes delicadas de la misma con pernos, para asegurar el acoplamiento de las juntas y tener la certeza de que el montaje a pie de obra se efectuará sin dificultad.

## 5) Pintura.

Tras desmontar la estructura, los elementos se lijan y cepillan con cepillos metálicos para hacer desaparecer las placas de calamina y herrumbre; una vez limpios es recomendable pintarlos con cuatro capas para obtener una buena protección del metal. Las dos primeras capas se aplican en el taller usando minio de plomo o de hierro y las otras dos se aplican a pie de obra después de terminado el montaje definitivo de la estructura, con pintura an-

tioxidante de gráfito o de aluminio.

Una vez terminados los elementos estructurales, se almacenan quedando listos para su traslado al lugar de la obra.

Una actividad que representa una gran parte del trabajo en el taller, es el transporte del material de una operación a otra; para ello se emplean grúas viajeras, mientras que para dar servicio al área adyacente a cada operación se usan malecates o grúas de brazo giratorio.

Como ejemplo de fabricación, se describe a continuación en forma detallada el trazado mediante bandas de una viga recta de alma llena de 4 m. de longitud, cuya sección transversal se muestra en la fig. 3.2 .

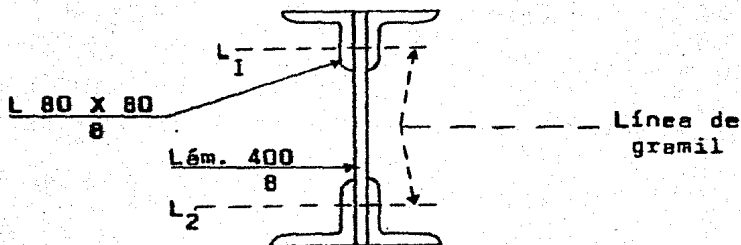


Fig. 3.2 .

Como el trazado de las líneas de remaches  $L_1$  y  $L_2$  se ejecutará en forma idéntica, solamente se detallaran las operaciones de trazado de una de las dos líneas,  $L_1$  por ejemplo.

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

Como las pestañas están constituidas por ángulos de 80 X 80 X 8, se proveen remaches de 20 mm. y por consiguiente agujeros de 21mm.; el gramil del ángulo es de 45 mm.



Se procede de la siguiente forma:

Se toma una banda bien rectificada cortada exactamente a 4 m. 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 taladren -- los agujeros de 6 mm. en la banda centrando la taladradora sobre las señales del punzón. La banda está ya dispuesta para la reproducción, tal como se muestra en la fig. 3.3 .

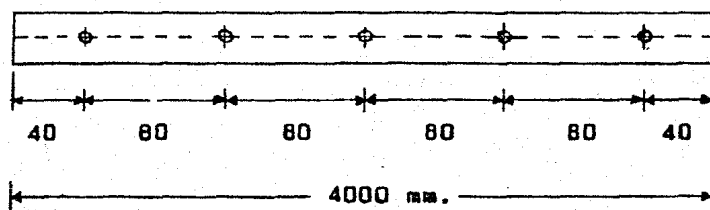


Fig. 3.3 .

Para trazar los remaches de la línea  $L_1$  sobre el ángulo se traza con el gramil una línea situada a 45 mm. del vertice; 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 señales del punzón. De forma idéntica se procederá para el -- trazado de el otro ángulo.

Para trazar los remaches de la línea  $L_1$  sobre el alme de 400 X 8 se traza primero sobre una lámina de 400 mm. de anchura y de al

menos 4 m. 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 banda 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.

### III.2 TRANSPORTE.

La etapa siguiente a la fabricación es el transporte de los elementos estructurales al lugar de la obra, por medio de camiones, góndolas de ferrocarril o barcas; según el que resulte más económico.

### III.3 MONTAJE.

El montaje estructural consiste en tomar diferentes elementos estructurales que han sido fabricados a base de placas, ángulos, y otros perfiles laminados; y colocarlos directamente en su posición definitiva con el equipo apropiado, que puede incluir grúas especiales, gatos, malacates, etc; según sea el tipo de estructura. Después se ajustan los elementos estructurales a sus soportes o a las partes adyacentes de la estructura por medio de conexiones provisionales, y por último se efectúan las operaciones de alineamiento, plomeo y fijación permanente mediante tornillos, remaches y soldadura, para formar la estructura terminada. Las consideraciones más importantes al llevar a cabo estas operaciones son la seguridad de los trabajadores y de los materiales, así como la economía y la rapidez de montaje.

El montaje se lleva a cabo de acuerdo al programa y planos de montaje.

El programa de montaje es una gráfica en forma de barras que -- describe las actividades que se tendrán que realizar, su distribución de ejecución, los tiempos de montaje de los elementos de cada actividad, descripción del equipo a usar, etc. Y sirve para -- llevar un control del avance de la construcción de la estructura.

Los planos de montaje son diagramas a línea sencilla que muestran la posición relativa de los diversos miembros en la estructura y tienen como función ayudar al personal de campo a identificar fácilmente la localización de cada elemento; esto se logra ya que cada línea indicada en los planos cuenta con las --- marcas de identificación que le corresponden al elemento estructural fabricado.

Para realizar con seguridad la construcción de estructuras de -- grandes dimensiones, se requiere a menudo un análisis detallado de los esfuerzos y las deformaciones que se presentarán durante las diferentes etapas del montaje; frecuentemente deben construirse equipos especiales de manejo, y hay que suministrar marcos temporales de contraventeo y de rigidez durante el montaje.

Los métodos usados en el montaje de estructuras de acero varían según el tipo y tamaño de la estructura, las condiciones del lugar, disponibilidad de equipo y la preferencia del montador; los procedimientos de montaje no pueden regularizarse completamente, ya que cada problema tiene características especiales, que deben tomarse en cuenta al desarrollar el plan de montaje más ventajoso. Más adelante se describirán brevemente algunos procedimientos típicos de montaje:

#### 1) Montaje de edificios de varios pisos.

Generalmente estos edificios se montan en tramos de dos pisos -- cada uno. Después de terminada la cimentación se levantan las --

columnas, se colocan sobre las placas de base y se atornillan en su lugar; es costumbre contraventear lateralmente las columnas durante el montaje, hasta que se completa la estructura. Una vez instaladas las columnas se izan las vigas y trabes para ajustarlas a éstas y se atornillan provisionalmente. Tan pronto como se colocan en su lugar las trabes de toda una planta, se plomean las columnas, se nivelan las trabes, y se conectan permanentemente las partes entre sí por medio de remaches, tornillos de alta resistencia o soldadura. Cuando se completa un tramo se comienza el siguiente, repitiendo la secuencia del primero.

Los edificios de 30 a 60 m. de altura se pueden montar usando grúas montadas sobre camión, pero para edificios de mayor altura se necesitan plumas o grúas especiales, las cuales son izadas al nivel superior de cada marco terminado a medida que progresa la construcción del edificio.

## 2) Montaje de puentes de armaduras.

Un procedimiento común para el montaje de este tipo de puentes es ensamblar la armadura en el lugar, usando una obra falsa por debajo de ella y erigiéndola miembro por miembro. Se colocan primero las cuerdas inferiores a las que se fija a continuación el sistema de piso, y se continúa después con los miembros del alma, cuerda superior y contraventeo. A veces resulta más económico el uso de una armadura auxiliar ligera que puede colocarse en posición en cada uno de los claros mediante barcazas, en vez de construir obras falsas para todos ellos. Otra alternativa es ensamblar cada claro de armadura en tierra y llevarlo en barcazas a su posición final para montarlas.

## 3) Montaje en voladizo para puentes.

Para claros largos de puentes en arco o con voladizos a menudo resulta económico montarlos en voladizo, partiendo de las orillas o de las rampas de acercamiento. Se construye el puente

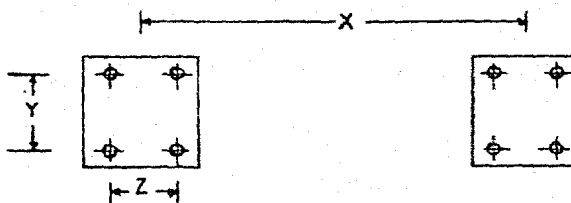
desde los soportes hacia afuera, miembro por miembro. El uso de la obra falsa sobre desfiladeros profundos o corrientes de agua produce grandes ahorros, aunque a veces se tengan que reforzar los miembros del puente para soportar los esfuerzos de montaje.

#### 4) Montaje de edificios industriales.

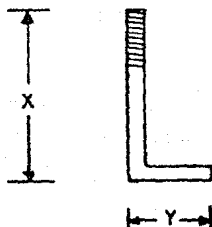
Los edificios industriales de uno o dos pisos se montan generalmente con grúas. Se ensambla y conecta cada nave según se va moviendo la grúa a lo largo del edificio. Los miembros de contra-venteo se colocan también en posición, en piezas de tamaño conveniente para su manejo y conexión. En seguida se dan algunas recomendaciones prácticas para las etapas de montaje de edificios industriales:

##### A) Anclas.

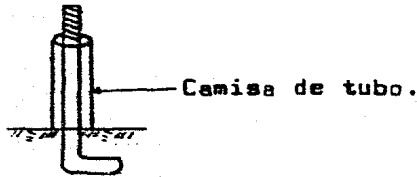
--- Checar que las placas de columna tengan el número de registros (agujeros), con las dimensiones y separaciones indicadas en los planos.



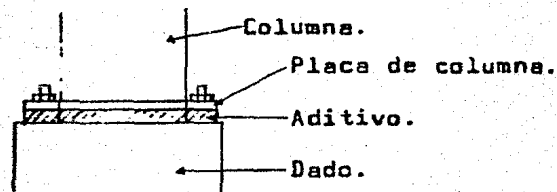
--- Checar que las anclas lleven su dobles en la parte baja con sus dimensiones correspondientes y que no estén berridas las cuerdas.



--- Es recomendable que cada ancla lleve una camisa de tubo, que le permita ajustarse a las perforaciones de la placa de la columna.

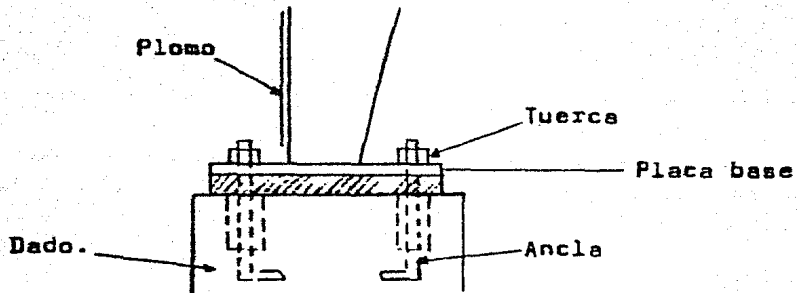


--- Estando colocadas las anclas, enrasar con un aditivo por ejemplo, ENBECO para nivelar la placa y rellenar el espacio entre el ancla y el tubo de la camisa.



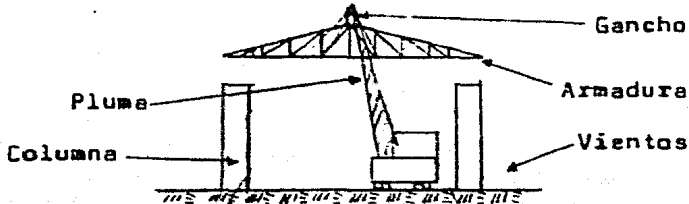
#### B) Columnas:

--- Checar la placa de base con el cuerpo de la columna para que no falle el plomo. Posteriormente plomear, nivelar y atornillar, apretando las cuerdas media vuelta más a la presión de apretado normal de un hombre de 70 Kg., promedio.

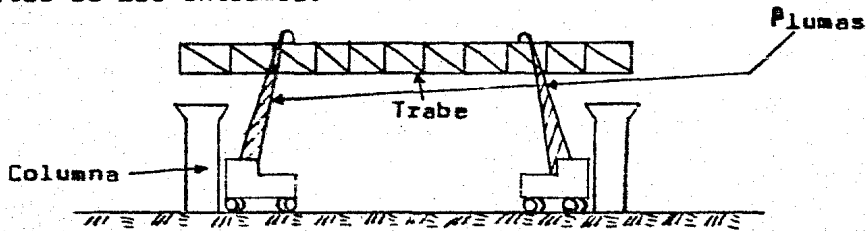


C) Armaduras o traves.

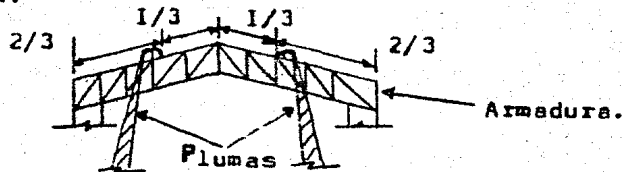
--- Las armaduras o traves de claros pequeños que no pueden sufrir deformaciones con los campaneos y torsiones del propio material, se montan izandolas por el centro.



--- Las armaduras o traves de claros muy grandes, se pueden soportar de los extremos.



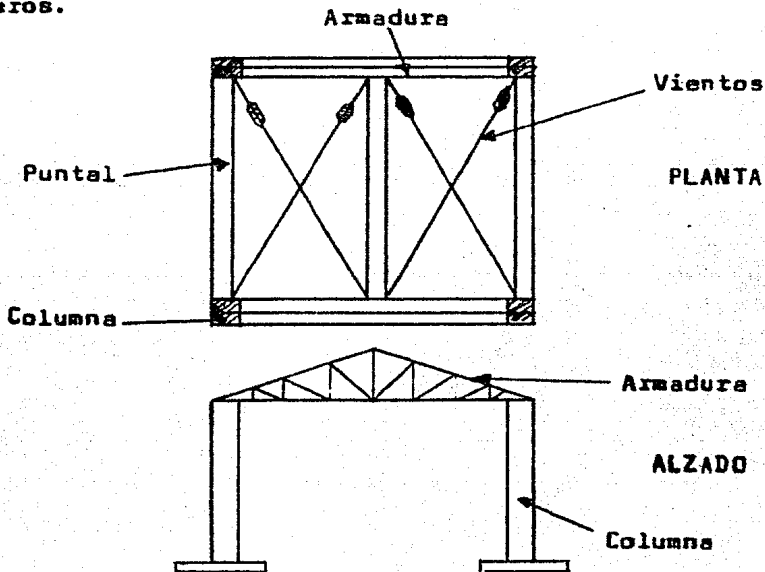
--- En naves a dos aguas o de arco, se izaran las armaduras con dos plumas de los tercios en que no se permita a la pieza campear o voltear.



--- Se mantendrán como medios de seguridad un mínimo de cuatro vientos, estos se colocan antes de izar la armadura con objeto de ayudar a la pluma y hacer llegar la armadura a las columnas.

#### D) Puntales:

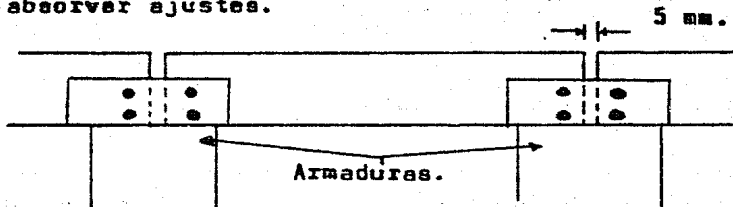
--- Estando colocadas cuatro columnas y dos armaduras; se podrán plomear, nivelar y alinear, colocando puntales, largueros y vientos para que las siguientes columnas y armaduras al colocarse, queden automáticamente a nivel y alineadas, colocando los largueros.



#### E) Largueros:

--- Los largueros sirven para soportar la lámina, por eso es importante que estén bien atornillados en los extremos.

--- Se recomienda una holgura de 5mm. entre largueros para poder absorber ajustes.



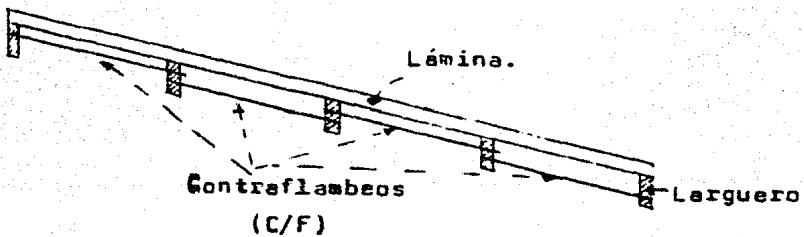
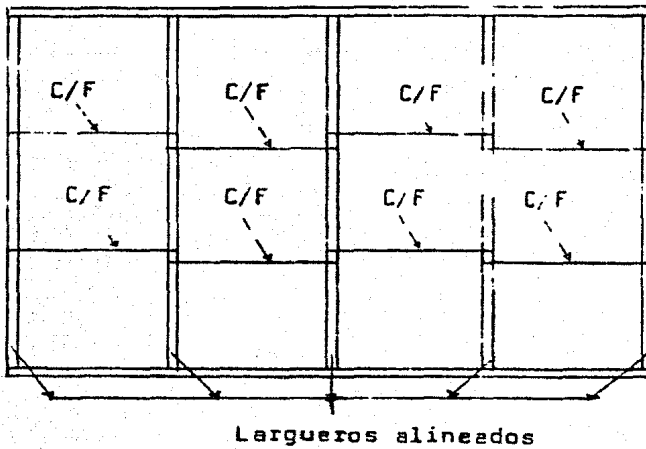


F) **Contravientos:**

--- Sirven para alinear, cuadrar y rigidizar la estructura. Es importante usar templadores para tensarlos.

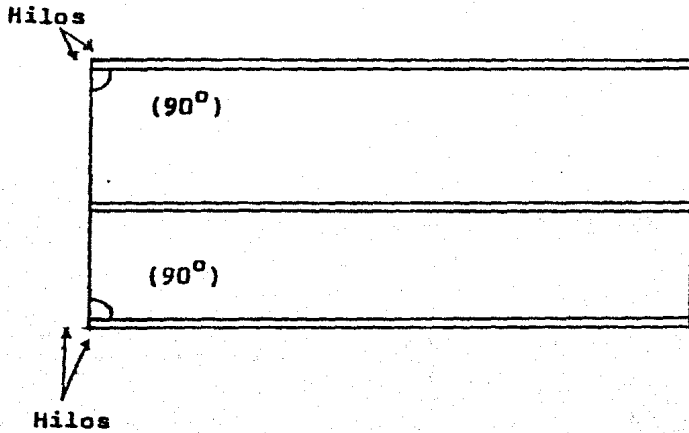
G) **Contraflameos:**

--- Sirven para alinear los largueros y no permitir que se cuelguen con la colocación de la lámina. Es importante que se atornillen de un extremo mínimo.

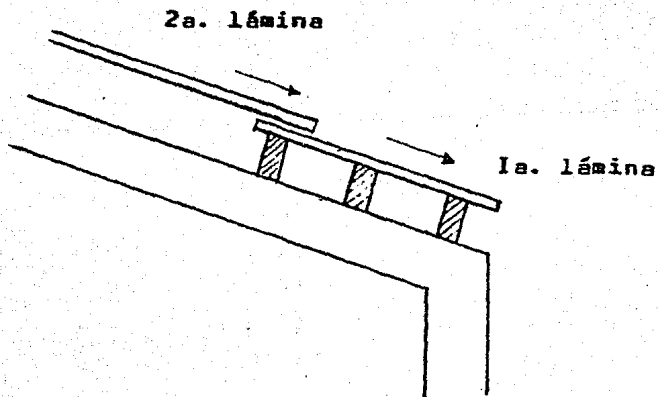


**N) La techumbre:**

--- Para quedar bien alineado hay que tender hilos y sacar una escuadra con la estructura. Se empieza a techar por la parte más baja de la pendiente.



PLANTA.



Para dar por terminado el tema de montaje de estructuras metálicas, se da a continuación un instructivo que permite analizar una estructura de acero antes del montaje y durante el proceso del mismo. En este instructivo se encuentran puntos generales -- que se pueden aplicar a cualquier tipo de estructura, y puntos -- que se refieren específicamente a edificios industriales.

### INSTRUCTIVO.

- 1.- Se procede a revisar y verificar el peso de los elementos -- así como del diseño estructural.
- 2.- Se analiza el calibre del material a fin de verificar sea -- el especificado.
- 3.- Que los elementos por montar no estén fuera de alineamiento.
- 4.- Que los cortes de las placas para elaborar columnas o armaduras sean ejecutados con cizalla.
- 5.- Que se muestre la soldadura a fin de verificar que esta no presente porosidad, escoria atrapada, etc.
- 6.- Las soldaduras en los extremos deben presentar su diamante , o chaflán (recorte en la base o cabeza de columnas).
- 7.- Que los elementos se trabajen en su matriz o molde a fin de que las medidas sean precisas.
- 8.- Que las piezas se pinten antes de montarlas( la mano ).
- 9.- Que el hizado de los elementos correspondientes sea balan-- ceando su peso correctamente y a un tercio de sus extremos.
- 10.- Cuando se coloquen riostras (patas de gallo), deben colo-- carse conforme a las separaciones del proyecto y conforme al -- calibre del material especificado.

- 11.- La colocación de atiezadores debe corresponder a las separaciones de proyecto.
- 12.- Los largueros no deben presentar dezalineamiento antes de su colocación.
- 13.- Los barrenos deberan efectuarse de preferencia en tierra.
- 14.- Que las placas y anclas de apoyo de columnas se cabeceen - con un producto endurecador, los tornillos deben encamisarse y su contorno se rellene con ferrolit o similar.
- 15.- Los templadores o contravientos se coloquen en diagonal.
- 16.- La cubierta en su caso debere llevar caballete o cumbrera.
- 17.- Cuando se coloque lámina, que se fije con pijas o grapas.
- 18.- Deberan calafatearse los puntos de posibles filtraciones - de agua.
- 19.- Revisar finalmente que los remates o bota aguas queden bien colocados y que no esten torcidos.
- 20.- En el caso de que se coloquen canaletas, que estas queden bien selladas.

### III.4 CONEXIONES.

En el diseño y construcción de una estructura metálica, es importante seleccionar desde el punto de vista de seguridad, economía y apariencia, los elementos estructurales que la formarán. También será igualmente importante o más, dar la debida consideración a las conexiones que permitan conjuntar las diversas piezas de la estructura de tal manera que esta resulte resistente y segura ante las acciones externas.

Las consideraciones anteriores se hacen debido a que ocurren -- más fallas estructurales por detalles de conexión incorrectos -- que por esfuerzos excesivos en los miembros estructurales; de -- ahí que se diga que ninguna estructura puede ser mejor que sus conexiones.

#### III.4.1 MEDIOS DE UNION.

Para realizar conexiones estructurales se usan medios de unión o conectores, que se clasifican desde el punto de vista constructivo en las siguientes categorías: los que se colocan en frío, es decir, tornillos o pernos y los que se colocan en caliente, es -- decir, remaches y soldadura.

Para seleccionar el conector adecuado, para una estructura determinada; se deben tomar en cuenta consideraciones tales como: resistencia requerida de la conexión, limitaciones de espacio de -- ésta, disponibilidad de personal calificado para fabricar y montar la estructura, condiciones de servicio y finalmente costo -- total de la instalación.

Los conectores dan origen a tres tipos fundamentales de conexiones estructurales: las conexiones remachadas, todavía usadas -- en la construcción; las conexiones atornilladas que sustituyen -- en ciertas circunstancias a las remachadas y las conexiones por soldadura, técnica moderna y notorias ventajas, que se extiende -- rápidamente en el campo de la construcción. Recientemente se ha agregado a las conexiones atornilladas el nuevo método de unio-

nes con tornillos de acero de alta resistencia fuertemente --  
 apretados:este método de cierta semejanza con los de uniones --  
 remachadas y atornilladas con tornillos ordinarios, presenta di-  
 ferencias importantes respecto a ellos en cuanto al modo de ---  
 transmitirse los esfuerzos.

Enseguida se describen los medios de unión más utilizados, asi -  
 como diversos aspectos de conexiones realizadas con ellos.

## I) REMACHES.

### A) GENERALIDADES.

Los remaches estan constituidos por un vástago redondo, en uno -  
 de cuyos extremos tiene una cabeza generalmente en forma de --  
 casquete esférico, y cuyo otro extremo termina en espiga, la cuál  
 se forja en el sitio para formar una segunda cabeza y asi unir  
 los elementos que requiera la conexión.

Durante muchos años el método aceptado para conectar los miem-  
 bros de una estructura de acero, fue el remachado; sin embargo, en  
 años recientes el uso de remaches ha declinado rápidamente de--  
 bido al tremendo incremento experimentado por la soldadura, y -  
 más recientemente, por el atornillado con tornillos de alta --  
 resistencia.

### B) TIPOS DE REMACHES.

Existen varios tipos de remaches que se diferencian por la -  
 forma de su cabeza y se clasifican en: (a) remaches de cabeza -  
 redonda; (b) remaches de cabeza plana; (c) remaches de cabeza -  
 avellanada y (d) remaches de cabeza en gota de sebo; tal  
 como se muestra en la figura 3.4. Cualquiera que sea --

el tipo de remache, la cabeza formada por el aplastamiento del extremo del vastágo puede ser redonda o avellanada. Los de cabeza de forma redonda son los más frecuentemente utilizados y los de cabeza avellanada sólo se emplean en los casos en que no es posible conservar un resalte sobre la superficie de los elementos unidos.

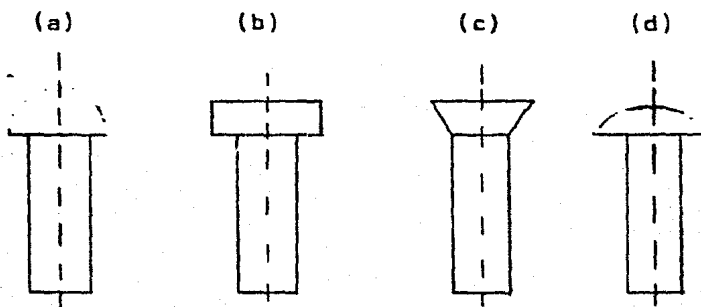


Fig. 3.4 diferentes tipos de remaches.

Las dimensiones de los remaches utilizados en trabajos de construcción ordinaria son de  $3/4''$  y  $7/8''$  de diámetro, pero se pueden obtener en tamaños estandarizados desde  $1/2''$  hasta  $1-1/2''$ , con incrementos de  $1/8''$ . Las dimensiones menores se utilizan en pequeñas armaduras para techos, señales, torres pequeñas, etc., mientras las medidas mayores se utilizan para puentes muy grandes, torres o construcciones elevadas. El uso de más de una o dos dimensiones de remaches en un trabajo sencillo es poco recomendable, porque es costoso e inconveniente punzonar en el taller agujeros de diferentes medidas en un miembro, y el manejo de remaches de diferentes medidas en el campo suele provocar errores y confusiones. Se presentan algunos casos cuando es absolutamente necesario tener diferentes medidas, como cuando los remaches menores son necesarios para mantener la distancia apropiada en ciertas secciones, pero tales situaciones se deben evitar en lo posible.

En los planos de fabricación se utilizan diversos símbolos para representar los diferentes tipos de remaches. Algunos de estos símbolos se muestran en la fig. 3.5 ; los círculos negros representan remaches que se deben de colocar en campo y no deben dibujarse con diámetros mayores de la mitad de los remaches de taller representados por círculos blancos, pues de otro modo resaltan tanto en el dibujo que ocasionan distracciones.











Descripción	Remaches colocados en el taller.	Remaches colocados en la obra.
Cabezas redondas, ambos lados.		
Avellanado y desconchado, lado cercano.		
Avellanado y desconchado, lado lejano.		
Avellanado y desconchado, ambos lados.		
Avellanado no mayor de 1/8" de altura, en el lado cercano.		

Fig.3.5.Símbolos de remaches.

### C) ACEROS PARA REMACHES.

Los remaches utilizados en el trabajo de construcción de estructuras metálicas, usualmente se fabrican de un tipo de acero más dulce que el que constituye los elementos estructurales, porque las condiciones de colocación endurecen el metal del



remache. Las principales clasificaciones de acero ASTM para --- remaches son:

Especificación ASTM A502, Grado 1. Se usan para la mayoría de los trabajos de estructuras incluyendo las de acero de alta resistencia, son de bajo contenido de carbón, de alrededor de 0.80%. Son menos resistentes que el acero estructural al carbón ordinario y tiene mayor ductilidad. Tiene un límite de fluencia mínimo de  $1970 \text{ kg/cm}^2$  y una resistencia a la tensión que va de  $3655 \text{ kg/cm}^2$  a  $4360 \text{ kg/cm}^2$ . El hecho de que estos remaches sean --- más fáciles de manejar que los remaches de alta resistencia, es, con seguridad la razón principal de que se usen casi universalmente sin tomar en cuenta la resistencia del acero usado en los miembros estructurales. (Por muchos años se clasificaron como de acero A141 ASTM).

Especificación ASTM A502, Grado 2. Estos remaches tienen alta resistencia, mayor que los remaches de grado I y fueron desarro--- llados para los aceros de alta resistencia.

Estos remaches tienen más carbón y son más duros que los --- remaches de grado I. Tienen un límite de fluencia mínimo de  $2670 \text{ kg/cm}^2$  y una resistencia a la tensión que va de  $4780 \text{ kg/cm}^2$  a  $5765 \text{ kg/cm}^2$ . Su alta resistencia permite al calculista utilizar menos remaches en conexiones y por tanto placas de unión más --- pequeñas. Son considerablemente más costosos que los remaches de grado I. Es posible y más satisfactorio el uso de remaches de --- grado I más grandes, al considerar tanto la economía como la mayor dificultad de colocación. Su menor ductilidad, evidenciada --- por la dificultad de colocación, probablemente resulte en capacidad de fijación decididamente menor, y su ventaja de alta resistencia puede ser en gran parte nulificada.

#### D) CALENTAMIENTO DE REMACHES.

Tanto en los talleres como en la obra, los remaches se calientan mediante un horno, fragua de carbón o de gas, o bien con un calentador eléctrico hasta alcanzar una temperatura de  $1800^{\circ}\text{F}$  aproximadamente (que corresponde al color rojo-cereza), para facilitar la ejecución del remachado. Se debe evitar que los remaches alcancen una temperatura mucho más elevada, porque se modifican sus propiedades mecánicas, es decir, que pierde sus cualidades de resistencia, ductilidad y se dice entonces que el remache se ha "quemado".

#### E) PROCESO DE REMACHADO.

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. Se puede llevar a cabo en caliente o en frío según convenga:

El proceso de remachado en caliente consiste en calentar el remache a una temperatura aproximada de  $1800^{\circ}\text{F}$  e introducir su vastágo en un agujero circular practicado en las piezas que deben empalmarse, hasta que la cabeza del remache se apoye sobre ellas. Posteriormente la parte del vastágo que rebasa el espesor total de la junta, se aplasta para formarle una segunda cabeza al remache. Durante el aplastamiento del vastágo, éste llena el hueco que resulta de la diferencia de los diámetros del vastágo y del agujero practicado en las piezas.

Una vez colocado el remache tiende a enfriarse y se contrae tanto longitudinal como transversalmente apretando así firmemente las partes conectadas. La tendencia del remache a encogerse longitudinalmente, es cortada en gran parte por las placas de tal manera que se produce tensión en el vastágo y compresión entre las placas, denominada "acción de apriete", que da una resistencia por fricción contra el deslizamiento -

de las placas; sin embargo esta fricción no es confiable y las especificaciones no la toman en cuenta para la resistencia de una conexión. 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 hincados en caliente pueden quedar de un tamaño menor que el del agujero, aunque en muchos casos el encogimiento es imperceptible.

El proceso de remachado en frío es semejante al remachado en caliente con la salvedad de que los remaches se instalan a temperatura ambiente y requieren de grandes presiones para formar la cabeza y completar el proceso. Obviamente el proceso de instalación en frío es para remaches de dimensiones pequeñas, del orden de  $3/4$ " o menores; aunque en los mayores ha sido utilizado con éxito. Los remaches manejados en frío rellenan mejor los agujeros, eliminan el costo de calentamiento y son más resistentes debido a que el acero es trabajado en frío. Sin embargo, hay una reducción en la fuerza de agarre, ya que los remaches no se contraen después de colocados, ni desarrollan fricción. Este proceso de remachado en frío se ve limitado por el equipo necesario y la inconveniencia de usarlo en el campo.

Una vez descritas las características generales del proceso de remachado, se discute brevemente a continuación, el proceso de remachado a mano y el proceso de remachado con pistola remachadora:

a) Remachado a mano.

Una vez colocadas las piezas que se van a unir, de forma que los agujeros del remache estén bien enfrentados, se coloca el remache (calentado a  $1800^{\circ}\text{F}$  aprox.) en el agujero y se le mantiene ahí fuertemente mediante un yunque llamado "sufridera" que se apoya sobre la cabeza del remache. El obrero que tiene el yunque ----

sufridera, lo apoya con toda su fuerza contra la cabeza del remache. Posteriormente el remachador y su ayudante golpean con un martillo de remachar en caliente sobre el vastágo que rebasa el agujero a fin de aplastar el metal. El remachador coloca después una buterola o doile (vastágo redondo, uno de cuyos extremos lleva en hueco la forma de la cabeza del remache) sobre el vastágo en parte aplastado y su ayudante al golpear sobre esta buterola con un pesado martillo, forma la segunda cabeza del remache (fig. 3.6). Para que la cabeza esté bien conformada, es preciso inclinar el doile en todos los sentidos durante el trabajo de martilleo.

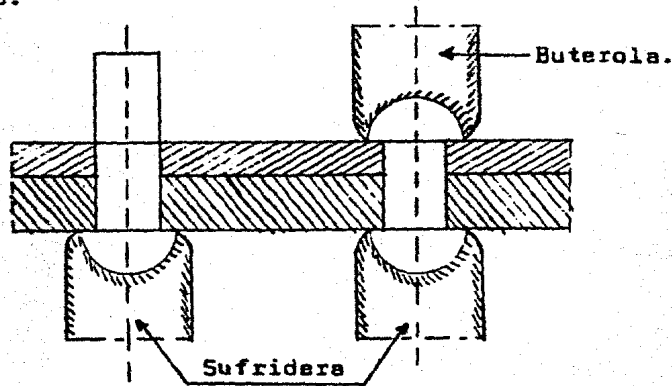


Fig. 3.6. Formación de la cabeza de un remache.

#### b) Remachado con pistola remachadora.

Ya calientes los remaches, se insertan en los agujeros punzonados o barrenados de las piezas de acero que se van a conectar, y la pistola remachadora forma la cabeza mientras se ejerce presión en el lado opuesto para mantener el remache en su sitio. En la fig. 3.7 se ilustran los pasos esenciales de este proceso.

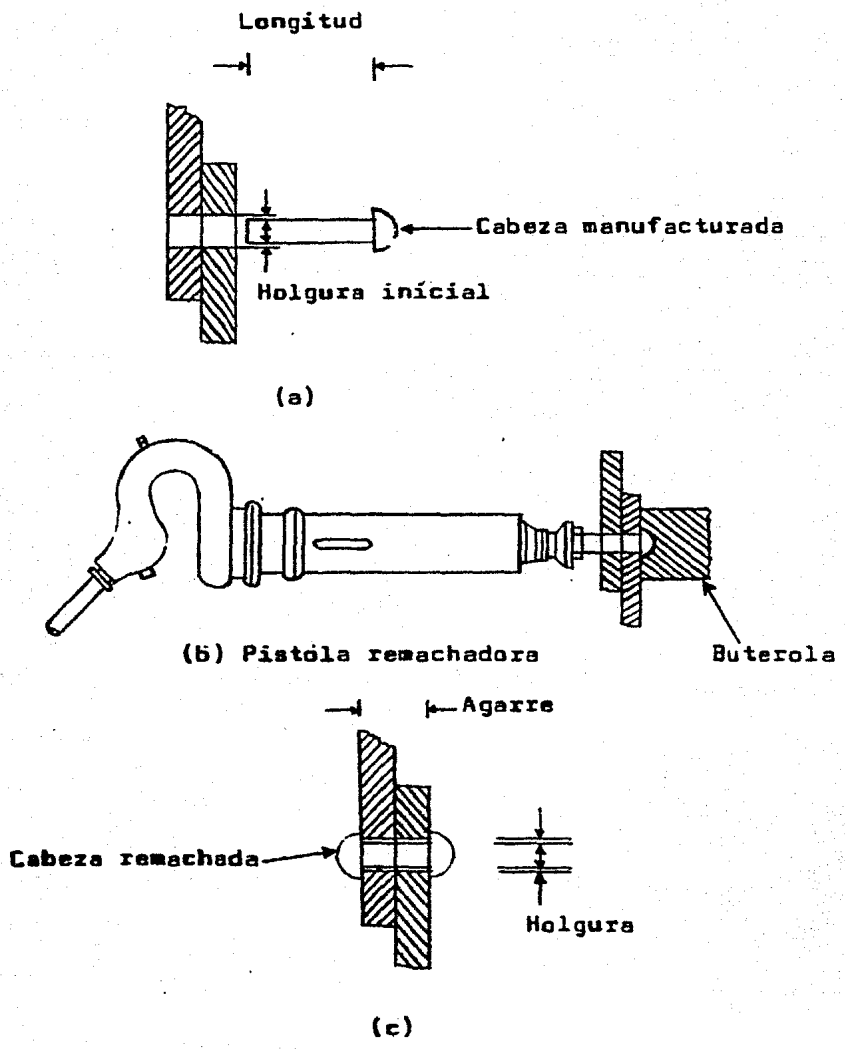


Fig. 3.7. Proceso de remachado con pistola remachadora.

### F) ESPACIAMIENTO Y DISTANCIA DE LOS REMACHES A LOS CANTOS.

En una conexión remachada como la mostrada en la fig.3.6; los -- espaciamentos y distancias de los remaches se definen por los siguientes términos:

Paso ( $p$ ) -- Es la distancia de centro a centro de remaches en -- una dirección paralela al eje del miembro (o distancia cac en -- una hilera).

Gramil ( $g$ ) -- Es la distancia de centro a centro de las hileras de remaches,perpendiculares al eje del miembro.

Distancia al canto -- Es la distancia del eje del remache al -- canto adyacente del miembro.

Distancia entre remaches -- Es la distancia más corta entre re-- maches de diferentes hileras.

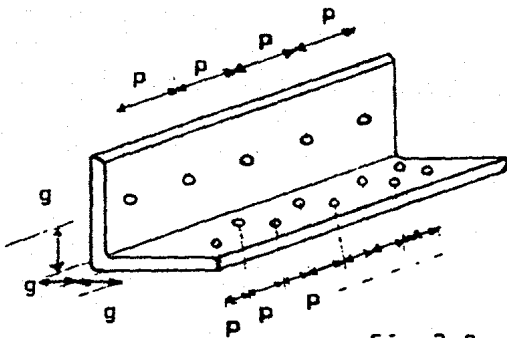
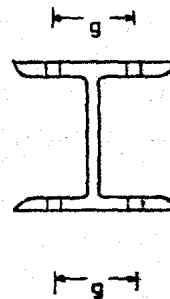


Fig.3.8



Los remaches deben colocarse separados a distancias convenientes no debiendo realizarse demasiado cerca de los cantos del miembro por dos razones principales. El punzonado de agujeros demasiado cercano a los cantos puede ocasionar que el acero del lado opuesto al punzonado se combe y aún se agriete. La segunda razón se aplica a los extremos de los miembros, donde existe el peligro de que el remache rasque el metal. Una información detallada sobre

Las separaciones convenientes se pueden consultar en cualquier manual de diseño de estructuras metálicas.

#### G) INSPECCION DE REMACHES.

La utilización de cuadrillas de remachadores experimentados para colocar remaches, es esencial y aún así su trabajo debe ser rígidamente inspeccionado. Los inspectores deberán asegurarse de que los remaches están apretados, tienen las cabezas con dimensiones completas, y no están requemados (sobrecalentados). Si se encontraran remaches malos, deben ser eliminados (botados).

Cuando se punzonan agujeros para remaches en acero estructural, a menudo se encuentran pequeñas rebabas en el lado opuesto del agujero. Si estas rebabas quedan entre dos piezas que van a remacharse juntas, se deben eliminar. Los miembros que van a remacharse requieren de alinearse mediante tornillos de campo o -- montaje, antes de que el remachado se ejecute. Si antes del remachado, las caras de los miembros por unir no están en contacto perfecto (como podría ocurrir debido a la presencia de rebabas), existe la posibilidad de que durante el recalado, se forme un reborde por esparcimiento del cuerpo del remache en el espacio existente entre las dos caras, reborde que impide que éstas queden aseguradas por completo, una contra otra.

Los remaches se deben calentar adecuadamente y colocar rápidamente antes de que se enfríen. Si se manejan demasiado fríos (se llaman remaches fríos), sus cabezas pueden saltar fácilmente. Después de enfriarse deben revisarse cuidadosamente por apriete. El grado de apriete puede determinarse colocando un dedo o una moneda en un extremo del remache y golpeando el otro extremo con un martillo ligero. Si el remache está flojo, se sentirá vibración. El sonido producido cuando se golpean los remaches con un martillo, también puede indicar al inspector experimentado si

el remache está apretado. Remover remaches es más bien un trabajo pesado y muy frecuentemente los remachadores dirque revisan su propio trabajo. Si encuentran un remache flojo pueden recalcarlo con un cincel en frío de manera que la prueba del martillo del inspector no revele aflojamiento. El recalcado no hace de un remache malo uno bueno, y el inspector debe estar prevenido contra las marcas de recalcado.

Otro detalle que necesita inspección íntima es el calentamiento de los remaches. Los remaches que han sido expuestos a temperatura excesiva o que han sido recalentados varias veces, tendrán su resistencia disminuida.

No hay duda que el remachado es una de las fases de la construcción que requiere la inspección más a fondo, y quizás se requiere un servicio de tiempo completo de un inspector por cada dos o tres cuadrillas de remachadores. En la fig. 3.9 se muestran aspectos de remaches mal ejecutados.

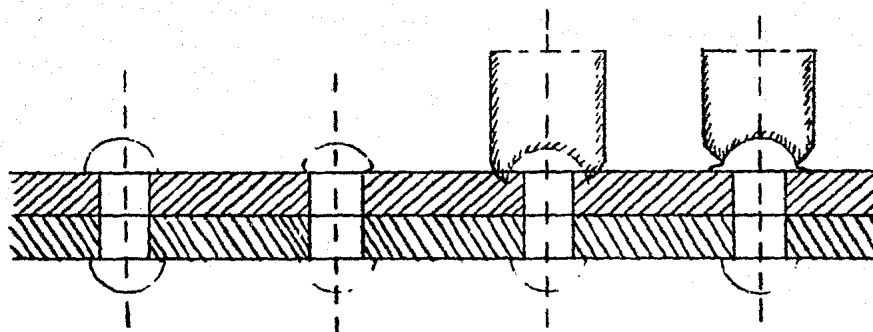
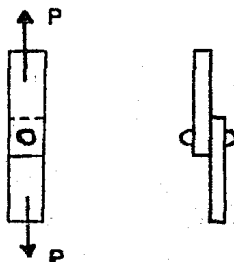


Fig. 3.9. Aspectos de remaches mal ejecutados.



## H) TIPOS DE FALLA.

Una junta unida por remaches o tornillos es una conexión tipo de corte tal como se muestra en la siguiente figura:

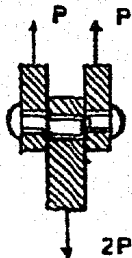


Hay cuatro métodos básicos por lo que puede fallar una conexión tipo de corte y son:

a) Falla por tensión en las placas.

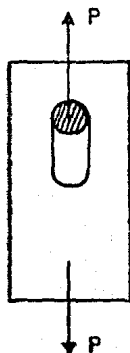


b) Falla por cortante a través de uno o más planos del sujetador.

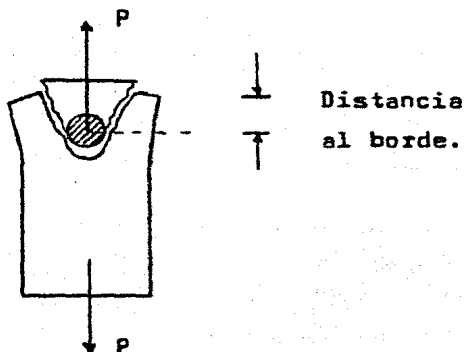


c) Falla por aplastamiento entre las placas y el sujetador. La falla por aplastamiento es el resultado de la compresión del cuerpo del sujetador contra el material del miembro a un lado del agujero y consiste en la deformación del agujero del sujetador o, raramente del sujetador mismo por la carga o de ambos.

Una falla de corte es súbita y completa. La falla por aplastamiento sin embargo, es gradual y progresiva. El esfuerzo permisible es generalmente conservador. No existe una cantidad de deformación aparente que pudiera considerarse como falla; sin embargo, la falla por aplastamiento puede definirse como un aumento permanente en el diámetro del agujero por un porcentaje de su diámetro original.



d) Falla por desgarramiento en las placas. Debido a la reducción en la sección transversal de los miembros por el agujero, las placas pueden debilitarse y en una de ellas se puede presentar la falla por desgarramiento. Esto sin embargo, se evita generalmente suministrando una distancia suficiente del sujetador al borde, y así no se calculan los esfuerzos de desgarramiento.



## 2) TORNILLOS.

### A) GENERALIDADES.

El montaje de estructuras de acero por medio de tornillos, es un proceso muy rápido y requiere mano de obra menos especializada que cuando se trabaja con remaches o con soldadura; esto da a las juntas atornilladas una clara ventaja económica al compararlas con los otros tipos de conexión.

Los tornillos están formados por un vástago redondo, en uno de cuyos extremos se encuentra formada una cabeza y en el otro un roscado helicoidal para recibir una tuerca. Se usan en general para unir entre sí piezas de acero insertándolos a través de agujeros hechos en dichas piezas, y apretando la tuerca en el extremo roscado (fig. 3.10). Los más utilizados tienen diámetros que varían de  $5/8$ " a  $1-1/4$ ", aunque ocasionalmente se usan tamaños menores o mayores.

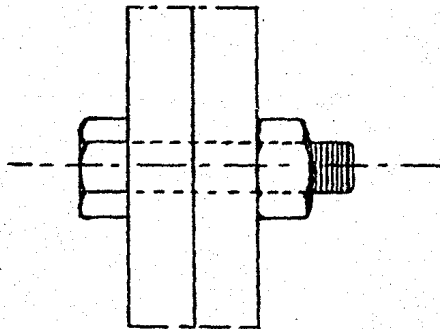


Fig. 3.10

Entre las aplicaciones de los tornillos estructurales, se encuentra su uso en construcciones de acero para servir como medio de unión temporal para la conexión de miembros, para el anclaje de una estructura a la cimentación, para soportar esfuerzos de tensión altos, y para conexiones permanentes de algunos miembros.

en localizaciones aisladas.

Su uso se recomienda cuando por alguna de las siguientes circunstancias no se puedan usar remaches:

- a) Siempre que la economía no permite el remachado para efectuar las uniones durante el montaje de la obra. Hoy en día tanto en las estructuras remachadas como en las soldadas, se aconseja como buena práctica constructiva proyectar atornilladas las uniones definitivas de montaje.
- b) Cuando no se disponga de espacio libre para formar la cabeza de cierre del remache.
- c) Cuando el espesor de la junta exceda 4 veces el diámetro --- previsto de los remaches, ya que la contracción del vástago al enfriarse puede provocar el desprendimiento de las cabezas.
- d) En las juntas desmontables y en las que requieran conexiones de ajuste.
- e) En las piezas de fundición que puedan intervenir en las construcciones, ya que la fundición es un material quebradizo que no admite el remachado.
- f) Cuando el vástago ha de trabajar a tensión, como ocurre en tirantes y anclajes, ya que los remaches no son adecuados para soportar esfuerzos de tensión.

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

Los diámetros recomendados para un determinado espesor de piezas que se van a empalmar, se pueden consultar en cualquier manual de diseño de estructuras metálicas.

## B) TIPOS DE TORNILLOS.

Los tipos de tornillos que pueden utilizarse para conectar --- miembros de acero estructural se pueden clasificar de acuerdo - con las siguientes características: tipo de vastágo (sin acabar o maquinado); material y resistencia (acero estructural ordinaria o de alta resistencia); forma de la cabeza y de la tuerca (redonda o prismática); paso y tipo de la rosca (estándar, gruesa o fina). En seguida se discute brevemente cada uno de los tipos de tornillos:

### a) Tornillos sin acabar.

Se forjan partiendo de varillas redondas de acero laminado y tienen grandes tolerancias en las dimensiones del vastágo y de la rosca; por lo que se usan en agujeros punzonados o taladrados con diámetros  $1/16$ " mayores que el diámetro nominal del tornillo.

### b) Tornillos maquinados.

Se preparan de acero hexagonal y sus cuerdas se cortan con un dado. Son maquinados con tolerancias reducidas para obtener ajustes casi exactos en los agujeros; ajustes que quedan usualmente dentro de  $1/50$ ". En virtud de estas tolerancias, los agujeros deben realizarse con precisión, necesitando generalmente rimado o taladrado.

### c) Tornillos estructurales ordinarios o comunes.

Se fabrican de acero al bajo carbón (A307) con una resistencia última a la tensión de aproximadamente  $4570 \text{ kg/cm}^2$  y son el tipo más barato de que se dispone para hacer conexiones. Generalmente tiene cabeza y tuerca cuadrada para reducir costos, pero los de cabeza y tuerca hexagonal se usan porque tienen apariencia más atractiva, son más fáciles de colocar y de apretar - debido a que las llaves usadas requieren menor -----

espacio para girar. Como tienen tolerancias relativamente grandes en las dimensiones del vastágo y de la cuerda, sus esfuerzos permisibles son menores que los de los remaches o los tornillos maquinados. Son usados primordialmente en estructuras ligeras -- sujetas a cargas estáticas y para miembros secundarios (tales como largueros, contravientos, etc.) de estructuras grandes.

d) Tornillos de alta resistencia.

La última innovación en el montaje de acero estructural es el -- perno de alta resistencia con la misma forma y dimensiones que los tornillos ordinarios, pero tiene características de resistencia y funcionamiento diferentes.

Los tornillos de alta resistencia se fabrican con aceros tratados y templados (ASTM A325 y A490), con una resistencia última a la tensión de 7385 a 10545  $\text{kg/cm}^2$  y una resistencia de fluencia de 5415 a 8790  $\text{kg/cm}^2$ .

La unión con tornillos de alta resistencia se resuelve utilizando la fricción originada entre las piezas al disponer los -- tornillos apretados hasta quedar sujetos a esfuerzos de tensión muy altos (aproximadamente 3870  $\text{kg/cm}^2$ ); los esfuerzos de fricción desarrollados, contrarrestan la acción de las fuerzas exteriores que tienden a separar las piezas (fig. 3.II) y las altas tensiones aplicadas a los tornillos, hace que estos se mantengan en su lugar bajo la aplicación de cualquier carga ya sea estática o dinámica (vibración o impacto), lo que no sucede con los remaches o tornillos ordinarios que frecuentemente se aflojan -- cuando están sujetos a cargas dinámicas.

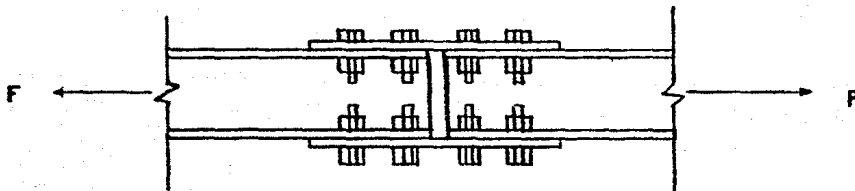


Fig. 3.II

De lo anterior se deduce que el principio fundamental en el que se basa el funcionamiento de las uniones con tornillos de alta resistencia es: "establecer una fuerza permanente de apriete en los tornillos, de tal magnitud que los esfuerzos de fricción --- correspondientes entre las piezas, equilibren la acción de las - fuerzas externas".

La instalación de los tornillos de alta resistencia se efectúa colocándolos en agujeros con diámetros 1/16" mayores que el -- diámetro de sus vastágos, y usualmente se aprietan a una tensión mínima a la carga de prueba de los tornillos que corresponde a un límite mayor que el límite de proporcionalidad o elástico y es aproximadamente igual al 70% de la resistencia última a la - tensión de los pernos A325. Las tuercas no necesitan precaución especial para asegurarse; pues una vez que los tornillos son --- instalados y las tuercas han sido apretadas suficientemente --- para producir la tensión requerida, no existe la tendencia de -- las tuercas a aflojarse, aún después de millones de ciclos de - carga. La tensión de los tornillos de alta resistencia se obtiene al apretar la tuerca con llaves de torsión calibradas o bien por el método del giro de la tuerca; pueden usarse también lla-- ves de impacto de capacidad adecuada y con el suministro de --- aire suficiente para llevar a cabo el apriete requerido de cada tornillo en aproximadamente 10 seg.

Entre las muchas ventajas de los tornillos de alta resistencia, que explican su rápido progreso, están las siguientes:

--- Las cuadrillas de hombres necesarias para atornillar, son -- menores que las necesarias para remachar. Dos parejas de atornilladores pueden fácilmente colocar el doble de tornillos en un día que el número de remaches colocados por una cuadrilla normal de cuatro remachadores, resultando un montaje de acero estructural más rápido.

- En comparación con los remaches, se requiere menor número de tornillos para suministrar la misma resistencia.
  - Las juntas atornilladas buenas pueden realizarse por hombres con mucho menor entrenamiento y experiencia que los necesarios para producir conexiones soldadas o remachadas de calidad semejante. La instalación apropiada de tornillos de alta resistencia puede aprenderse en cuestión de horas.
  - No se requieren pernos de montaje que deben removerse después (dependiendo de especificaciones) como en las juntas soldadas.
  - Se hace muy poco ruido en comparación con el remachado.
  - Se requiere equipo más barato para realizar conexiones atornilladas.
  - No existe riesgo de fuego ni hay peligro proveniente del lanzamiento de los remaches calientes.
  - Las pruebas en juntas remachadas y en juntas atornilladas bajo condiciones idénticas, muestran definitivamente que las juntas atornilladas tienen una mayor resistencia a la fatiga. Su resistencia a la fatiga también es igual o mayor que la obtenida con juntas soldadas equivalentes.
  - Donde las estructuras se alteran o desensamblan posteriormente, los cambios en las conexiones son absolutamente simples por la facilidad para remover los tornillos.
- Una adición reciente a la familia de los tornillos de alta resistencia es el perno estructural estriado o perno de interferencia, que tiene un estriado anguloso que se deforma cuando se introduce en la perforación estándar o en el agujero punzonado de las piezas a unir, de tal manera que éste se ajusta quedando firmemente en posición (fig. 3.12). Las roscas no deben quedar dentro de la superficie de apoyo de las placas conectadas.



Después de conocer las características principales de los tornillos de alta resistencia, se comprenderá porque es por ahora el método de conexión en obra más popular y son utilizados en todo tipo de estructuras, desde edificios pequeños hasta "rescacielos" y puentes monumentales.

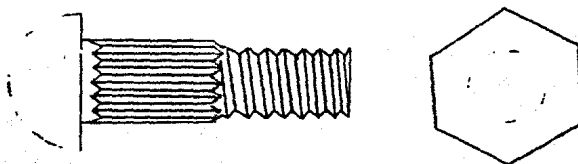


Fig. 3.12. Perno Estriado.

e) Tornillos de cabeza redonda y prismática.

Los tornillos estructurales tienen usualmente cabeza redonda o prismática. En los tornillos de cabeza redonda se distinguen: los pernos de cabeza cilíndrica; los pernos en forma de casquete esférico; los pernos de cabeza avellanada, la cual penetra por completo en el espesor de las piezas que deben unirse; y los pernos de cabeza avellanada en "gota de sebo" cuya cabeza penetra parcialmente en el espesor de las piezas que deben empalmarse. Estos tornillos se muestran en la figura 3.13.

Los tornillos de cabeza prismática son los más frecuentemente usados en construcciones metálicas y se distinguen los de cabeza hexagonal y los de cabeza cuadrada (fig. 3.14). Los de cabeza cuadrada cuestan un poco menos, y los de cabeza hexagonal aunque son más caros, son más fáciles de apretar o sujetar con una llave, requieren menos espacio para girar y ocasionalmente pueden ser preferibles.

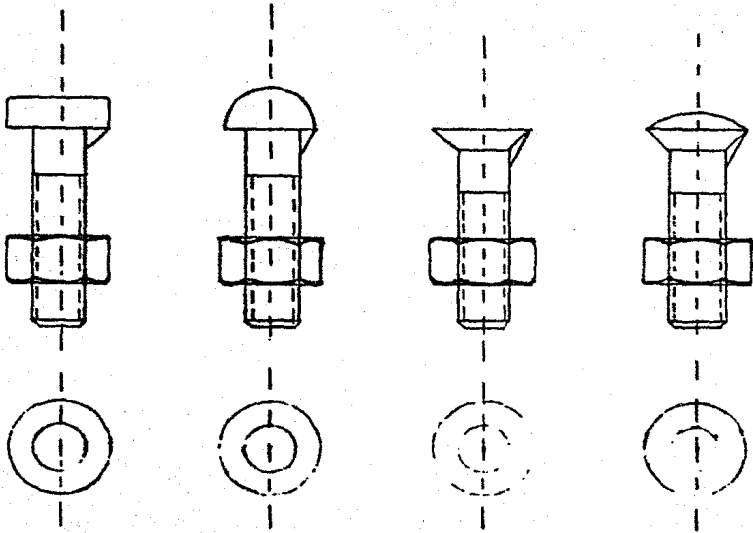


Fig.3.13. Tornillos de cabeza redonda.

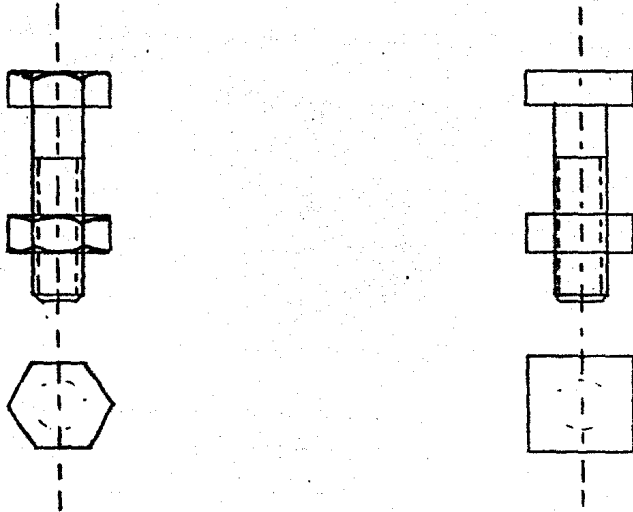


Fig.3.14. Tornillos de cabeza prismática.

Además de los tipos de tornillos vistos anteriormente, existen -- otros que por su forma y aplicación se les denomina "tipos especiales de tornillos" y entre ellos estan los pernos de empotramiento y los pernos de anclaje.

f) Pernos de empotramiento.

Se utilizan para sujetar los elementos estructurales a la cimentación. La función de los pernos de empotramiento no es la de absorber grandes tensiones, sino más bien sujetar los elementos estructurales oponiéndose a sus desplazamientos horizontales. Presentan la forma de un perno cónico descabezado, con entalladuras en su periferia o un gancho en su extremo no roscado, para favorecer su adherencia con el concreto, (fig.3.15). Cuando el perno esta sujeto a fuertes vibraciones, se recomienda ponerle una contratuerca para asegurar el cierre.

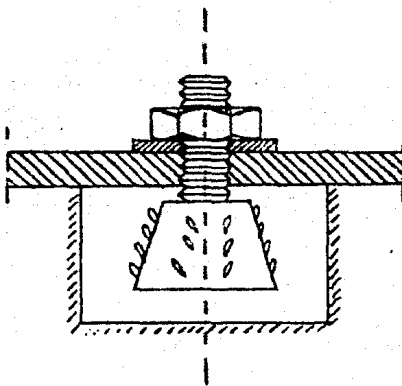


Fig.3.15.Perno de empotramiento.

g) Pernos de anclaje.

Cuando las fuerzas transmitidas a la cimentación de una estructura, no pueden ser absorbidas con seguridad por pernos de empotramiento, se utilizan pernos de anclaje colados monolíticamente con las zapatas de concreto. Los pernos de anclaje son varillas -

redondos, roscados en un extremo para permitir la fijación del -- elemento estructural por una tuerca y cuyo otro extremo presenta resaltos o huecos, para aumentar su adherencia con el concreto, -- (fig. 3.16). Para bases de columnas de acero los pernos de anclaje varían generalmente de 1/2" a 4" de diámetro; los tamaños ma-- yores requieren grandes longitudes de anclaje y a menudo no son económicos.

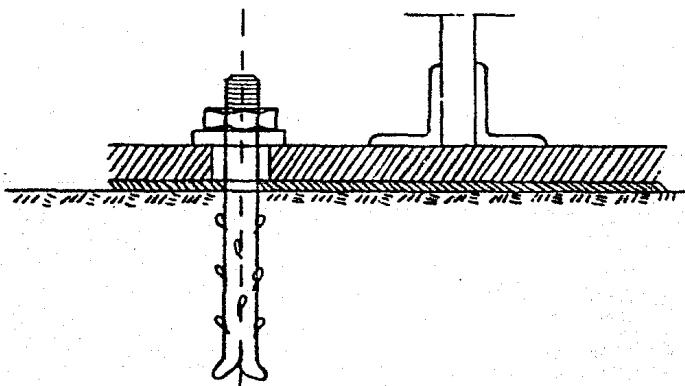


Fig.3.16.Perno de anclaje.

### C) TUERCAS.

Las tuercas utilizadas para tornillos estructurales tienen forma cuadrada o hexagonal, de altura normalmente igual al diámetro del vastágo del perno correspondiente. La práctica común es usar tornillos con cabeza hexagonal y tuercas cuadradas o hexagonales. Pueden requerirse tuercas pesadas para tornillos sometidos a --- cargas de tensión altas, debido al apriete, como en el caso de --- tornillos de alta resistencia. Bajo la cabeza del tornillo y bajo la tuerca se usan comunmente rondanas de acero, 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.

#### D) PROCESO DE ATORNILLADO.

La colocación de los tornillos estructurales se lleva a cabo --- introduciendolos en los agujeros circulares dispuestos en las -- piezas que deben empalmarse. Una vez colocado el perno se atornilla la tuerca hasta ajustarla a tope; para ello se utilizan dos -- llaves, una para girar la tuerca y la otra para impedir que gire la cabeza del perno. El esfuerzo de ajuste sobre la tuerca tiene que ser enérgico sin llegar a ser excesivo, ya que provocaría en el perno tensiones anormales que disminuirían considerablemente su resistencia y podría incluso provocar su ruptura en el momento de la colocación. En los tornillos de alta resistencia se hace el ajuste de las tuercas con llaves calibradas o de impacto para darles la tensión conveniente, e incluso si dicha tensión es mayor, el tornillo de alta resistencia trabajará satisfactoriamente.

#### E) PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS PARA IMPEDIR QUE SE DESAJUSTEN LAS TUERCAS.

Para asegurar el funcionamiento adecuado de las conexiones atornilladas bajo carga, las partes conectadas deben estar perfectamente apretadas entre la cabeza del tornillo y la tuerca. Cuando las conexiones atornilladas ordinarias se sujetan a cargas alternadas o a vibraciones, pueden aflojarse las tuercas, con lo que se reduce la resistencia de la conexión; para evitar esto, las tuercas deben asegurarse definitivamente en su posición. Para esto se usan varios métodos, entre ellos los siguientes: El procedimiento más sencillo consiste en calafatear la parte del vástago que rebasa la tuerca, al aplastar la rosca la tuerca no puede ya desajustarse (fig. 3.17). También puede bloquearse la tuerca mediante un punto de soldadura hecho sobre el vástago contra la -- cara exterior de la tuerca.

Si bien estos procedimientos de bloqueo de la tuerca son eficaces, presentan el inconveniente de hacer imposible la retirada de

la tuerca sin destruir el perno; por ello se prefieren otros métodos como el de usar tuercas acastilladas con tornillos, con un agujero taladrado en el vástago a través del cual se hace pasar una chaveta, que evita que la tuerca gire o se afloje. También se usan los procedimientos que emplean la contratuerca, que consiste en poner sobre el vástago una segunda tuerca que al entrar en contacto con la primera, evita que esta se afloje (fig. 3.18). Se utilizan también arandelas, que son resortes de acero templado -- destinados a oponerse a la acción de las vibraciones que provocan el desajuste de la tuerca (fig. 3.19).

Para los tornillos de alta resistencia no es necesario utilizar los métodos anteriores, ya que con la tensión inicial que se les da es suficiente para que las tuercas no se aflojen.

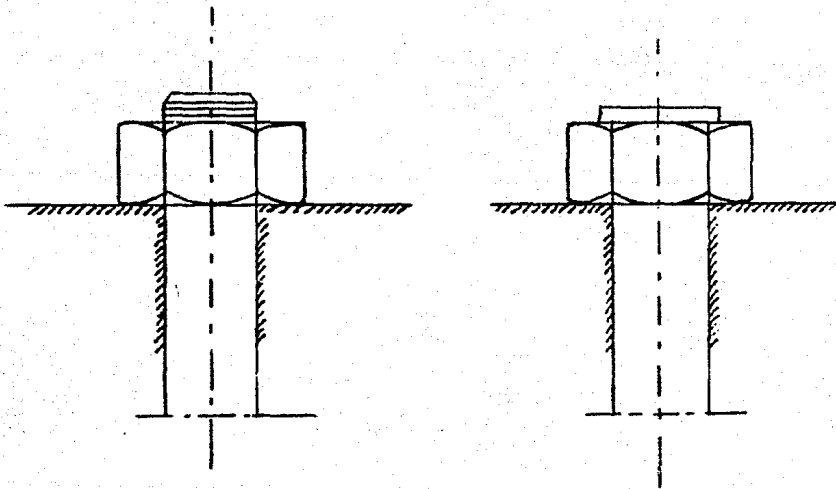


Fig. 3.17. Pernos antes y después del calafateado de la rosca.

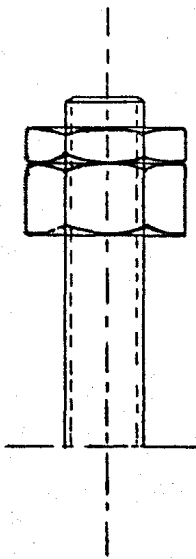


Fig. 3.18

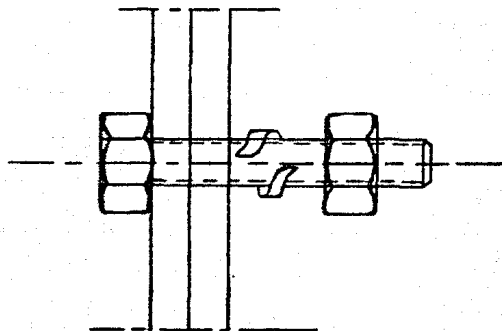


Fig. 3.19

Por último, una precaución importante que se debe tomar en cuenta cuando se usen los tornillos como medio de unión, es que las superficies de las piezas a unir, incluyendo el área adyacente a las rondanas debe estar libre de costras sueltas, tierra, rebabas, pintura, barniz y otros defectos que pudieran impedir que las partes asienten solidamente.

### 3) SOLDADURA.

#### A) GENERALIDADES.

La soldadura es un proceso en el que se unen partes metálicas -- mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plásti- co o fluido, permitiendo que las partes fluyan y se unan con o -- sin la adición de otro metal fundido.

En las construcciones metálicas las estructuras soldadas, que --- constan fundamentalmente de placa de acero se imponen cada vez - más a las estructuras remachadas. Las ventajas están en la gran - libertad de configuración, en la simplificación de la construc- ción y almacenaje, en el pequeño aporte de material debido a las -- tensiones admisibles, en la disminución del peligro de corrosión debido a las superficies lisas, etc. Algunas de estas ventajas se describen en los párrafos siguientes:

a) Para la mayoría de la gente, la primera ventaja está en el -- área de la economía, porque el uso de la soldadura permite gran- des ahorros en el peso del acero utilizado. Las estructuras sol- dadas permiten eliminar un gran porcentaje de las placas de --- unión y de empalme, tan necesarias en las estructuras remachadas o apernadas, así como la eliminación de las cabezas de remaches o tornillos. En algunas estructuras de puente es posible ahorrar -- hasta un 15% o más del peso de acero con el uso de soldadura. La soldadura también requiere un trabajo apreciablemente menor que el necesario para el remachado, porque un soldador puede reempla- zar a la cuadrilla normal remachadora de cuatro hombres.

b) La soldadura tiene una zona de aplicación mucho mayor que el remachado o apernado: Considérese una columna de tubo de acero y las dificultades para conectarla a los miembros de acero, con re- maches o pernos. Una conexión remachada o apernada puede ser vir- tualmente imposible, pero una conexión soldada, cualquiera que sea



no presentará dificultades.

c) Las estructuras soldadas son estructuras más rígidas, porque los miembros normalmente están soldados directamente uno a otro. Las conexiones para estructuras remachadas o aparnadas, se realizan a menudo a través de ángulos de conexión o placas que se deforman debido a la transferencia de carga, haciendo más flexible a la estructura completa. Por otra parte, la mayor rigidez puede ser una desventaja donde se necesiten conexiones extremas simples, con baja resistencia a los momentos.

d) El proceso de fusionar las partes por unir, hace a las estructuras realmente continuas. Esto se traduce en construcción de una pieza y puesto que las juntas soldadas son tan fuertes o más que el metal base, no se presentan restricciones en las uniones. Esta ventaja de la continuidad ha permitido la erección de un sin fin de estructuras de acero estáticamente indeterminadas, esbeltas y agraciadas.

e) Es más fácil realizar cambios en el diseño y corregir errores durante el montaje (y a menor costo), si se usa soldadura.

f) Otro detalle que a menudo es importante es el silencio al soldar. Imagínese la importancia de este hecho cuando se trabaja --- cerca de hospitales o escuelas, o cuando se realizan adiciones a edificios existentes.

g) Se requieren menos precauciones de seguridad para el público en áreas congestionadas en comparación con las necesarias para una estructura remachada donde el lanzamiento al aire de los remaches calientes es indispensable.

h) Se usan menos piezas y, como resultado, se ahorra tiempo en detalle, fabricación y montaje en la obra.

Por lo descrito, no es raro ver actualmente soldaduras de campo - para vigas continuas o traveses de puentes, o para edificios de 50 o más pisos.

## B) PROCESOS DE SOLDADURA.

El "Cuadro Maestro Normal de Procesos de Soldadura", publicado -- por la Sociedad Americana de Soldadura, señala ocho grupos generales de procesos de soldadura: El latonado, soldadura flúida, soldadura de resistencia, de inducción, de arco, por termita, de gas y por forjado.

El latonado incluye un grupo de métodos de soldadura en el cual un metal de relleno no ferroso se funde a temperatura más baja - que el punto de fusión de las partes que se conectan y la unión se obtiene por atracción capilar de los metales. La soldadura líquida o de flujo se obtiene vaciando metal fundido sobre la junta que se ha de soldar hasta que la conexión se calienta a la -- temperatura de soldado.

En la soldadura por forjado los miembros se calientan y la soldadura se efectúa por medio de presión o por golpes de martillo. El calor requerido en la soldadura por resistencia se obtiene -- por la resistencia del material que se está soldando a una corriente eléctrica que pasa a través de las partes; se emplea presión mecánica para unir las partes. La soldadura por inducción es un proceso en el cual la unión se produce por el calor obtenido de la resistencia del metal al flujo de la corriente eléctrica - inducida, con o sin la aplicación de presión.

Un grupo de procesos de soldadura conocido como soldadura por -- termita se obtiene colocando un metal líquido sobrecalentado y la escoria resultante de una reacción química entre un óxido metálico y aluminio, alrededor de las partes que se van a unir. La soldadura de gas se hace con flamas de gas usado para fundir el metal con o sin la aplicación de fuerza.

El calor requerido en la soldadura de arco se produce por un -- arco eléctrico.

Los procesos de soldadura más importantes en la construcción de estructuras metálicas son: el proceso de soldadura de gas (oxiacetilénica) y el proceso de soldadura eléctrica al arco a por resistencia, por lo que a continuación se discuten con más detalle:

a) Soldadura de gas.

La soldadura de gas generalmente se obtiene por el uso de la flama de oxiacetileno y la adición de un metal de soldadura constituido por metales puros o aleaciones de composición determinada. Las fuentes de oxígeno y acetileno son botellas metálicas de las cuales proceden los gases que recorren la cámara de mezcla y arden a la salida de la boquilla del soplete. El soplete permite la regulación del suministro de cada uno de los gases y en consecuencia de la intensidad de la flama que alcanza temperaturas muy altas y posee propiedades reductoras que la hacen apta para la soldadura del acero.

La flama de oxiacetileno también se usa para el corte de piezas de acero, así como para la preparación del material que va a soldarse con arco. Los componentes principales que intervienen en el proceso de soldadura de oxiacetileno se ilustran en la fig. 3.20.

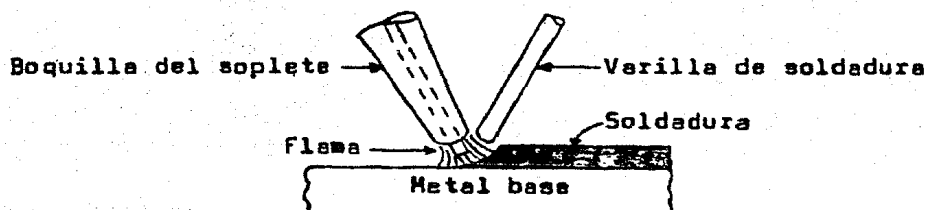
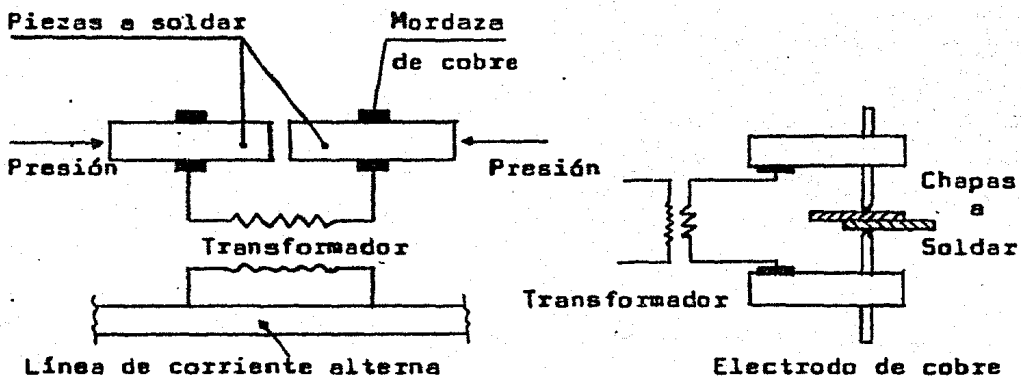


Fig. 3.20. Soldadura de gas.

b) Soldadura eléctrica por resistencia.

Es esencialmente un proceso de soldadura a presión, que es una -- versión moderna del antiguo proceso de forja. El calor se genera por medio de la resistencia eléctrica a una corriente de alto -- amperaje y bajo voltaje, que pasa a través de una pequeña área -- de contacto entre las partes a conectar. El calor desarrollado -- ocasiona un estado plástico en el metal y se efectúa la solda-- dura aplicando presión y uniendo localmente de este modo ambas piezas. Se usan en la industria varias formas de soldadura de -- resistencia, entre las más comunes están, la soldadura a tope y -- la de punto que se muestran en la figura 3.21.



(a) Soldadura a tope.

(b) Soldadura de punto.

Fig. 3.21

La soldadura eléctrica por resistencia no se emplea en piezas -- de gran sección, por lo que no tiene aplicación en la construc-- ción de estructuras metálicas como armaduras, edificios, etc., y sólo se utiliza en trabajos de menor importancia como soldadura de -- las esquinas de los marcos de ventanales metálicos, construcción de piezas pequeñas formadas por placas, etc.

c) Soldadura eléctrica de arco.

En este proceso se provoca un arco eléctrico entre la pieza en que se ha de efectuar la soldadura y un electrodo que constituye el metal de aportación. El calor desarrollado produce la fusión del electrodo que deposita un cordón de material en la junta que se trata de soldar, llamado cordón de soldadura.

La fig. 3.22 muestra un esquema de la instalación necesaria para la soldadura eléctrica de arco. La corriente producida en la dinamo, D, pasa por el cuadro de medición donde se encuentra el amperímetro, A, y el voltímetro, V, y llega a la pieza B y portaelectrodo G a través del conmutador U. El portaelectrodo va provisto de un guardachispas S.

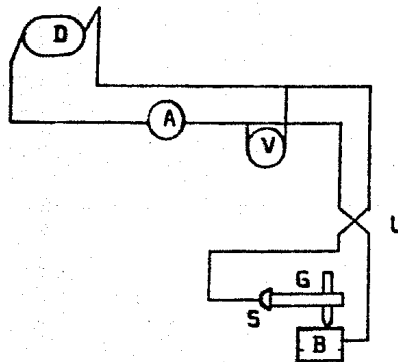


Fig. 3.22 .

El arco se ceba tocando ligeramente con el electrodo la pieza -- en el punto a soldar y levantándolo inmediatamente después. El -- electrodo no ha de separarse demasiado de la pieza, pues el arco se interrumpiría. Por lo general la longitud del arco debe ser -- igual al diámetro del electrodo. Cuando el arco es demasiado --- grande, oscila tendiendo a formar grandes gotas, y cuando es demasiado corto, chisporrotea. Si el arco tiene una longitud correcta,

el material fluye uniformemente del electrodo a la pieza con un ligero chisporroteo, sin que se observe la formación de gotas --- grandes.

Los electrodos deben emplearse con el grueso mayor que permita el tamaño y calidad de la pieza que se trate de soldar. Pueden -- estar constituidos simplemente por una varilla de metal utilizado en la soldadura, en cuyo caso reciben el nombre de desnudos. Los electrodos pueden también estar recubiertos por una envoltura constituida con un fundente adecuado, llamandose entonces revestidos. Finalmente existe una tercera clase, los llamados elec--- trodos con alma, que son huecos, envolviendo el metal al fundente que queda en el interior. En seguida se mencionan los diferentes tipos de electrodos:

--- Electrodos desnudos.- En este tipo de electrodo el arco eléctrico formado entre el electrodo y la pieza no es tan permanente como en las otras dos clases, interrumpiéndose con frecuencia. Las desventajas de los electrodos desnudos son: Pequeña estabilidad - del arco. Mayores pérdidas del material y, en consecuencia menor - rendimiento. Las propiedades físicas de las soldaduras obtenidas con estos electrodos son de inferior calidad a las de los res--- tantes, conteniendo frecuentemente poros los cordones de soldadura formados. Esta circunstancia determina que los electrodos desnudos no deben ser empleados para las construcciones metálicas - sometidas a esfuerzos dinámicos.

--- Electrodos con alma.- Se aplican a la soldadura en cualquier posición y se caracterizan por un arco permanente. Las propieda--- des físicas de las soldaduras obtenidas con ellos son interme--- dias entre las correspondientes a los electrodos desnudos y re--- vestidos.

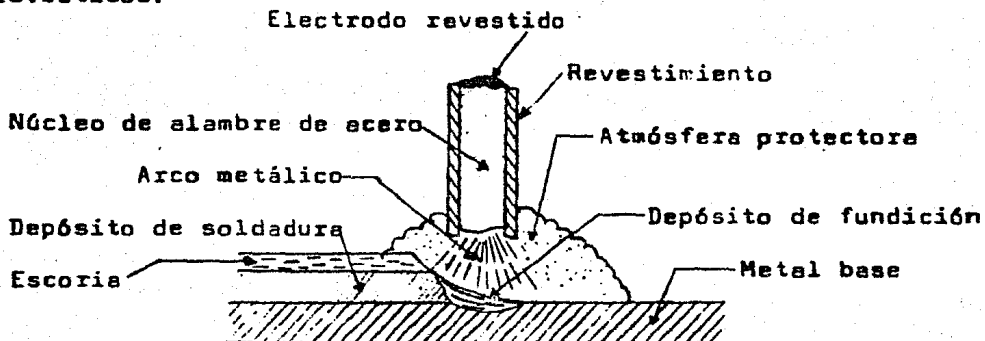
--- Electrodoos revestidos.- Este tipo de electrodos es de absoluta preponderancia hoy en día por sus mayores ventajas. El revestimiento que rodea el metal es de una composición muy compleja; comprende por lo general unos quince cuerpos diferentes, de los cuales los principales son:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , etc. El número y proporción de estos cuerpos varía según el uso específico para el que se requiera la clase de electrodo.

El revestimiento actúa con triple acción: eléctrica, mecánica y metalúrgica; que consisten en lo siguiente:

Eléctrica.- Permite el empleo de la corriente alterna, y cualquiera que sea la naturaleza de la corriente; facilita el cebado del arco y lo hace estable.

Mecánica.- Ejerce un guiado mecánico del arco y modifica las tensiones superficiales del metal fundido y por tanto la del depósito:

Metalúrgica.- Desprende gases que protegen a la soldadura contra la acción del aire; los elementos que lo constituyen se incorporan al metal en fusión y mejoran sus cualidades; produce también una escoria cuyo depósito en la superficie de la soldadura protege al metal durante su enfriamiento, evitándose así la formación de una estructura indeseable en el cordón. En la fig. 3.23 se muestra el proceso de soldadura eléctrica de arco con electrodos revestidos.



. Fig. 3.23

Los electrodos se describen en las especificaciones ASTM, que dictan los requisitos para clasificación y adaptación, detalles de las pruebas, uso de los tipos de electrodos existentes, etc. Para aplicaciones estructurales se usan las series de electrodos E60XX y E70XX, para soldaduras normales de arco metálico con atmósfera protectora.

Los electrodos desnudos y el fundente granular que se emplean en el proceso de arco sumergido cumplen con los requisitos de los grados SAW-1 y SAW-2.

Las propiedades de resistencia del metal de aportación que se usan en el diseño, se muestran en la tabla 3.24.

TABLA 3.24.

Tipo	Punto de fluencia mínimo en $\text{kg/cm}^2$ .	Resistencia mínima a la tensión en $\text{kg/cm}^2$ .
Serie E-60XX	3515 a 3870	4360 y 4710
Serie E-70XX	4220	5060
SAW-1	3165	4360 a 5625
SAW-2	3515	4920 a 6330

El sistema de clasificación usado para los electrodos es descriptivo. La letra E significa que se trata de un electrodo; los primeros dos dígitos, por ejemplo 60 y 70 designan la resistencia mínima a la tensión del metal depositado en la condición en que queda al soldar, expresada en miles de libras por pulgada cuadrada. El tercer dígito representa la posición en la cual el electrodo es capaz de realizar una soldadura satisfactoria; la clave es: 1 todas las posiciones, plana, vertical, sobre cabeza, horizontal; 2, filetes planos y horizontales.



El último dígito indica la corriente eléctrica que debe usarse y el tipo de recubrimiento del electrodo. En conjunto los dos últimos dígitos indican la posición, corriente eléctrica y cualquier información pertinente que se emplee al usar un electrodo particular.

Otros procesos que utilizan el arco eléctrico en diversas formas son: El proceso de soldadura al arco eléctrico en atmósfera de gas argón, el proceso de soldadura al arco protegido en atmósfera de  $\text{CO}_2$  y el proceso Unionmelt o de arco sumergido.

### C) CLASIFICACION DE SOLDADURAS.

Existen tres clasificaciones para las soldaduras, mismas que se describen en los siguientes párrafos, están basadas en el tipo de soldadura realizada, posición de las soldaduras y tipo de junta.

#### a) Tipo de soldadura.

Hay cuatro tipos básicos de soldadura: de filete, a tope, de tapón y de ranura, según se muestra en la fig. 3.25. Los más usados en construcciones metálicas son los dos primeros.

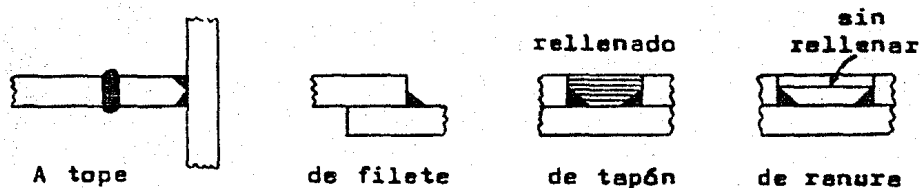
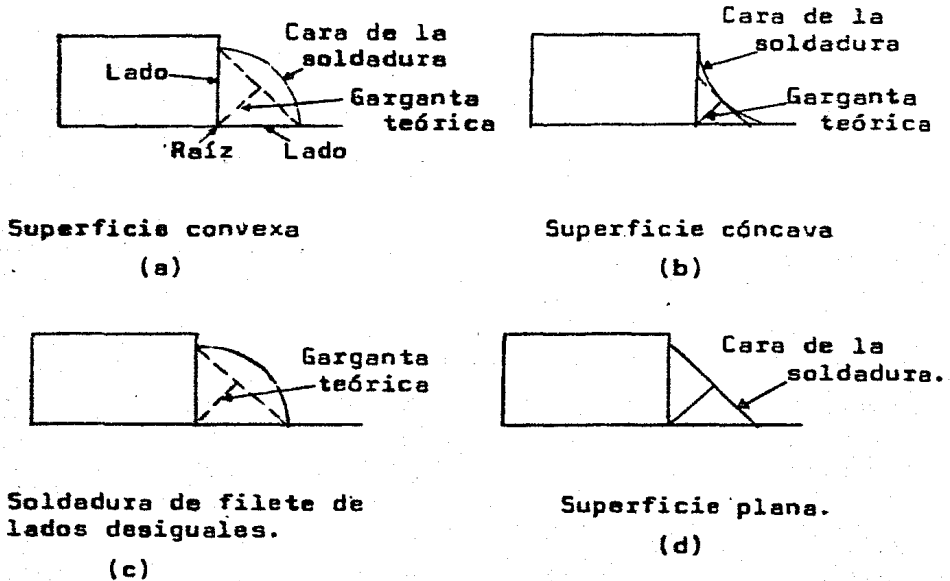


Fig. 3.25. Tipos de soldadura.



Las soldaduras de filete se usan en juntas de traslape, en "T" y de esquina. Se caracterizan por la forma triangular de su sección transversal que puede ser cualquiera de las ilustradas en la fig. 3.26.



**Raíz.**- Es el punto donde las superficies de las caras de las -- piezas del metal original se intersectan.

**Garganta.**- Es la distancia más corta de la sección transversal - de la soldadura de filete, que va de la raíz de la soldadura a la superficie externa de ella.

Fig. 3.26

La soldadura de filete debe de tener de preferencia una superficie plana o ligeramente convexa, porque la experiencia ha demostrado que los cordones de paso simple de forma cóncava tienen -- gran tendencia a agrietarse por efecto del enfriamiento, pues -- cuando se contrae tiene lugar en su superficie una tensión  que lo tiende a agrietar, mientras que si es convexa, la contracción no provoca tensión en la superficie exterior, sino que al contrario, como la cara se acorta, se produce compresión .

La mayoría de las conexiones estructurales se realizan con soldadura de filete a pesar de ser más débil que la soldadura a -- tope.

Las soldaduras a tope se usan cuando las partes a conectar están alineadas en el mismo plano. Su forma varía dependiendo del modo en que se preparen los extremos de las piezas; en la fig. 3.27 se ilustran algunas formas comunes. Las formas en J y U se usan para hacer más fácil el acceso del metal de aportación y asegurar mejor la fusión del metal base.



En paralelo



Bisel sencillo



Bisel doble



"V" sencilla



"V" doble



"U" sencilla (línea  
llena).  
"J" sencilla (línea  
punteada)



"U" doble  
(línea llena)  
"J" doble  
(línea punteada)

Fig. 3.27. Formas de soldaduras a tope.

Las soldaduras a tope son comunes en conexiones tales como los empalmes en columnas y las conexiones de vigas a columnas. La garganta efectiva de una soldadura a tope se define como el espesor correspondiente a la parte más delgada que se está uniendo, tal como se representa en la fig.3.28.



Fig.3.28.

En la fig.3.29, se muestran tres tipos de soldadura a tope; la unión sin preparación a tope, mostrada en la parte (x), se utiliza para unir material relativamente delgado, hasta 7.9 mm., aproximadamente. A medida que el material es más grueso, es necesario el uso de soldaduras a tope en V, y en doble V como las ilustradas en las partes (y) y (z).

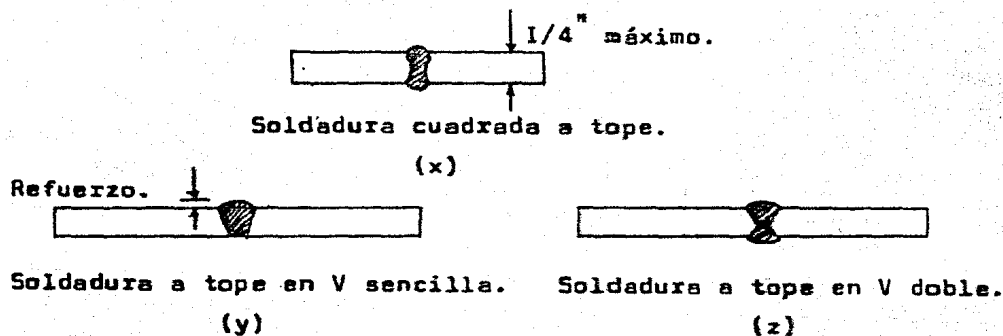


Fig.3.29

Las soldaduras a tope mostradas en la fig. 3.29 tienen abundancia de soldadura, es decir metal de aportación que hace mayor la dimensión de la garganta que la del espesor del material soldado. Ya sea por la abundancia o insuficiencia, las soldaduras a tope son llamadas soldaduras de 100%, 125%, 150%, etc., según sea el espesor extra en la soldadura. Hay dos razones principales para tener refuerzo, que son: (1) El refuerzo da cierta resistencia extra porque el metal adicional contrarresta los poros y otras irregularidades, y (2) al soldador le es más fácil realizar una soldadura un poco más gruesa que el material soldado.

Es indudable que el refuerzo origina soldaduras a tope más fuertes, cuando van a estar sujetas a cargas relativamente estáticas. Sin embargo, cuando la conexión va a estar sujeta a cargas repetidas y vibratorias, el refuerzo no es tan satisfactorio porque las concentraciones de esfuerzos parecen desarrollarse en el refuerzo y contribuyen a una falla más rápida. Para tales casos, una práctica común es suministrar refuerzo y luego rebajarlo enrasándolo con el material conectado.

Desde el punto de vista de la resistencia, la resistencia al impacto y a esfuerzos repetitivos, y la cantidad de material de aporte requerido, las soldaduras a tope son, por mucho, preferidas a las soldaduras de filete, aunque desde otros puntos de vista no son tan atractivas, y se prefiere entonces que la inmensa mayoría de las soldaduras estructurales sean soldaduras de filete. Si bien en las soldaduras a tope tienen refuerzos residuales más altos y las preparaciones (tales como el empalmado y biselado) de los bordes de los miembros por unir, son costosos, probablemente la mayor desventaja es el problema que representa la preparación de las piezas para su ensamble en la obra. Por estas razones las juntas a tope en obra no se usan con frecuencia, excepto en trabajos pequeños o en los que los miembros fueron fabricados un poco más largos y cortados en la obra a las longitudes necesarias.

Una soldadura de tapón es una soldadura circular que une dos -- piezas, en una de las cuales se hace la o las perforaciones necesarias para soldar. Una soldadura de relleno es una soldadura --- formada en una muesca o agujero alargado que une un miembro con otro miembro a través de la muesca. Estos tipos de juntas pueden utilizarse cuando los miembros se traslapan y la longitud del -- filete de soldadura no puede obtenerse. También pueden utilizarse para unir parte de un miembro como en el caso de tener que fijar las cubreplacas en un miembro compuesto.

#### b) Posición de la soldadura.

De acuerdo a su posición se clasifican como: planas, horizontales, verticales y sobre cabeza, siendo las planas las más económicas y las sobre cabeza las más costosas. Aunque las soldaduras planas - pueden realizarse a menudo con máquinas automáticas, la mayoría - de la soldadura estructural se realiza a mano. No es necesaria la fuerza de gravedad para realizar buenas soldaduras, pero sí puede acelerar el proceso. Las gotitas de los electrodos fundidos pueden ser forzadas en las soldaduras por la cara inferior contra - la fuerza de gravedad y obtenerse buenas soldaduras, pero estas - son lentas y costosas, por lo que en lo posible deben evitarse. En la fig. 3.30, se muestran los diferentes tipos de soldadura.

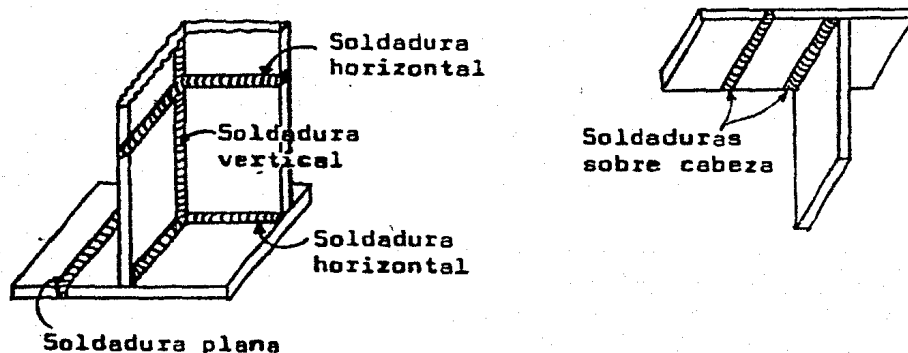


Fig. 3.30

## c) Tipo de junta.

Las soldaduras pueden también clasificarse de acuerdo con el tipo de junta usado: a tope, traslapada, en te, de canto, y en esquina. Cada una está definida por el modo como se relacionan entre sí las placas que se van a conectar, sin que intervenga la geometría de la soldadura o el método de preparación de las orillas ya que, por ejemplo, la unión en "T" puede ser de filete o de ranura. En la fig. 3.31 se ilustran los cinco tipos básicos de juntas.

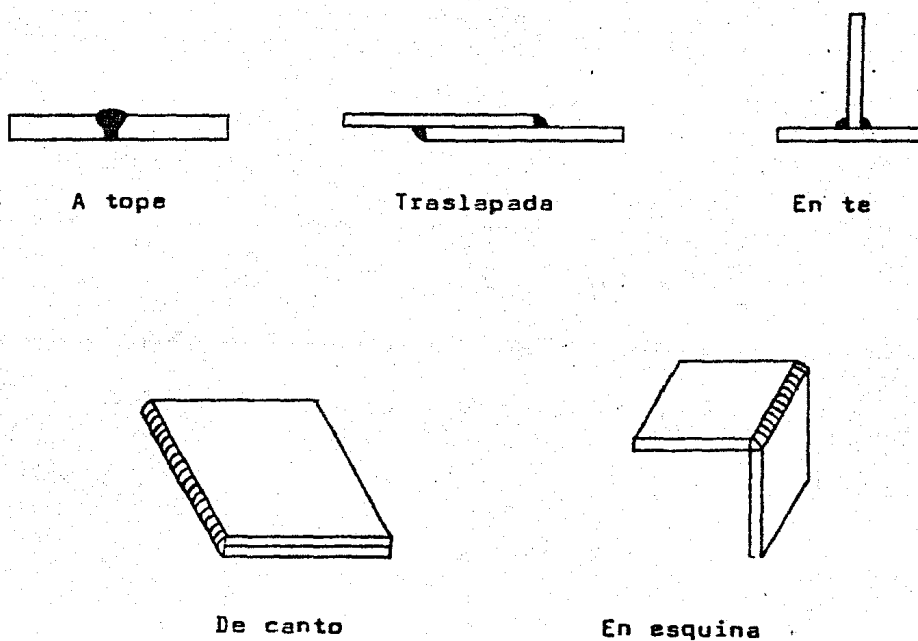


Fig. 3.31

#### D) METODOS PARA RELLENAR UNA JUNTA.

Un cordón de soldadura se realiza mediante aportaciones sucesivas de metal o pasadas, que son más o menos importantes según el método empleado, que puede ser uno de los siguientes:

- Método de la pasada longitudinal o estrecha.
- Método de la pasada con movimiento transversal o ancha.
- Método de la pasada triangular.

La fig. 3.32, ilustra los diversos métodos para rellenar una junta; en (x) se tiene una junta a tope realizada por pasadas estrechas y por pasadas anchas; en (y) se tienen juntas de filete realizadas por pasadas estrechas y por pasadas anchas; y en (z) se tiene una junta a tope realizada por pasadas triangulares.

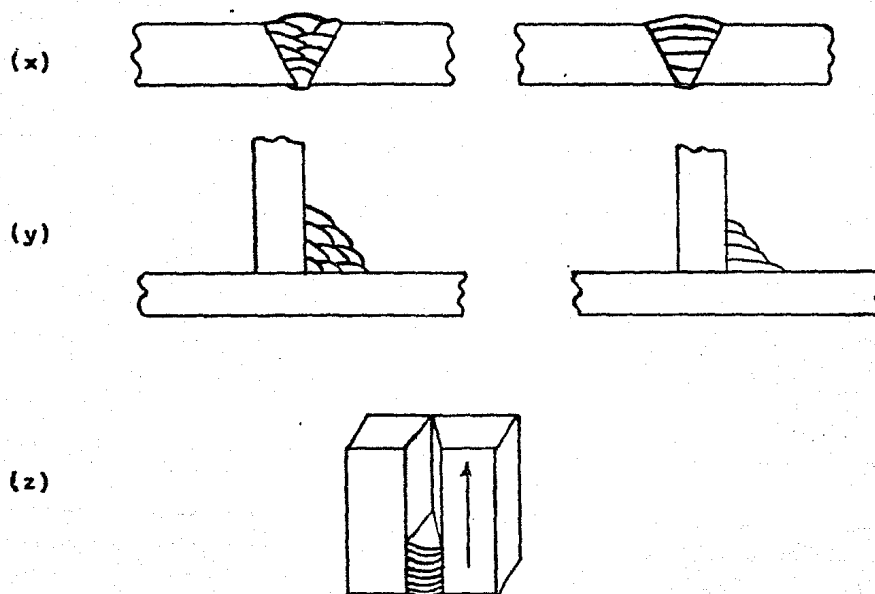










Fig. 3.32







### E) SIMBOLOS PARA SOLDADURA.

La figura 3.33 presenta el método de identificación de soldaduras mediante símbolos, desarrollado por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS). Con este método se da toda la información necesaria con unas cuantas líneas y números, ocupando apenas un pequeño espacio en los planos y dibujos de ingeniería.

Estos símbolos eliminan la necesidad de dibujos de las soldaduras y la realización de largas notas descriptivas. Ciertamente es conveniente para los proyectistas y dibujantes utilizar este sistema estándar. Si la mayoría de las soldaduras indicadas en un dibujo son de las mismas dimensiones, puede ponerse una nota al efecto y omitir los símbolos, excepto en las soldaduras fuera de medida.

TIPO DE SOLDADURA							
Cabeza	Filete	Corte o ranura	Ranura				
			Cuadrado	V	Bisel	U	J
							

Símbolos básicos de la soldadura de gas y de arco

Soldadura a todo alrededor.	Soldadura de campo.	CONTORNO	
		Al ras	Convexa
			

Símbolos complementarios.

Fig. 3.33

Símbolo del acabado.

Símbolo del perfil.

Abertura en la raíz, profundidad de llenado para soldaduras de corte o ranura.

TAMAÑO: tamaño y esfuerzo en la resistencia de soldaduras.

Línea de referencia.

Especificación del proceso u otras referencias.

Acabado (puede omitirse si no se usan referencias).

Símbolo de la soldadura básica o referencia de detalle.

Angulo de la ranura, incluyendo el ángulo opuesto para soldaduras por corte.

Longitud de la soldadura.

Paso (distancia entre centros) de la soldadura.

Flechas de la línea de referencia al lado de la junta al miembro biselado o a ambos.

Símbolo de la soldadura de campo.

Símbolo de soldadura periférica.

Número de puntos o soldaduras.

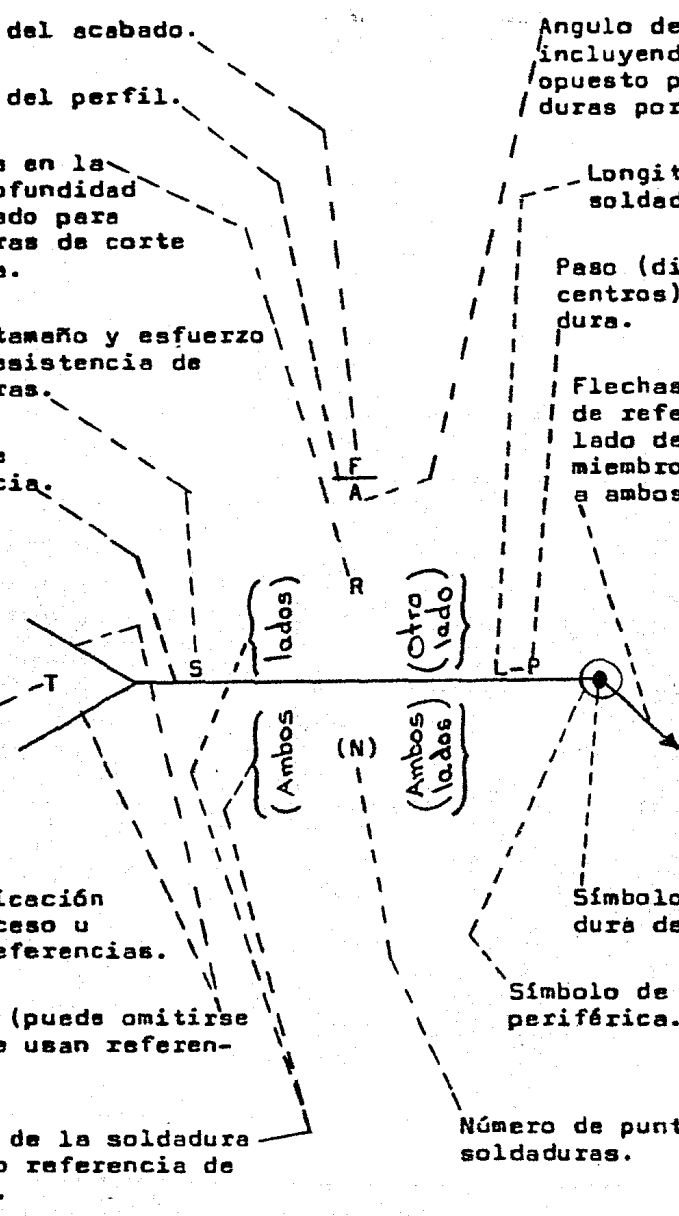
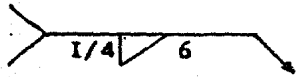
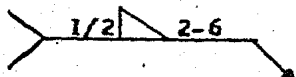


Fig. 3.33 (Continuación).

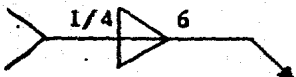
En seguida se dan algunos ejemplos de la aplicación de los símbolos de soldadura, para que el lector tenga una idea general de la apariencia de ellos y de la información que pueden contener; Para quien desee profundizar en el tema, deberá consultar la información publicada por la AWS.



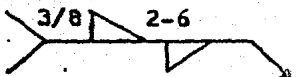
Soldadura de filete en lado cercano (del lado de la flecha). El grueso de la soldadura ( $1/4"$ ) se indica a la izquierda del símbolo de la soldadura y su longitud ( $6"$ ) a la derecha del símbolo.



Soldadura de filete de  $1/2"$  en el lado lejano, soldaduras de 2 de longitud a intervalos de  $6"$  entre centros.



Soldadura de filete de  $1/4"$  y  $6"$  de longitud, ambos lados, realizable en la obra. Como las soldaduras son iguales en ambos lados, no es necesario, pero es permisible indicar sus dimensiones en ambos lados de la línea.



Soldaduras de filete de  $3/8"$  de  $2"$  de longitud a intervalos de  $6"$  entre centros, alternadas en ambos lados.



Símbolo que indica que la soldadura se extiende por todo alrededor de la junta.



La cola se utiliza para hacer referencia a cierta especificación o procedimiento.

## F) TECNICAS DE SOLDADURA.

La técnica de soldadura se refiere al conjunto de detalles implicados en el proceso, tales como la posición al soldar, la preparación del metal antes de soldar, el ajuste de las juntas, el tipo y tamaño del electrodo, el uso de equipo de corriente alterna o directa y la polaridad adecuada del metal base, el ajuste de la corriente y del voltaje para cada soldadura en particular, la velocidad de depósito del metal de aportación, el número de pasos para formar una soldadura, el mantenimiento de un arco estable y de la forma adecuada de la soldadura.

Los defectos más importantes ocasionados por el uso de una técnica inadecuada de soldadura son: la socavación, la falta de fusión y penetración, la inclusión de escoria y la porosidad. La mayoría de estos defectos tienen como resultado concentraciones de esfuerzos bajo cargas y pueden reducir de este modo la resistencia de la soldadura, particularmente bajo cargas dinámicas o repetidas.

--- La socavación se define como el quemar excesivamente el metal base (fig. 3.34a y b). La tendencia a la socavación depende en mayor o menor grado de las características del electrodo y de la posición al soldar; frecuentemente es causada por corrientes y longitudes de arco excesivas. La socavación fácilmente detectable por inspección visual, puede corregirse depositando metal de aportación adicional después que la superficie se ha limpiado adecuadamente.

--- La falta de fusión se define como la falta del metal base y del metal de aportación para fundirse en algún punto de la junta que no sea la raíz (figs. 3.34c y d). Este defecto no es común en las soldaduras de arco, a menos que las superficies que se sueldan 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 asegurará una completa fusión.

--- La penetración incompleta se define como la falla del metal base y del metal de aportación para fundirse en la raíz (figs. 3.34e y f). Este defecto puede deberse a 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.

La penetración incompleta es particularmente indeseable, ya que causa concentraciones de esfuerzos bajo cargas y puede ser la causa de grietas debidas a la contracción.

--- Las inclusiones de escoria se definen como los óxidos metálicos y otros componentes sólidos encontrados en ocasiones como inclusiones alargadas o globulares (fig. 3.34g). Estos óxidos son el resultado de reacciones químicas entre el metal, el aire y el recubrimiento del electrodo durante el depósito y solidificación del metal de aportación. Puede evitarse en gran parte su formación mediante la selección de la composición química del electrodo y de su recubrimiento, de modo que no reaccionen con los elementos contenidos en el metal base. Como la escoria tiene una densidad menor que el metal fundido, usualmente tiende a subir a la superficie y por lo tanto rara vez presenta dificultades en soldaduras horizontales. Un enfriamiento rápido y un ángulo insuficiente de la preparación pueden evitar que la escoria suba a la superficie; las inclusiones de escoria representan un problema particular en las soldaduras verticales y sobre cabeza.

--- La porosidad se define como la presencia de vacíos globulares o bolsas de gas en el metal de soldadura (fig. 3.34h). El gas puede quedar atrapado en el metal de soldadura como resultado de una

solubilidad reducida al enfriarse la soldadura, o por la formación de gases debido a reacciones químicas. La porosidad se debe frecuentemente al uso de corrientes o longitudes de arco excesivas.

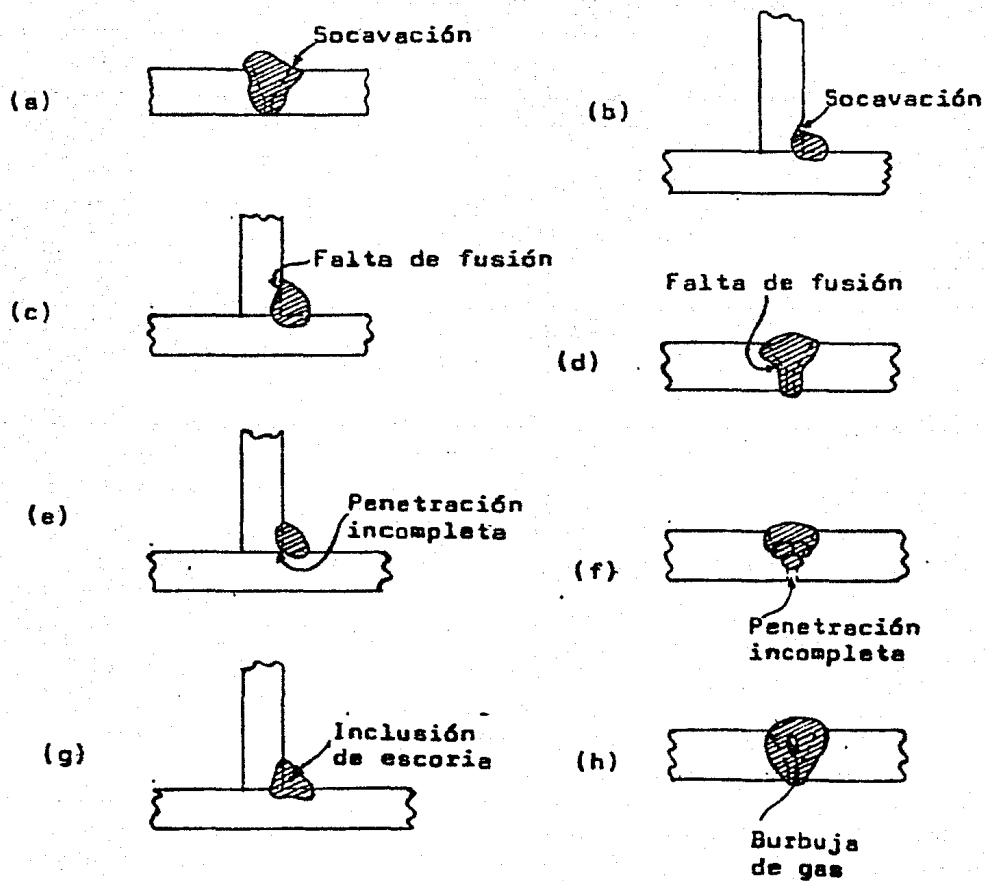


Fig. 3.34. Defectos de soldaduras.

## G) INSPECCION DE SOLDADURAS.

Para asegurarse de una buena soldadura en un trabajo determinado deben seguirse tres pasos: (1) establecer buenos procedimientos de soldadura; (2) usar soldadores calificados; y (3) emplear inspectores competentes en el taller y en la obra.

La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) ha desarrollado procedimientos estándar de calificación, consistentes en dos partes: Calificación de los procedimientos y calificación del operario. La calificación de los procedimientos trata de las propiedades del metal base y del de aportación, del tipo y tamaño de los --- electrodos, del tipo de preparación y de la posición de soldar, de la corriente y voltaje a usar y de los usos posibles del --- precalentamiento o del tratamiento térmico de las partes después de soldar. La calificación del operario requiere que el --- soldador realice ciertos especímenes de prueba, los cuales deberán tener una resistencia y ductilidad especificadas. Las soldaduras de prueba deben simular el tipo y las condiciones de la soldadura en campo, y se suministran diferentes calificaciones para los distintos tipos de soldadura; numerosas comparaciones hechas entre los resultados obtenidos con especímenes de prueba y especímenes reales de campo, indican que los operarios que hacen buenos especímenes de prueba también hacen en general buenas soldaduras en el campo. Sin embargo, no es suficiente confiar solamente en las pruebas de calificación, sino debe mantenerse una inspección adecuada de todas las soldaduras en la estructura para asegurarse de que sean satisfactorias. Existen varios --- métodos disponibles para la inspección de las soldaduras, como son el visual, el de partículas magnéticas, el de la tintura penetrante, el radiográfico y el ultrasonico. Todos estos métodos requieren que la supervisión sea efectuada por personal competente que pueda interpretar los resultados.

--- Método visual. Es el método más simple y requiere una perso-

na competente que observe al soldador en operación mientras --- lleva a cabo su trabajo. Puede ser el método más rápido y económico.

--- Método de las partículas magnéticas. En este método se colocan limaduras de hierro sobre la soldadura, y se sujetan a una corriente eléctrica; las configuraciones adoptadas por las limaduras indicarán la presencia de grietas a un observador experimentado. En soldaduras de varios cordones, debe examinarse cada uno de ellos para inspeccionar adecuadamente la soldadura.

--- Método de la tintura penetrante. Se aplica una tintura 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 la soldadura. La cantidad de tintura que brote fuera de las grietas indicará su profundidad.

--- Método radiográfico. Este método puede emplear rayos "X" o -- rayos gamma para reproducir la figura de la soldadura sobre una película. Se aplica mejor esta técnica en las soldaduras a tope, en donde la fotografía mostrará únicamente el material de aportación. No es adaptable a soldaduras de filete porque el metal -- base también se proyectará en la fotografía. El uso de esta técnica en el campo esta limitada por los espacios libres requeridos para el equipo y la película.

--- Método Ultrasonico. En este método se envían ondas de sonido a través del material, y los defectos afectarán el intervalo de tiempo de la transmisión del sonido, el cuál identificará los -- mencionados defectos.

Como ilustración de la aplicación de este método de análisis no destructivo, se muestra enseguida el reporte de la inspección -- Ultrasonica realizada a la soldadura de 13 conexiones (trabes -- principales-columnas) de una estructura metálica, su interpretación y la solución que se propone para que la conexión sea se--



gura a pesar de los defectos que presentan las soldaduras.

### INSPECCION ULTRASONICA DE SOLDADURA

Peticionario \_\_\_\_\_ Obra \_\_\_\_\_ Unidad \_\_\_\_\_  
 Sistema \_\_\_\_\_ Componente MARCO ESTRUCTURAL  
 Especificación AWS D1.1 1981 Revisión \_\_\_\_\_ Fecha NOV. 82  
 Equipo KRAUTKRAMER Modelo USM-2 Ref. \_\_\_\_\_  
 Transductor KRAUTKRA Ref. \_\_\_\_\_ Dimensiones 20X20mm Frec. 2 MAZ.  
 Angulo 45° Y 70° <sup>MER.</sup> Cristal \_\_\_\_\_ Acoplante \_\_\_\_\_  
 Bloques patrón \_\_\_\_\_

Croquis.

Identificación \_\_\_\_\_

Material A-36 Espesor \_\_\_\_\_

Tipo de junta AWS \_\_\_\_\_

Proceso de soldadura \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

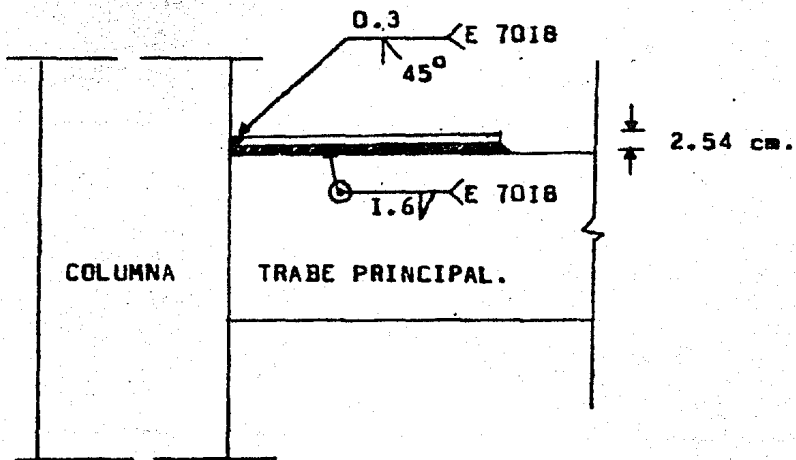
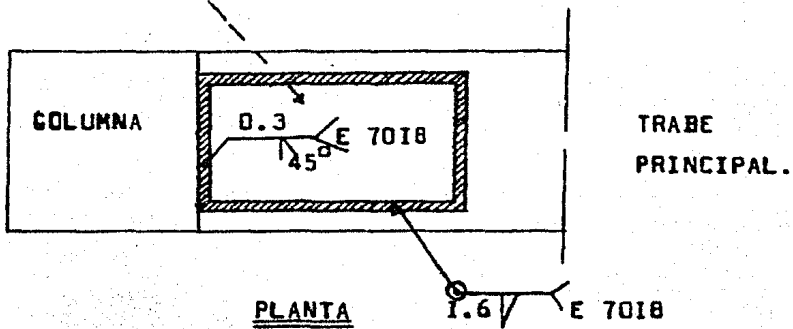
Defecto No.	Angulo del transductor	NODO	Nivel defecto		Factor de atenuación	Rango defecto	Recorrido real. Sonido mm.	Longitud mm.	Profundidad desde la sup. mm.	mm.		EVALUACION	OBSERVACIONES.
			A	B						Desde Y	Desde X		
1	45°	II	40	30	4	6	75	58	46	160	4	N	EJE 19-F
NO SE DETECTO INDICACION ALGUNA RECHAZABLE POR CODIGO.													EJE 20-A
1	45°	I	26	30	4	-8	75	410	RAIZ	40	3	N	EJE 10-A
	45°	I	44	40	6	-2	160	410	RAIZ	40	3	N	
NO SE DETECTO INDICACION ALGUNA RECHAZABLE POR CODIGO.													EJE 9-A

1	70° I	54	50	8	-4	132	400	RAIZ	0	0	N	EJE 12-A
2	45° II	32	38	4	-10	80	400	40	0	10	N	
NO SE DETECTO INDICACION ALGUNA											EJE 14-A	
RECHAZABLE POR CODIGO.												
1	45° II	40	38	6	-4	92	50	35	220	14	N	EJE 15-A
1	70° I	54	48	9	3	144	60	RAIZ	320	0	N	EJE 18-A
NO SE DETECTO INDICACION ALGUNA											EJE 7-1	
RECHAZABLE POR CODIGO.												
1	70° II	54	46	11	-3	160	200	75	100	0	N	EJE 11-F
1	45° II	38	38	6	-6	107	400	25	0	22	N	EJE 13-F
NO SE DETECTO INDICACION ALGUNA											EJE 16-F	
RECHAZABLE POR CODIGO.												
1	70° II	52	46	11	-5	162	200	45	200	3	N	EJE 17-F

De acuerdo a los resultados obtenidos de la inspección con ---- Ultrasonido, en el reporte se observa que 8 de las 13 pruebas -- realizadas presentan falta de penetración en la raíz ya que no cumplen con las especificaciones de código; por eso tomando en -- consideración dicho defecto se hace necesario reforzar tales -- uniones con una placa adicional soldada en la parte superior de la conexión de acuerdo con el siguiente detalle:

DIBUJO DE LAS PLACAS PROPUESTAS EN TODAS LAS UNIONES DE LAS TRABES PRINCIPALES CON LAS COLUMNAS.

PLACA DE 40 X 65 X 2.54 cm. DE ACERO A-36.



PERFIL.

### III.4.2 JUNTAS.

Normalmente la selección del tipo de junta por usarse en una estructura determinada, está sujeta a una serie de factores entre los que pueden citarse: los ordenamientos de los códigos locales de construcción, economía, preferencia del proyectista, disponibilidad de buenos soldadores o remachadores, condiciones de carga, preferencia del fabricante y equipo disponible; es imposible hacer una lista del conjunto definido de reglas, de las que pueda seleccionarse al mejor tipo de elemento de conexión para cualquier estructura dada. Se presentan enseguida algunos de los conceptos que pueden ayudar a decidir qué tipo de junta es el más conveniente.

- a) Los tornillos ordinarios son a menudo económicos para estructuras ligeras sujetas a cargas estáticas pequeñas y para miembros secundarios (tales como largueros, correas, riostras, etc) en estructuras más grandes.
- b) El montaje a base de tornillos es muy rápido e incluye mano de obra menos diestra que para soldar o remachar. Sin embargo, el precio comercial de los tornillos de alta resistencia, es más bien alto.
- c) Si una estructura va a desarmarse más tarde, el remachado y la soldadura probablemente serán descartados, dejando el trabajo abierto a la utilización de tornillos.
- d) Para cargas de fatiga, las juntas con tornillos de alta resistencia tipo fricción es excelente, mientras que las juntas soldadas y las de tornillos de alta resistencia tipo apoyo son también buenos.
- e) La soldadura requiere menores cantidades de acero, proporciona las juntas que lucen más atractivas, y tiene una zona de aplicación más amplia a diferentes tipos de conexiones.

- f) Cuando se desean juntas resistentes a momentos, continuas y rígidas, la soldadura probablemente será seleccionada.
- g) Los remaches, que pueden ser instalados rápidamente en el taller con remachadoras pesadas están, a pesar de eso, perdiendo terreno constantemente frente al incremento constante del uso de soldadura y tornillos de alta resistencia.
- h) Para el trabajo en obra, los remaches están siendo rápidamente desplazados excepto para ciertos trabajos en puentes.

A continuación se muestran algunos tipos de juntas usadas en estructuras metálicas:

### III.4.2.1 JUNTAS DE PLACAS.

#### 1) JUNTAS REMACHADAS O ATORNILLADAS.

##### A) JUNTAS DE DOS PLACAS SITUADAS EN PLANOS PARALELOS.

a) Junta de recubrimiento. Cuando las placas son continuas y están dispuestas una sobre otra, se dice que la junta es de "recubrimiento" y según los esfuerzos a que esta sometida se presentan los siguientes casos:

Caso I. Cuando los esfuerzos de compresión o tensión actúan perpendicularmente a los planos que contienen las placas.

Si los esfuerzos son de compresión, tienden a comprimir las placas y entonces los remaches o tornillos no trabajan bajo esfuerzos sino que están destinados únicamente a fijar las placas en la posición que se desea colocarlas (fig.3.35). Y si los esfuerzos son de tensión, tienden a separar las placas de tal manera que los remaches o tornillos trabajan para resistir el desprendimiento de sus cabezas (fig.3.36); por lo que en este --

caso se recomienda el uso de tornillos siempre que sea posible.

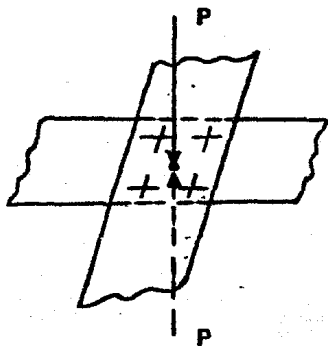


Fig.3.35

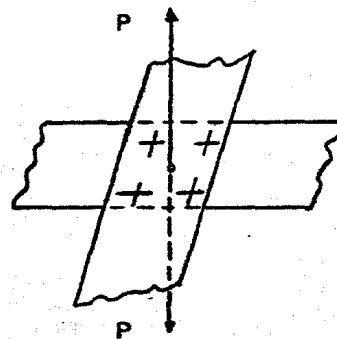


Fig.3.36

Caso 2. Cuando los esfuerzos actúan en el plano de contacto de las placas.

Cuando se tiene este tipo de esfuerzos, los remaches o tornillos trabajan a cortante simple y aplastamiento (fig.3.37).

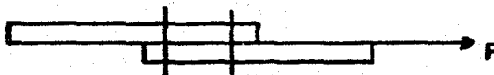


Fig.3.37

Si en una junta de recubrimiento la superficie de contacto de las dos placas, no es suficiente para colocar en ella los remaches o tornillos necesarios; se dispone de una placa llamada "escudete" que se fija sobre las placas y cuyas dimensiones se determinan según el número de remaches o tornillos que debe recibir (fig.3.38).

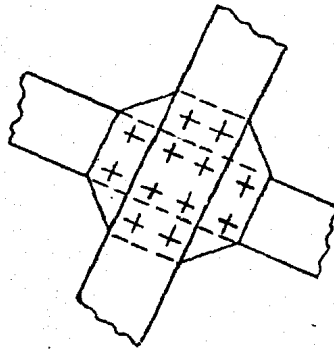


Fig. 3.38

b) Junta traslapada. Es aquella en que las placas están dispuestas una sobre otra por sus extremos (fig. 3.39). Las fuerzas en los miembros de una junta traslapada, tienden lo. a cortar los conectores en el plano de contacto entre los miembros y -- 2o. a apoyar y aplastar los lados de los remaches o tornillos contra las placas; por lo que se dice que están sometidos a cortante simple y aplastamiento.

Los remaches o tornillos de una junta traslapada deben tener -- suficiente resistencia para soportar satisfactoriamente esos -- esfuerzos, y los miembros estructurales deben ser suficientemente fuertes para impedir que los conectores los desgarran.

Existe excentricidad de carga en la junta traslapada, ya que la línea de acción de la resultante de los esfuerzos en un miembro no está alineada con la de la resultante de los esfuerzos en el otro miembro; por lo que se presenta un par que ocasiona una -- flexión indeseable en la conexión como se muestra en la figura 3.40. Por esta razón la junta traslapada es deseable sólo para conexiones menores y debe diseñarse cuando menos con dos conectores en línea para reducir al mínimo la posibilidad de una -- falla por flexión.

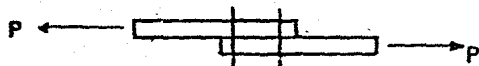


Fig. 3.39

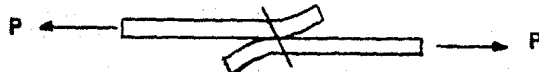


Fig. 3.40

### B) JUNTA DE DOS PLACAS SITUADAS EN EL MISMO PLANO.

Si dos piezas situadas en el mismo plano deben unirse por sus extremos, se usa una placa suplementaria llamada cubrejunta que colocada en una de sus caras se fija por recubrimiento sobre cada una de las piezas (fig. 3.41).

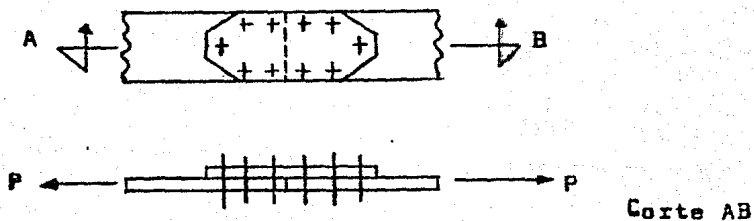


Fig. 3.41

La junta realizada con un cubrejuntas se utiliza sólo cuando los esfuerzos que debe absorber son pequeños, ya que este tipo de junta desvía el eje de los esfuerzos que provoca (fig. 3.42).

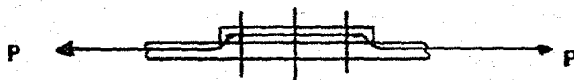


Fig. 3.42



Cuando los esfuerzos son importantes, es preciso utilizar el doble cubrejuntas que tiene la doble ventaja de ser simétrico con respecto al plano de acción de los esfuerzos y de hacer trabajar los remaches o tornillos a cortante doble (fig.3.43).

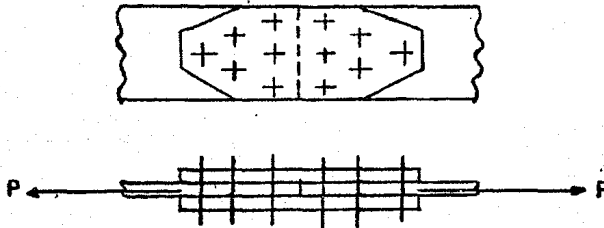


Fig.3.43

**C) JUNTAS DE DOS PLACAS SITUADAS EN PLANOS NO PARALELOS.**

a) Junta por ángulos. En este caso las juntas están sometidas a esfuerzos pequeños; por ello se realizan por medio de ángulos. Cada una de las placas se fija sobre una de las alas del ángulo -- tal como se muestra en la fig.3.44.

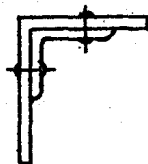


Fig.3.44

b) Juntas por escudetes. La presencia de un escudete permite la fijación de placas situadas en planos oblicuos mediante ángulos (fig.3.45). Además permite realizar juntas de cualquier forma -- cuando las dimensiones de las piezas que se van a unir no son suficientes para colocar en ellas el número de remaches o tornillos necesarios (fig.3.46); o bien siempre que la junta soporte esfuerzos considerables.

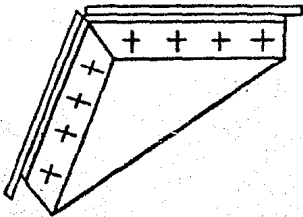


Fig. 3.45

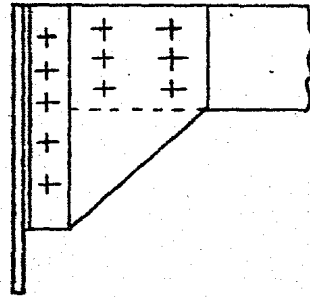


Fig. 3.46

#### D) JUNTAS DE VARIAS PLACAS EN PLANOS PARALELOS.

Cuando por necesidades de construcción se requiere una junta de diferentes placas en un sólo paquete, los remaches o tornillos -- que aseguran su unión se calculan sólo si la junta está sometida a flexión.

En efecto, si hay tensión o compresión los conectores sirven para regularizar el esfuerzo entre las placas o bien para oponerse a la deformación de los bordes de éstas. En cambio si hay -- flexión, los conectores se oponen al deslizamiento relativo de -- las placas y se calculan para resistir el esfuerzo cortante -- longitudinal.

Sea cual fuere el caso, los remaches o tornillos de borde no deben estar demasiado separados porque desempeñan también un papel de protección: es decir, que si las placas no están sólida--

mente unidas en el borde, la oxidación ataca rápidamente a las caras en contacto, se hincha y aumenta el juego existente entre las placas, penetrando cada vez a mayor profundidad acaba por disminuir sensiblemente la sección de las piezas; a veces incluso hace saltar las cabezas de los conectores y destruye por completo la junta.

Las juntas de varias placas en planos paralelos son:

- a) Junta por recubrimiento. Se realiza en la misma forma que la junta de dos placas ya estudiada.
- b) Junta traslapada. Se distinguen la junta escalonada y la junta en diente de sierra, y consisten en lo siguiente:

--- Junta escalonada. Consiste en escalonar los extremos de las placas que constituyen el paquete, tal como se muestra en la figura 3.47. La longitud de escalonamiento "L" de una de las placas es función del número de conectores necesarios para fijarla.

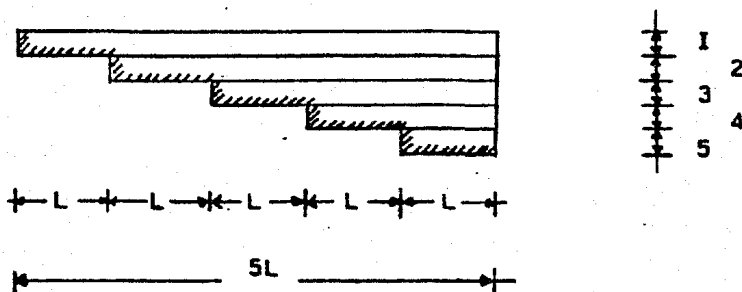


Fig. 3.47

--- Junta en diente de sierra. Por el método en diente de sierra el resalte de una placa o diente es de  $L/2$  sobre una cara y de  $3L/2$  sobre la otra, de tal forma que en total tiene la misma superficie de unión que la junta escalonada, pero la intersección entre las placas permite reducir la longitud total de la junta (fig. 3.48).

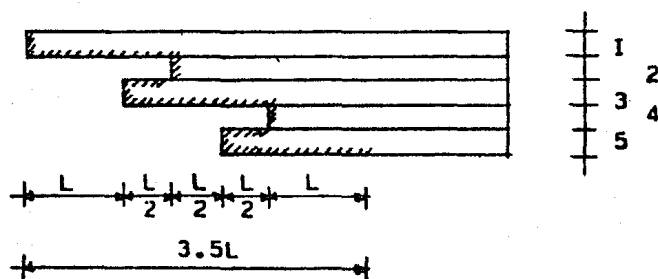


Fig.3.48

## 2) JUNTAS SOLDADAS.

### A) JUNTA DE DOS PLACAS SITUADAS EN PLANOS PARALELOS.

Si las placas son continuas, deberá interrumpirse una de ellas y disponerlas en un mismo plano para unir las por cordones de soldadura a tope (fig.3.49). Se adoptará el mismo dispositivo si se trata de una junta traslapada, pues es la forma de unión más racional en construcción soldada.

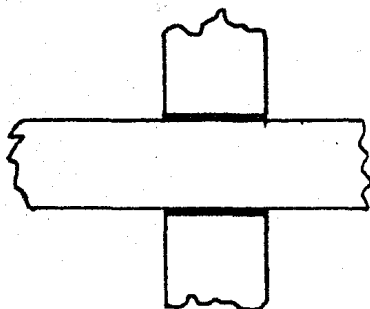


Fig.3.49

Si no se puede realizar la junta descrita para fijar dos placas continuas, se deberán entonces disponer una contra otra para empalmarlas mediante cordones de soldadura de filete dispuestos lateralmente según dos líneas paralelas (fig.3.50).

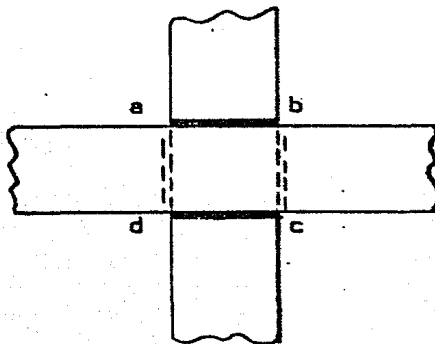


Fig.3.50

Es necesario realizar sólo dos cordones de soldadura laterales para resistir a los esfuerzos; en este caso los cordones "ab" y "cd". En los bordes de la otra placa se harán cordones muy ligeros de soldadura, sólo para proteger la superficie de contacto contra la oxidación; en este caso los cordones "ad" y "bc". Si no se procede así y se realizan cordones de soldadura sobre los cuatro lados del cuadrilátero, se crearán con seguridad tensiones internas importantes en el metal situado en el interior de dicho cuadrilátero y se reducirá con ello la resistencia del conjunto.

#### B) JUNTA DE DOS PLACAS SITUADAS EN PLANOS NO PARALELOS.

Cuando se tiene este caso, se une directamente el extremo de una de las placas sobre la otra mediante un cordón de soldadura. Para ello se achaflana simétricamente el extremo de la placa a fin de obtener un cordón que se aproxime lo más posible a un

cordón a tope (fig.3.51).

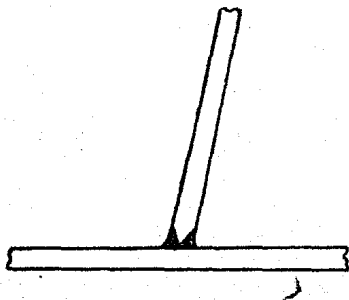


Fig.3.51

C) JUNTA DE VARIAS PLACAS SITUADAS EN PLANOS PARALELOS.

En construcción soldada debe evitarse el empleo de placas en paquete siempre que se puedan conseguir placas del espesor deseado. Sin embargo si no se pudiera evitar el empleo de placas en paquete, se les unirá mediante cordones de soldadura de filete como indica la fig.3.52.

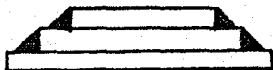


Fig.3.52

Si el paquete de placas está sometido a esfuerzos de tensión, las soldaduras servirán únicamente para asegurar la unión de las placas y en consecuencia tendrán una sección muy pequeña. Si está sometido a esfuerzos de compresión, las soldaduras se oponen a la deformación local y por último si el paquete está sometido a esfuerzos de flexión, las placas tenderán a deslizarse

unas sobre otras y las soldaduras deberán oponerse al esfuerzo cortante longitudinal que de ello resulta.

### III.4.2.2 JUNTAS DE PERFILES.

#### I) JUNTAS REMACHADAS O ATORNILLADAS.

##### A) JUNTAS DE ANGULOS.

a) Junta de dos ángulos. La junta a tope de dos ángulos se realiza por medio de un cubrejuntas de ángulos que se adapta al perfil interior de los ángulos que van a unirse (fig. 3.53); o también por medio de placas colocadas en el exterior de las ramas de los ángulos (fig. 3.54) o empleando a la vez cubrejuntas de ángulos y placas exteriores (fig. 3.55), en este último caso la junta queda perfectamente protegida por todos lados contra la oxidación.

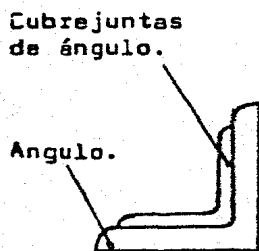


Fig. 3.53

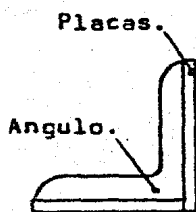


Fig. 3.54

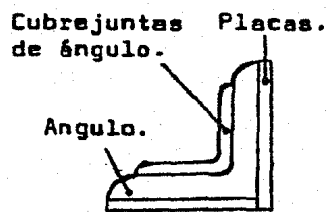


Fig. 3.55

b) Junta de ángulos sobre otra pieza. A menos que el ángulo deba fijarse en una placa sobre la que pueda posarse, se recurrirá a un elemento intermedio llamado escudete. Entonces la unión se hace sobre una de las alas del ángulo como si esta ala fuera un hierro plano; mientras la otra ala se mantiene libre (fig. 3.56).

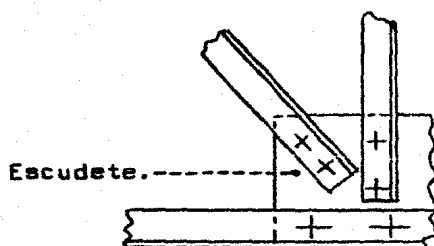


Fig. 3.56

Por lo general, el extremo del ángulo unido está cortado en escuadra, es decir, perpendicularmente a su dirección y el ala libre lleva a menudo un chaflán que forma un ángulo de  $45^{\circ}$  con la sección recta del perfil angular (fig. 3.57).

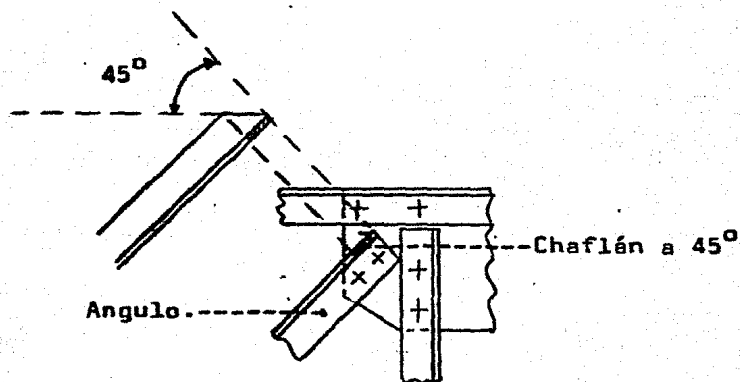


Fig. 3.57

También se puede presentar el caso en que el ángulo del ala fija sobre el escudete está cortado para permitir el paso de otra pieza (fig. 3.58); en tal caso se dice que el ángulo está interceptado.



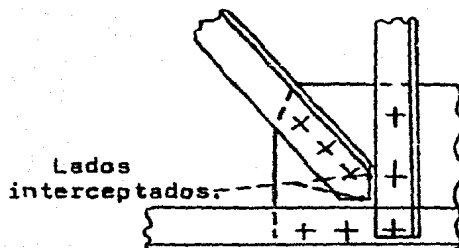


Fig.3.58

### B) JUNTAS DE PERFILES "T".

a) Junta de dos perfiles "T". Los dos perfiles que debían unirse se cortan y empalman a tope. Se utilizan ángulos cubrejuntas --- dispuestos sobre las dos caras de la nervadura y el conjunto se completa por lo general mediante una placa dispuesta sobre la base del perfil (fig.3.59).

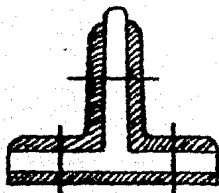


Fig.3.59

b) Junta de perfiles "T" sobre otra pieza. Se emplea generalmente un escudete sobre el que se fijan las bases de las "T", mientras las nervaduras se mantienen libres (fig.3.60).

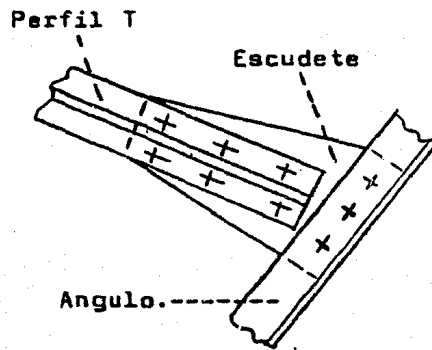


Fig. 3.60

Sí los esfuerzos son importantes, las nervaduras se fijan también sobre la otra pieza por ángulos en escuadra (fig. 3.6I).

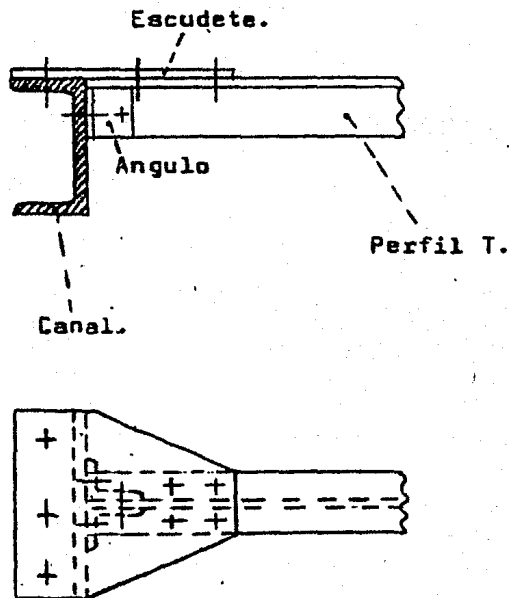


Fig. 3.6I

También puede unirse el perfil "T" fijándolo por su nervadura. Si los esfuerzos son pequeños se corta la base del perfil "T" y entonces se tiene el dispositivo de la fig.3.62.

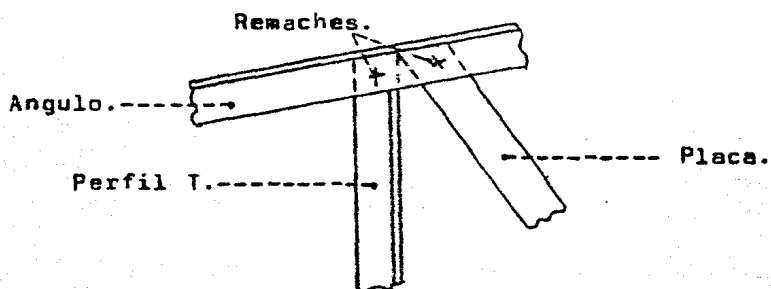


Fig.3.62

Si los esfuerzos son más importantes, se emplea un escudete como se indica en la fig.3.63.

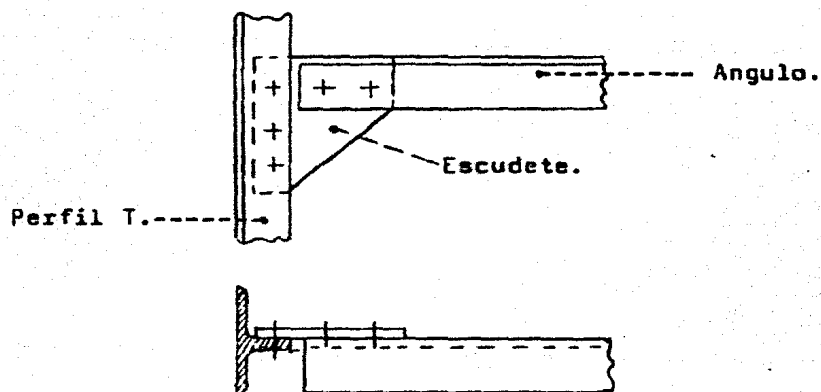


Fig.3.63

### C) JUNTAS DE PERFILES "I".

a) Junta de dos perfiles "I". La junta se realiza con ayuda de dos placas cubrejuntas dispuestas contra el alma del perfil, y deben ser capaces de resistir los esfuerzos a que este sometida la junta, por lo que deben tener una sección neta al menos igual a la sección neta del perfil "I" (fig. 3.64).



Fig. 3.64

Cuando las dimensiones del perfil lo permiten y, en especial, --- cuando el perfil "I" soporta esfuerzos de flexión, resulta conveniente colocar cubrejuntas sobre los patines tal como muestra la figura 3.65.

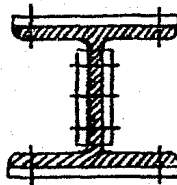


Fig. 3.65

b) Junta de perfiles "I" sobre otra pieza. Se hace mediante ángulos o si los esfuerzos son grandes, mediante escudetes y ángulos. Enseguida, se muestran los principales casos de juntas que pueden presentarse:

Caso I. Junta de un perfil "I" a tope sobre una superficie plana.

1o. El plano del alma y el plano de los patines del perfil "I" son perpendiculares a la superficie de unión.

Se fija el perfil "I" con ayuda de dos ángulos colocados contra el alma del perfil y contra la superficie plana. Si la junta está sometida al mismo tiempo a un esfuerzo cortante y a un momento flexionante, todos los remaches sufren una tensión de corte, pero los que unen los ángulos sobre la superficie plana soportan además un esfuerzo perpendicular que tiende a arrancar sus cabezas (fig.3.66). Casi siempre se dispone bajo el perfil un ángulo de ménsula que facilita el montaje.

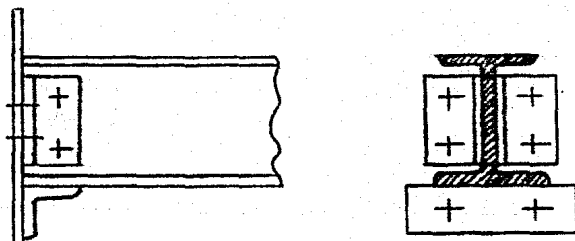


Fig.3.66

Cuando aumenta la importancia de los esfuerzos, es necesario ---agrandar el dispositivo de fijación; para ello se cortan los patines del perfil "I" y los ángulos de unión rebasan por arriba o por abajo y a veces por ambas partes (fig.3.67) el perfil.

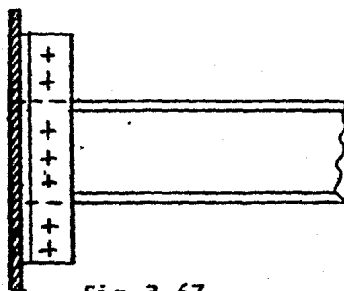


Fig. 3.67

A veces no basta una sola línea de remaches o tornillos para -- realizar la junta; en este caso, se sustituyen los ángulos por -- placas acodadas y se disponen dos filas de unión sobre cada una de las ramas de la placa (fig. 3.68).

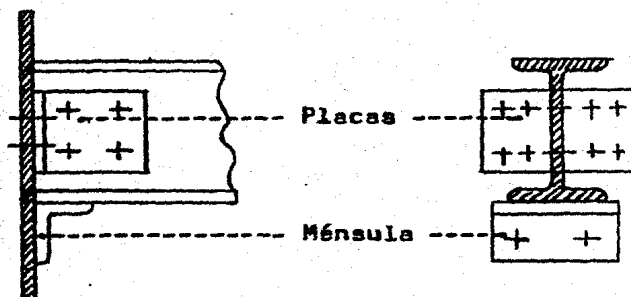


Fig. 3.68

2o. Los planos de los patines del perfil "I" son perpendicula-- res a la superficie de unión, pero el plano del alma es oblicuo con respecto a dicha superficie.

La junta se hace según los principios que se acaban de exponer pero los ángulos de unión están abiertos o cerrados de acuerdo con el ángulo que forme el plano del alma con la superficie --- portadora (fig. 3.69).

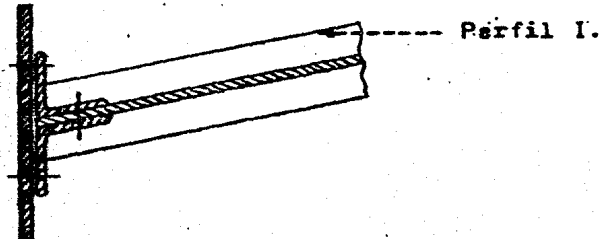


Fig. 3.69

Cuando el alma está muy inclinada sobre la superficie de unión, siempre que el ángulo abierto sea suficiente para realizar la junta, se emplea para el lado cerrado una placa acodada a fin de alejar los remaches o tornillos del vertice del mismo (fig. 3.70).

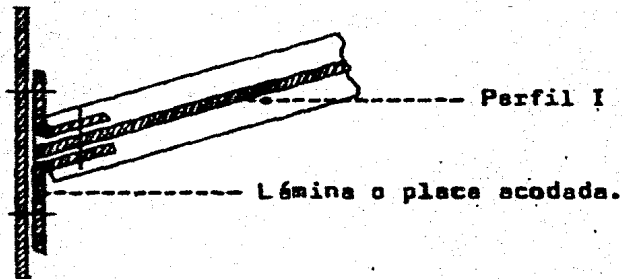


Fig. 3.70

Todas estas juntas oblicuas se completan por lo general con --- ménsulas que sirven para mantener la inclinación del perfil.

3o. El plano del alma del perfil "I" y los planos de los patines están inclinados con respecto a la superficie de unión.

Por lo general en este tipo de junta no es adecuado reemplazar los ángulos por placas cortadas y plegadas; y si los esfuerzos son elevados se puede reforzar la unión por escudetes dispuestos sobre los patines. En la figura 3.71 se muestra una junta de este tipo sometida a esfuerzos pequeños.

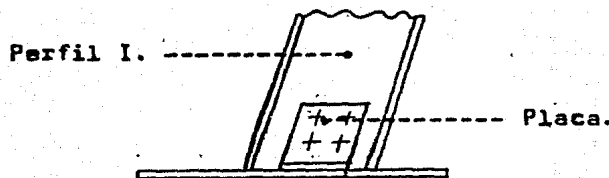


Fig.3.71

Caso 2. Junta de un perfil "I" sobre otro perfil o sobre una viga compuesta.

Este tipo de junta se estudia como la junta de un perfil "I" sobre una superficie plana. En efecto, en la vertical de la junta, la superficie portadora del perfil o de la viga es plana, o se ha hecho plana mediante la interposición de placas de relleno calibradas a medida.

Según la posición del perfil "I" con respecto al elemento portador y la naturaleza de los esfuerzos a que éste es sometida la junta se tienen los siguientes tipos:

1o. Junta de dos perfiles "I" de la misma altura sometidos a esfuerzos pequeños (fig.3.72).



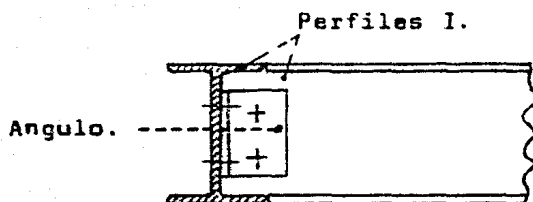


Fig.3.72

2o. Junta de dos perfiles "I" de la misma altura cuando la junta está sometida a un momento (fig.3.73).

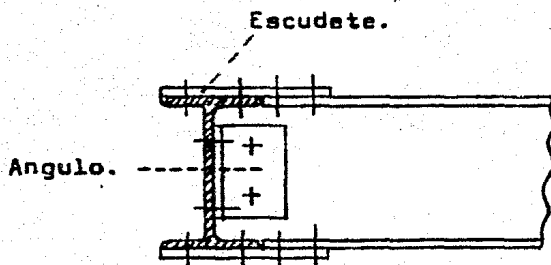


Fig.3.73

3o. Junta de dos perfiles "I" de diferente altura (fig.3.74) -

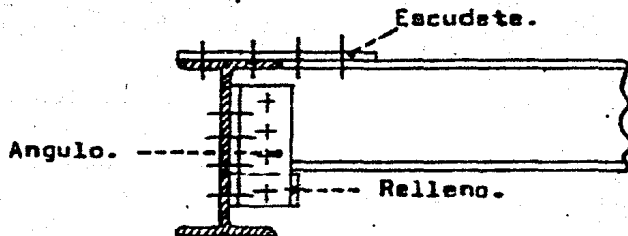


Fig.3.74

4o. Junta de un perfil "I" sobre una viga compuesta (fig.3.75).

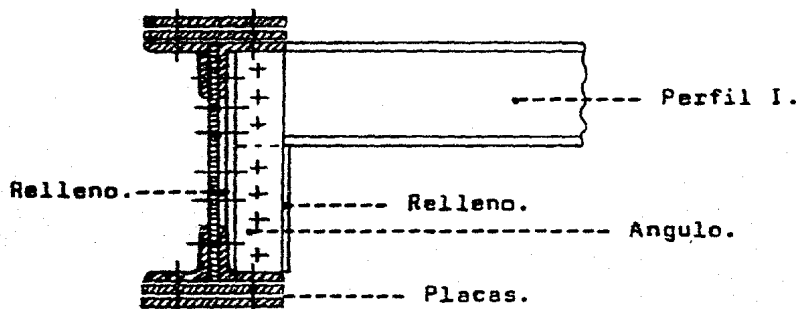


Fig.3.75

Caso 3. En estructuras de edificación hay ocasiones en que se disponen dos o más perfiles "I" unidos uno junto a otro para resistir un esfuerzo determinado. En la figura 3.76 se muestra una junta formada por dos perfiles "I" unidos mediante tornillos.

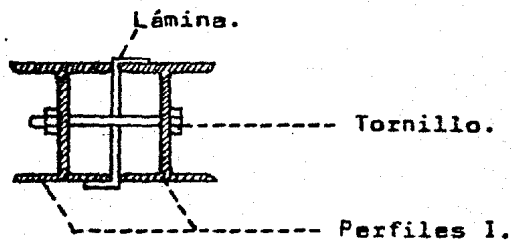


Fig.3.76

#### D) JUNTAS DE CANALES.

a) junta de dos canales. La junta se realice empleando dos cubrejuntas dispuestas contra el alma del perfil y deben resistir los esfuerzos a que estará sometida la unión (fig.3.77).

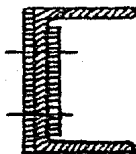


Fig. 3.77

b) Junta de canales sobre otra pieza. Se hace por lo general mediante placas y ángulos en escuadra.

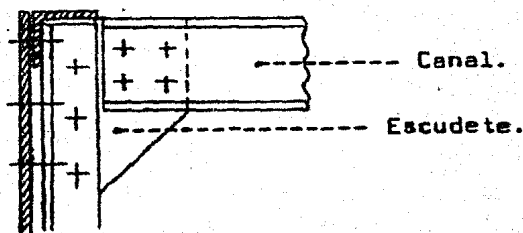


Fig. 3.78

La placa que se usa como escudete se dispone contra el alma de la canal y la superficie de contacto que recibe los remaches de unión, se determina en función del número de remaches o tornillos requeridos. Unos ángulos fijan el escudete sobre la otra pieza (fig. 3.78).

Sucede con frecuencia que las vigas están formadas por dos canales dispuestas una contra otra. En este caso la junta se realiza con ayuda de escudetes colocados entre las almas de los canales (fig. 3.79).

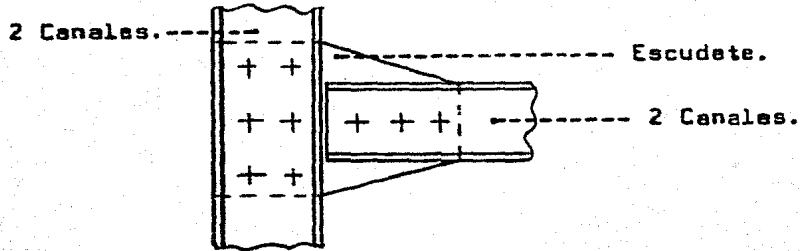


Fig.3.79

## 2) JUNTAS SOLDADAS.

Las juntas de perfiles por soldadura son mucho más sencillas -- que las efectuadas con remaches o tornillos y se rigen por el -- siguiente principio: "Junta directa del perfil sobre la otra --- pieza evitando la interposición de placas o el empleo de escu-- detes y utilizando lo más posible la junta a tope".

### A) JUNTAS DE PERFILES.

a) Junta de dos perfiles. Los perfiles se disponen uno a conti-- nuación de otro y se sueldan verticalmente. La junta se realiza por cordones de soldadura a tope en toda la superficie a unir -- (fig.3.80).

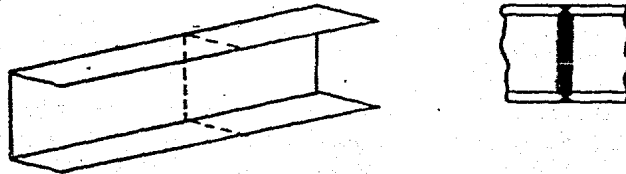


Fig.3.80

Si la importancia de los esfuerzos o las condiciones de ejecución de las juntas no permiten realizar una junta perpendicular a la fibra media de las piezas, se inclina la junta un ángulo  $\phi$  sobre la dirección de la fibra media para reducir las tensiones de la soldadura (fig. 3.81).

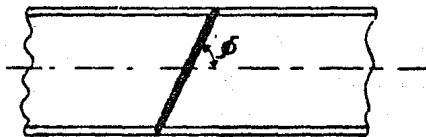


Fig. 3.81

b) Junta de perfiles sobre otra pieza. Estas juntas no presentan dificultad alguna cualquiera que sea la posición relativa de las piezas que van a unirse. Enseguida se muestran desde la figura 3.82 a la 3.88 algunos tipos de juntas de perfiles soldados.

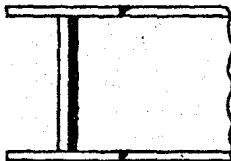


Fig. 3.82 Junta de dos perfiles "I" de la misma altura.

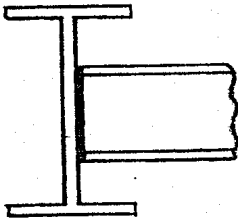


Fig. 3.83 Junta de dos perfiles "I" de alturas diferentes.

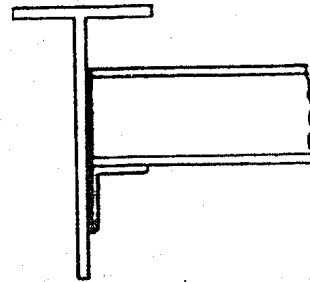


Fig. 3.84 Junta de un perfil "I" con un perfil "I" que descansa sobre una ménsula.

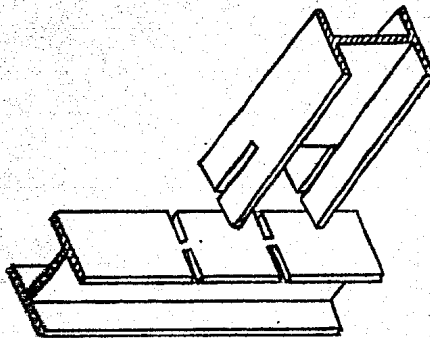


Fig. 3.85 Junta de dos perfiles "I" por medio de cortes.

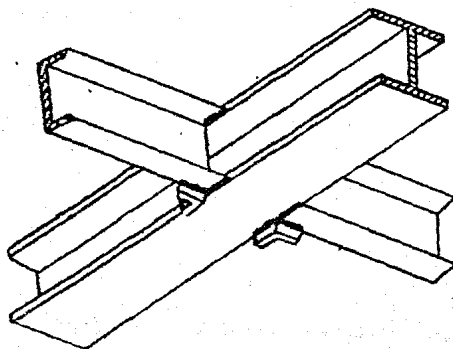


Fig.3.86 Junta de una canal sobre un perfil "I" con ménsulas.

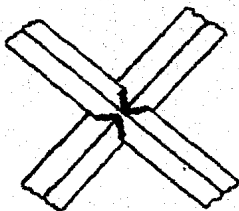


Fig.3.87 Junta de dos ángulos.

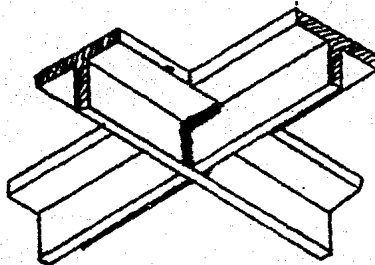


Fig.3.88 Junta de dos perfiles "I" de la misma sección.

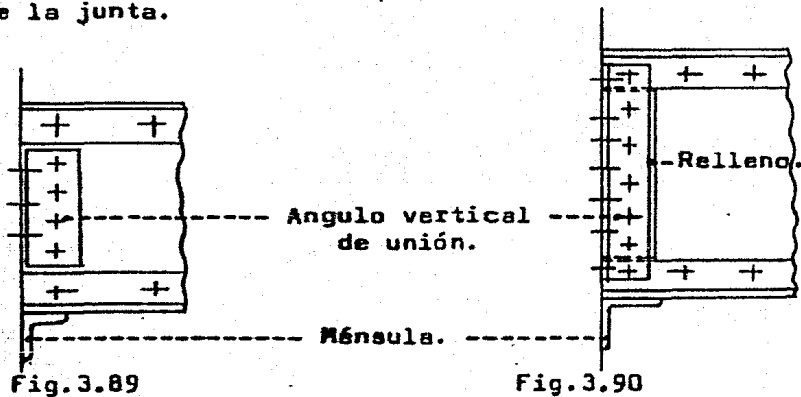
### III.4.2.3 JUNTAS DE VIGA SOBRE COLUMNA.

Estas juntas difieren según que las vigas penetren o no en la columna y de acuerdo a la naturaleza de los esfuerzos a que estará sometida.

#### I) JUNTAS REMACHADAS O ATORNILLADAS.

##### A) JUNTAS CUANDO LA VIGA NO PENETRA EN LA COLUMNA.

a) La viga está simplemente apoyada sobre la columna. Según la importancia del esfuerzo cortante, la junta puede estar constituida por ángulos verticales limitados a la parte libre del alma de la viga (fig.3.89), o dispuestos sobre toda la altura de ésta (fig.3.90). Además por lo general una ménsula fijada sobre la columna facilita el montaje y puede intervenir en la resistencia de la junta.



b) La viga está parcialmente empotrada en la columna. Si la columna es poco ancha y el momento de empotramiento de la viga poco importante, la junta se hace con ayuda de dos ángulos verticales dispuestos sobre toda la altura de la viga (fig.3.91). Los remaches o tornillos colocados sobre la columna, trabajan a la vez al corte de los vástagos bajo el esfuerzo cortante y al arrancamiento de las cabezas bajo la acción del par de empotramiento.



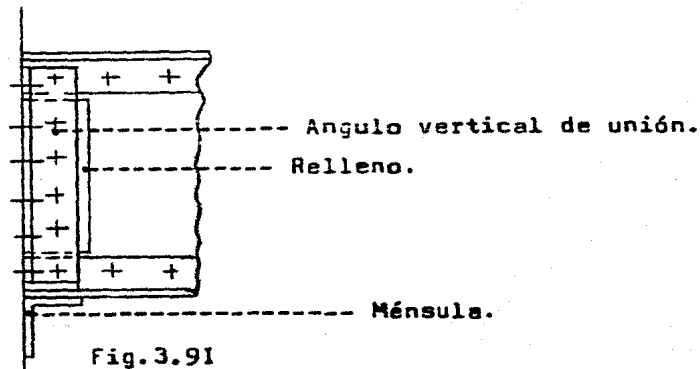


Fig. 3.91

c) Caso particular de vigas gemelas. En algunas estructuras las columnas son poco anchas y en este caso los dos elementos que componen la viga gemela se disponen directamente a ambos lados de la columna, tal como indica la figura 3.92.

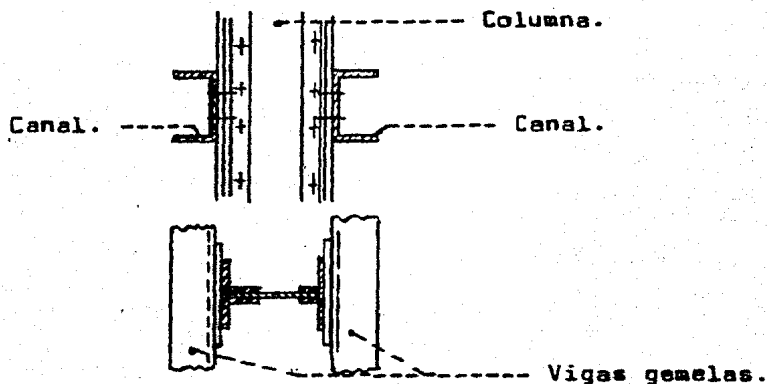


Fig. 3.92

## B) JUNTAS CUANDO LA VIGA PENETRA EN LA COLUMNA.

a) La viga esta parcialmente empotrada en la columna. Su misma forma le confiere a la junta cierta rigidez y se considera que la viga está parcialmente empotrada en su apoyo.

El alma de la viga penetra entre los ángulos de pestaña de la columna sustituyendo al alma de esta o a su celosía. La unión se

realiza sin dificultades con los remaches o tornillos de los --  
 ángulos de pestaña de la columna (fig.3.93). Si la altura del --  
 alma de la viga es insuficiente para realizar la unión, se la --  
 sustituye por una cartela de unión tal como indica la fig.3.94.

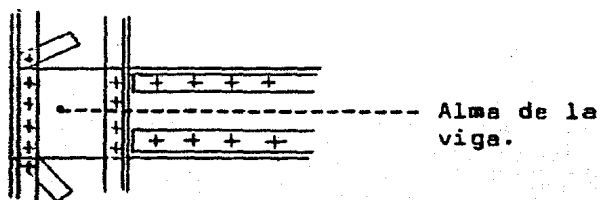


Fig. 3.93

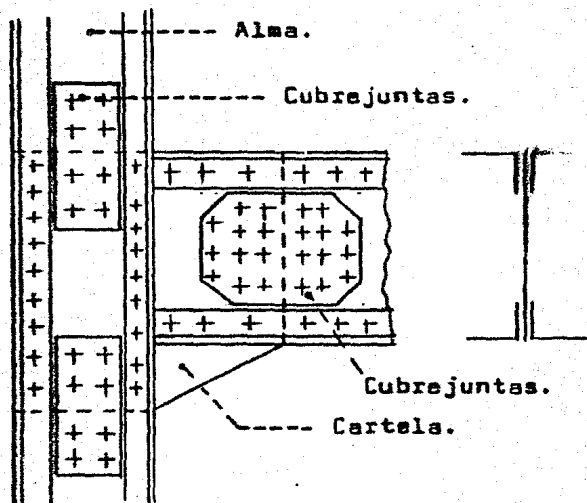
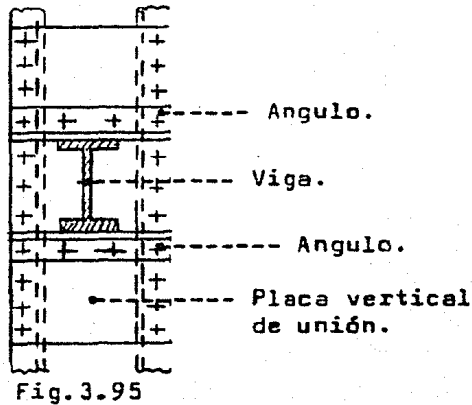


Fig. 3.94

b) Caso particular de columnas gemelas. Es frecuente sobre todo  
 en las estructuras de edificios, que las columnas sean gemelas ( en este caso, se hace pasar la viga entre los elementos simétricos de la columna. Un soporte constituido por perfiles y placas verticales sirve de apoyo a la viga que está además bloqueada en la parte superior por un perfil (fig.3.95).



## 2) JUNTAS SOLDADAS.

En principio, la rigidez de la junta soldada implica un empotramiento parcial de las piezas; por ello es preciso tomar precauciones especiales si quiere evitarse este empotramiento.

Enseguida se considerarán las juntas en donde la viga se considere como simplemente apoyada en la columna y donde la viga está parcialmente empotrada en la columna:

A) La viga está apoyada sobre la columna. En este caso la junta sólo está sometida a un esfuerzo cortante. La fijación de la viga por soldadura del alma no es adecuada porque constituiría una junta semi-rígida.

La solución estriba en hacer descansar la viga sobre una ménsula constituida según la importancia del esfuerzo cortante, por un ángulo simple (fig. 3.96) o un apoyo compuesto de placas o de un perfil y una placa.

Se observará por una parte que se reserva un pequeño espacio entre la columna y el apoyo de extremo de la viga para permitir que ésta efectúe un movimiento de rotación sin producir fatiga en la unión y por otra que un ligero cordón de soldadura fija la parte inferior de la viga sobre su apoyo. En este caso, la ---

ménsula debe calcularse para resistir al cortante y a la flexión.

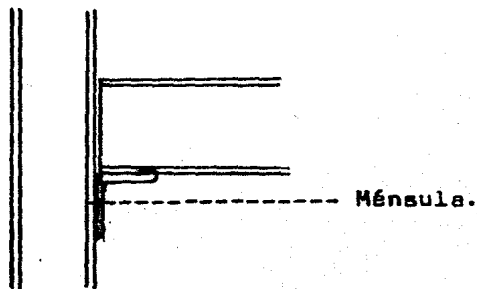


Fig. 3.96

Si en vez de apoyarse sobre el ala de la columna, la viga se apoya sobre el alma de ésta, se tienen las disposiciones de las figuras 3.97 y 3.98.

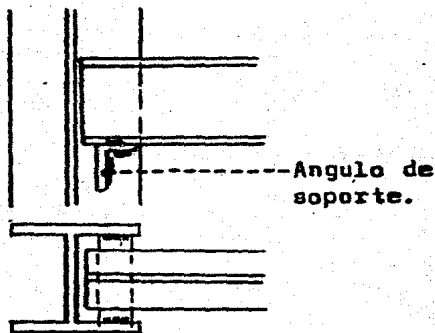


Fig. 3.97

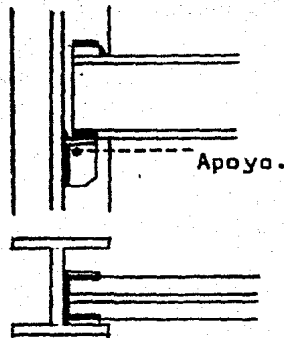


Fig. 3.98

La mejor solución consiste en estudiar una columna que lleva dos perfiles gemelos y en hacer que la viga pase entre ellos, un perfil soldado sobre los mismos sirve de apoyo a la viga (figura 3.99).

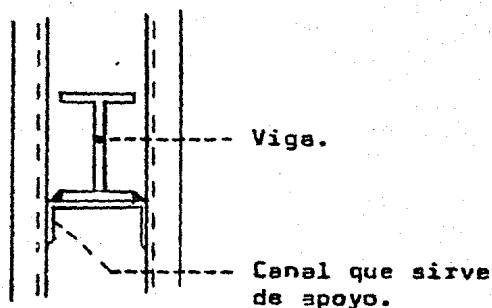


Fig. 3.99

B) La viga esta parcialmente empotrada sobre la columna.

En primer lugar, es preciso soldar el alma y los patines de la viga sobre la columna tal como se indica en la figura 3.100.

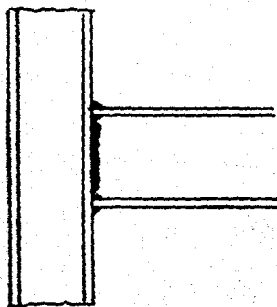


Fig. 3.100

Este dispositivo puede reforzarse por una ménsula soldada que absorbe parte del esfuerzo cortante y facilite el montaje. Cuando el momento de empotramiento es importante se disponen en la parte superior e inferior cartelas de unión destinadas a absorber parte de los esfuerzos provocados por el momento (figura 3.101).

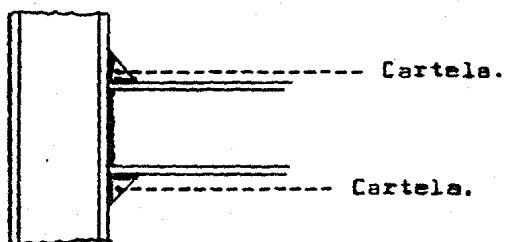


Fig. 3.101

En este tipo de juntas donde la viga está parcialmente empotrada sobre la columna, es preciso rigidizar la columna en la zona de unión de la viga mediante placas horizontales (fig. 3.102), o bien mediante placas verticales; estas últimas tienen la ventaja de aumentar la inercia de la columna en la zona donde la viga tiende a flexionarse (fig. 3.103).

Algunos constructores fabrican montajes vigas columnas practicando en las piezas ranuras que les permitan encajarlas y sitúan los cordones de soldadura a lo largo de las líneas de intersección (fig. 3.104). Aparentemente el montaje es perfecto; pero de hecho, origina un debilitamiento de la columna que conviene evitar; por lo que no se aconseja el empleo de este tipo de junta.

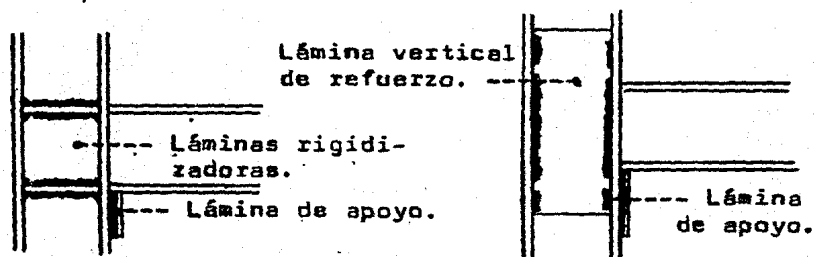


Fig. 3.102

Fig. 3.103

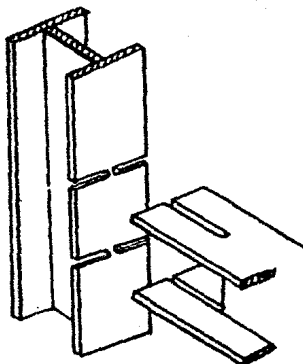


Fig. 3.104

C) Caso de piezas gemelas. Cuando las piezas son gemelas, las juntas son mucho más sencillas. En efecto, si la columna está constituida por elementos gemelos, la viga puede empotrarse fácilmente en el interior de los dos elementos simétricos de la columna -- mediante atirantado con perfiles. Si por el contrario, es la viga quién posee elementos gemelos se fija sin dificultad sobre las alas de la columna (fig. 3.105).

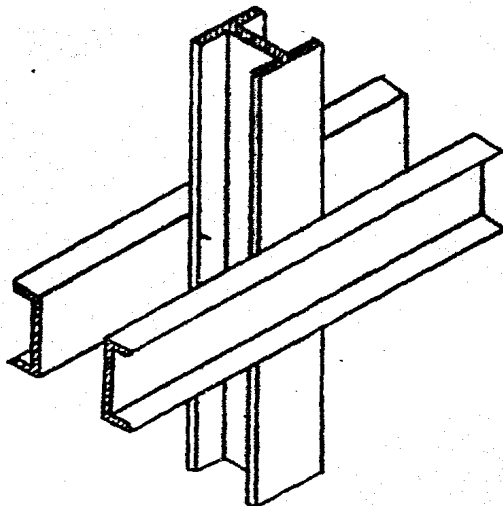


Fig. 3.105

### III.5 ESPECIFICACIONES.

La construcción de estructuras de acero implica la intervención de propietarios, diseñadores, fabricantes y constructores. En primer término, propietarios y diseñadores deben llegar a un acuerdo en cuanto a los requisitos generales del proyecto; basados en ellos los diseñadores preparan planos y especificaciones que -- describen el proyecto en detalle. Estos planos y especificaciones sirven a fabricantes y constructores para construir la estructura; en este proceso, las especificaciones juegan un papel importante, ya que definen normas de calidad aceptables para los materiales y la mano de obra, tanto en fabricación como en montaje.

Se utilizan tres tipos de especificaciones: de proyecto, de materiales, y códigos o especificaciones de diseño:

Las especificaciones de proyecto, junto con los planos, suministran a los contratistas (fabricantes, montadores y otros proveedores de servicios) información completa referente a los requisitos precisos establecidos por el propietario y el ingeniero para la estructura terminada. Dichas especificaciones forman la base del contrato legal entre el propietario y el contratista -- por lo que su exactitud, alcance y claridad son de gran importancia.

Las especificaciones de materiales son establecidas por la Sociedad Americana para Ensayo de Materiales (American Society -- for Testing and Materials, ASTM), la Asociación Americana de Normas (American Standards Association, ASA) y varias oficinas estatales, federales y locales.

Los códigos y especificaciones de diseño son preparados por varias asociaciones profesionales y oficinas gubernamentales, y dictan el criterio mínimo aceptable para diseño. Esto incluye -- recomendaciones de carga, esfuerzos y deformaciones límites, así



como requisitos especiales que controlan el proporcionamiento de miembros y conexiones; a menudo, dichas especificaciones se aplican a un tipo limitado de estructuras. Las especificaciones generales más ampliamente aceptadas para edificaciones de acero son las del Instituto Americano de la Construcción en Acero --- (American Institute of Steel Construction, AISC), y para aspectos especiales de diseño se usan las de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society, AWS), el Instituto Americano del Hierro y el Acero (American Iron and Steel Institute, AISI), el Instituto de Vigas de Acero de Celosía (Steel Joist Institute, SJI), y otras. En cuanto a puentes, las especificaciones más ampliamente reconocidas son las de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales (American Association of State Highway Officials, AASHO), las de la Oficina de Carreteras Públicas de los Estados Unidos (U.S. Bureau of Public Roads, USB-PR), las de la Asociación Americana de Ingeniería de los Ferrocarriles (American Railway Engineering Association, AREA), y las de la AWS.

En la Ciudad de México se usan las especificaciones de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas del Reglamento para Construcciones del Distrito Federal; así como especificaciones de los códigos antes mencionados según sea el caso.

Aunque las especificaciones de los diversos códigos pueden discrepar en ciertos conceptos, todos ellos se basan en los siguientes requisitos generales para lograr una estructura satisfactoria: (a) el material debe ser apropiado y de calidad adecuada, -- (b) en el diseño deben considerarse las cargas y condiciones de servicio adecuadas a cada caso, (c) el diseño y los cálculos de

ben hacerse de manera que la estructura y sus detalles posean la rigidez y resistencia requeridas, y (d) la mano de obra debe ser buena.

Todas las especificaciones están cambiando continuamente debido a conocimientos nuevos obtenidos por pruebas, desarrollos teóricos y experimentos.

Por último se dirá que el ingeniero tiene la responsabilidad de que la estructura sea suficientemente segura, ya sea que las especificaciones resulten o no aplicables, pues éstas han sido --- elaboradas con el fin de proteger al público y no con el propósito de restringir al ingeniero.

**CAPITULO IV****TIPOS DE ESTRUCTURAS**

- IV.1 CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS.**
- IV.2 CUBIERTAS DE CASCARON.**
- IV.3 ARMADURAS.**
- IV.4 EDIFICIOS.**

## CAPITULO IV

## TIPOS DE ESTRUCTURAS

## IV.1 CLASIFICACION DE LAS ESTRUCTURAS.

Las estructuras de acero son las formadas por elementos de acero estructural. Para su estudio se dividen en dos grupos principales: (1) estructuras laminares ó cascarones y (2) estructuras reticulares.

## (1) ESTRUCTURAS LAMINARES O CASCARONES.

Las estructuras tipo cascarón son construcciones de forma curva y de secciones transversales relativamente delgadas en comparación con las dimensiones de su superficie. Están hechas principalmente de placas ó láminas; tales como tanques de almacenamiento, silos, cascos de buques, carros de ferrocarril, aeroplanos y cubiertas de cascarón para edificios grandes. La lámina o placa utilizada desempeña simultáneamente el doble papel de cubierta funcional y de elemento principal de carga, por ello cuando se diseña una estructura tipo cascarón se deben revisar siempre los esfuerzos críticos de compresión que pueden producir el fenómeno de pandeo; es decir, que debe fijarse el espesor del cascarón de tal manera que no exista la posibilidad de pandeo. O también pueden emplearse "atiezadores" o costillas que rigidizan el cascarón disminuyendo la posibilidad de que ocurra dicho fenómeno de inestabilidad.

En términos generales se distinguen los siguientes tipos de superficies laminares:

## A) Superficies de traslación.

Estas superficies se obtienen por traslación de una línea curva o recta sobre otra línea curva plana. Así una superficie cilíndrica se obtiene por traslación de una recta que se apoya cons-

tantemente sobre una línea curva, a la cual es normal. Algunas -- superficies de este tipo se muestran en la figura 4.1.

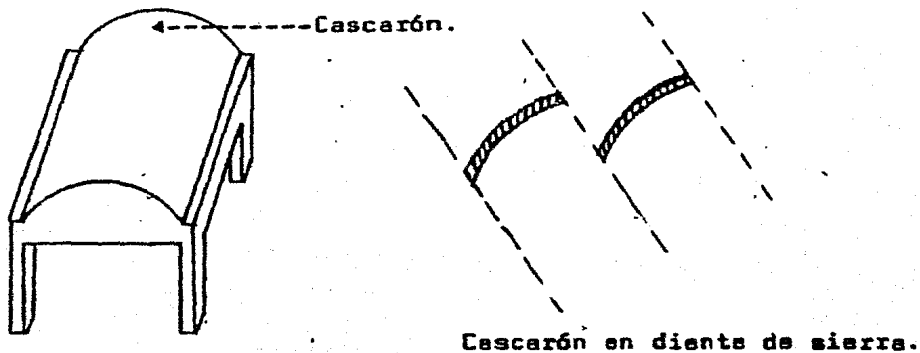


Fig.4.1.Cascarones cilíndricos.

#### B) Superficies de rotación.

Se obtienen por rotación de una curva plana alrededor de un eje vertical. La superficie más conocida es la cúpula esférica (fig. 4.2); se puede imaginar esta superficie como formada por un conjunto de meridianas que transmiten las cargas a los apoyos mediante esfuerzos por flexión; la deformación transversal de los meridianos está impedida por los anillos horizontales llamados paralelos.

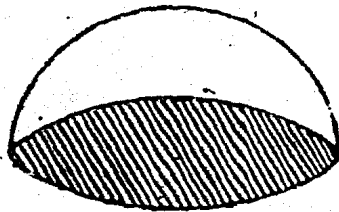
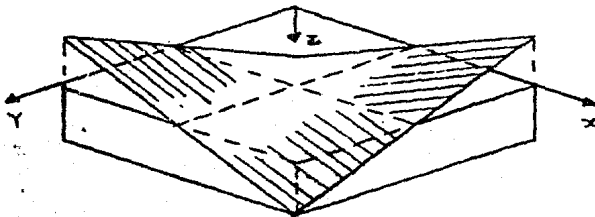


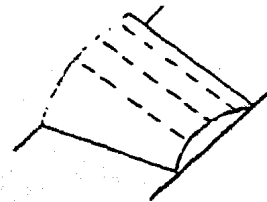
Fig.4.2.Cúpula esférica.

C) Superficies regladas.

Se obtienen por desplazamiento de los dos extremos de una línea recta sobre dos líneas planas distintas que pueden ser rectas o curvas. Las superficies más conocidas son el paraboloides hiperbólico y la conoide (fig.4.3).



Paraboloides hiperbólico.

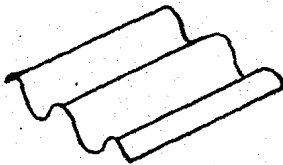


Conoide.

Fig.4.3

D) Superficies compuestas.

Son combinaciones de las superficies ya descritas. En la figura 4.4 se muestran algunos tipos.



Ondulada.



Quebrada.

Fig.4.4. Superficies compuestas.

La característica distintiva de las estructuras tipo cascarón - estriba en que las cargas laterales que obran sobre ellas son - resistidas en su mayor parte por fuerzas dentro del plano, o --- fuerzas de "membrana", en vez de por la flexión común típica de las losas y vigas. Así debido a su forma, las ventajas estructu- rales de los cascarones son: 1a. las direcciones de ciertas --- fuerzas de membrana dentro del cascarón cambian a lo largo de - sus trayectorias, permitiendo con ello que las cargas laterales se soporten por medio de compresión de bóveda, semejante a la -- acción de arco en puentes y/o por tensión de suspensión seme- --- jante a la acción de los cables en los puentes de suspensión ; 2a. la resistencia al cortante en el plano de un cascarón so- porte la carga directamente, o bien tiende a redistribuir los -- esfuerzos conforme se distorsiona el cascarón, de modo que la -- acción de arco y/o de suspensión pueda resistir más efectiva- --- mente la carga, con un mínimo de flexión en el cascarón.

Hasta la fecha, los cascarones no han sido utilizados amplia- mente en estructuras metálicas debido a factores tales como: (a) la economía que puede obtenerse con este tipo de diseño estriba -- principalmente en el peso de la estructura y son efectivas úni- camente para ciertos claros y distribuciones; (b) los ahorros en peso pueden ir acompañados de correspondientes aumentos en los costos de construcción; y (c) para poder reducir los costos de - construcción de estas estructuras, se requiere una reorganización y una renovación del equipo, tanto en los talleres como en las - cuadrillas de construcción.

Estos factores se están resolviendo actualmente, con lo que se - obtiene una gran variedad de sistemas estructurales metálicos. Por lo tanto se anticipa un incremento en el uso de los casca- rones de acero, conforme los ingenieros lleguen a evaluar la po- tencialidad de tales estructuras.

## (2) ESTRUCTURAS RETICULARES.

Las estructuras reticulares son construcciones constituidas por conjuntos de miembros alargados unidos entre sí por medio de conexiones. Tales como armaduras, marcos rígidos, trabes, tetraedros y estructuras reticuladas tridimensionales.

Los miembros principales de las estructuras reticulares no son generalmente funcionales y se usan únicamente para la transmisión de las cargas; esto obliga a colocar elementos adicionales, como muros, pisos, techos y pavimentos, que satisfagan los requisitos funcionales.

Las estructuras reticulares son las más utilizadas en la actualidad, y de estas las fundamentales son los edificios y los puentes.

Enseguida se tratan algunos aspectos de las estructuras tipo cascarrón y reticulares que más se construyen.

### IV.2 CUBIERTAS DE CASCARON.

En aquellas construcciones de plantas circulares o prácticamente cuadradas y para claros generalmente de magnitud intermedia, pueden obtenerse buenos resultados en las cubiertas mediante el empleo de cascarones, tales como la cúpula esférica, el paraboloides hiperbólico y las placas plegadas.

El paraboloides hiperbólico es uno de los tipos más populares de cascarones para cubierta. Como esta forma es definida por familias de líneas rectas en las dos direcciones principales, a pesar de ser parabólica en direcciones diagonales, las láminas corrugadas se adaptan naturalmente a ella. Las líneas de doblez de las corrugaciones deben coincidir con una o dos de las direcciones principales. La mayor parte de los paraboloides hiperbólicos de claros grandes, hechos de acero, se han construido con dos láminas con las corrugaciones mutuamente perpendiculares, soldadas



entre sí con soldaduras de punto o de tapón. Sin embargo en los techos de paraboloides hiperbólicos de claros cortos puede resultar satisfactoria una simple capa de lámina corrugada de -- acero.

Se utilizan las láminas de acero corrugado porque: (a) la flexibilidad de las corrugaciones permite que las láminas se adapten a la forma alabeada de dichos cascarones; (b) las corrugaciones proporcionan resistencia a la flexión y rigidez a la lámina en una dirección, para impedir el pandeo de conjunto; y (c) la curvatura de la corrugación, o la corte separación de las líneas de -- doblez de la corrugación plana, pueden evitar un pandeo local -- prematuro.

En la fig. 4.5 se muestra una cubierta de techo, de lámina corrugada de acero.

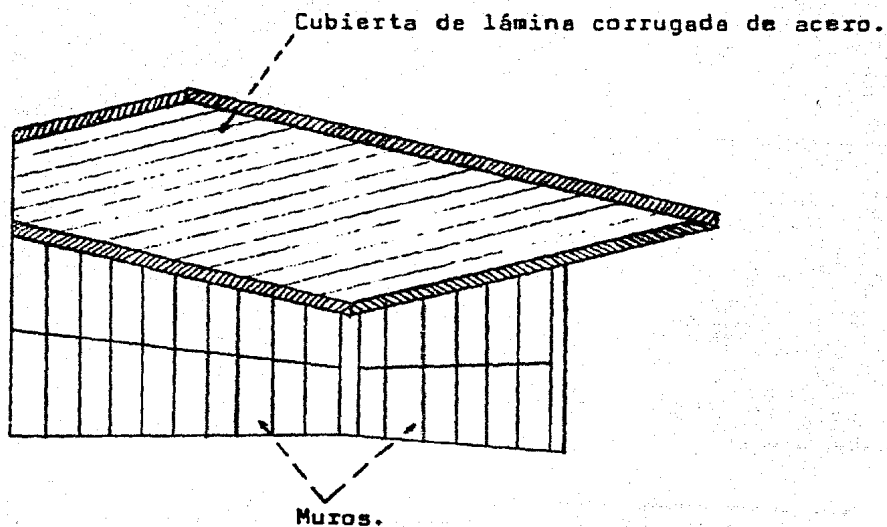


Fig. 4.5

Las placas plegadas es otro de los conceptos más simples y --- atractivos de los cascarones de acero para cubiertas (fig.4.6). Un techo de sección transversal en forma de diente de sierra o de parapeto puede obtenerse conectando las almas inclinadas a - cuerdas superiores e inferiores hechas con canales, ángulos o -- placas de acero dobladas.

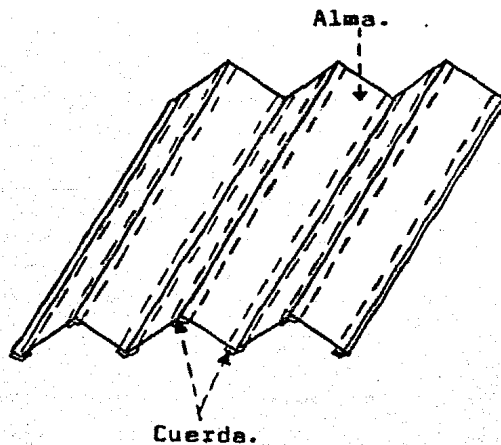


Fig.4.6

Las láminas de acero se han usado también como estructura principal en cascarones de revolución, a pesar de que generalmente - se usan solamente para revestir domos. Quizá los más comunes -- sean los techos cónicos utilizados en las granjas para techar - recipientes cilíndricos. Estos techos se pueden hacer de láminas de acero planas o corrugadas, con las corrugaciones en la di- rección radial.

### IV.3 ARMADURAS.

#### 1) GENERALIDADES.

Las armaduras se pueden definir como vigas grandes, de gran perfilte y de alma abierta. En general están constituidas por miembros formando triángulos o grupos de triángulos, siendo el número de combinaciones posibles casi infinito. El propósito de las armaduras para techo es servir de apoyo a una cubierta para --- protegerse de los elementos naturales (lluvia, nieve, viento). Estas estructuras deben ser capaces de soportar la techumbre -- así como su propio peso, y se pueden utilizar para claros tan -- pequeños que van de 9 a 12 m., hasta claros tan grandes que van de 90 a 120 m.

Los elementos que componen una armadura son: (a) la cuerda superior; (b) la cuerda inferior; (c) los montantes o barras verticales; (d) las diagonales o barras inclinadas; y (e) los nudos o -- puntos de unión que pueden realizarse usando remaches y placas de unión, tornillos o soldadura eléctrica; estos elementos se -- muestran en la figura 4.7. En el diseño estructural de una armadura se consideran las cargas aplicadas en los nudos y estos a su vez como articulaciones, de tal manera que al efectuar el -- análisis, las fuerzas que se obtienen en cada miembro son de -- tensión o compresión, según la posición que ocupen dichos miembros en la armadura.

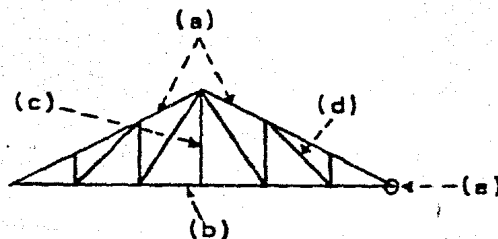


Fig.4.7

## 2) TIPOS DE ARMADURAS.

Las armaduras pueden ser de cuerdas paralelas o de dos aguas. En el pasado las armaduras de dos aguas se usaban más para construcciones de claros cortos y las armaduras de cuerdas paralelas para claros mayores. Sin embargo actualmente hay la tendencia a preferir las armaduras de cuerdas paralelas sea el claro largo o corto; este cambio se debe a la apariencia deseada y -- quizás a la construcción más económica de las cubiertas. En la figura 4.8, se muestran algunos de los tipos más usados de armaduras para techo. En los siguientes párrafos se dan algunas observaciones con respecto a dichos tipos. La letra al principio de cada uno de estos párrafos, corresponde a la letra en la figura 4.8 que está debajo del tipo de armadura que se considera.

(a) Las armaduras Warren y Pratt probablemente han sido las más usadas para techos planos (pendientes de 6 a 10%), pues los componentes de la cubierta pueden colocarse más a satisfacción que en los otros tipos. Pueden ser utilizadas económicamente para -- claros entre 12 y 38 m., sin embargo han sido utilizadas para -- claros hasta de 70 m.

La Warren es generalmente más satisfactoria que la Pratt. Los -- techos pueden ser completamente planos para claros que no excedan 9 ó 12 m., pero para claros mayores se usan las pendientes -- mencionadas con fines de dren o escurrimiento.

(b) Las armaduras a dos aguas Pratt y Howe son los tipos más -- comunes de armaduras de peralte medio. Las pendientes que aquí -- se presentan quedan entre las dadas para (a) y (c). Tienen claros máximos económicos de 27.5 ó 30.5 m.

(c) Para techos de pendiente fuerte (40 ó 50%) la armadura Fink es muy popular. Las armaduras Pratt y Howe también pueden usarse para pendientes fuertes pero generalmente no son tan económicas.



Warren (con la cuerda superior plana o ligeramente inclinada).

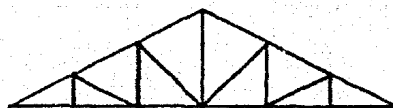


Pratt (con la cuerda superior plana o ligeramente inclinada).

(a)



Pratt.



Howe

(b)



Fink



Polonceau, francesa  
o fink arqueada.

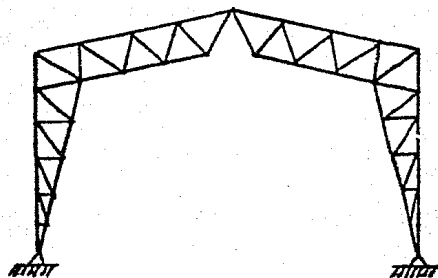


Fink de abanico.

(c)

Fig.4.8. Tipos de armaduras.

(d) De cuerda y arco.

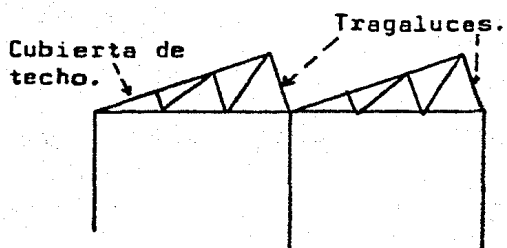


Arco de tres articulaciones.

(e)



Tijera.



Diente de sierra.



(f) Cuadrangular.

Fig. 4.8a.

La armadura Fink ha sido utilizada para claros del orden de 36.5 metros. Un techo que la hace más económica es que la mayoría de los miembros están en tensión, mientras que los sujetos a compresión son bastante cortos. La triangulación de una armadura se proyecta tomando en cuenta el espaciamiento de los largueros. Ya que usualmente es conveniente localizar los largueros sólo en los vértices de los triángulos, la triangulación principal puede subdividirse. Las armaduras Fink pueden ser divididas en un gran número de triángulos y coincidir casi con cualquier espaciamiento de largueros. La estructura Fink de abanico mostrada, ilustra muy bien la subdivisión.

(d) Si es aceptable una cubierta curva, la armadura tipo Bows-tring puede usarse económicamente para claros de hasta 36.5 m., aunque en ocasiones ha sido usada satisfactoriamente para claros mucho mayores. Cuando se diseña correctamente, esta armadura tiene la característica poco usual de que los miembros de su alma están sujetos a esfuerzos muy pequeños. A pesar del gasto adicional para techar la cuerda superior, esta armadura ha probado ser muy popular para almacenes, supermercados, garages y construcciones industriales pequeñas.

(e) Cuando se planean claros de más de 30.5 m., debe tomarse en consideración el uso de arcos de acero, ya que pueden proporcionar soluciones más económicas. Se muestra el arco triarticulado que tiene las siguientes ventajas con respecto al biarticulado y al empotrado:

1a. Su análisis es más fácil, ya que es estáticamente determinado.

2a. Los hundimientos diferenciales de las cimentaciones deficientes no son de importancia capital como podrían serlo para un arco hiperestático.

3a. El montaje se simplifica, ya que las dos mitades de un arco

pueden montarse por separado conectándolos posteriormente con el perno de la articulación central.

(f) En esta parte de la figura se muestran varios tipos de armaduras. La armadura de tijera, puede ser satisfactoria para soportar techos de claro corto en iglesias y otras construcciones con techos de pendiente fuerte. Las armaduras en diente de sierra pueden utilizarse cuando se desea una iluminación natural adecuada por medio de ventanales en construcciones anchas. Se usan cuando no es objeción su gran número de columnas. Una armadura para techo de gran claro, que ha sido usada para claros muy por arriba de los 30.5 m., es la armadura cuadrangular. Cerca de la línea central de esta armadura, se invierten las diagonales con el objeto de mantenerlas en tensión, hasta donde sea posible.

### 3) SELECCION DEL TIPO DE ARMADURA.

La elección de un tipo particular de armadura depende de cierto número de detalles, entre los que pueden citarse: claro, carga, tipo preferido de cubierta desde el punto de vista arquitectónico, clima, iluminación, aislamiento y ventilación. En los siguientes párrafos se presenta una discusión de algunos de los factores más importantes que pueden afectar la elección.

(a) Declive o inclinación. El declive deseado en una armadura controla en gran parte la selección del tipo de armadura por emplear, porque tipos diferentes de armaduras son económicos para declives diferentes. Por ejemplo la armadura Fink es bastante satisfactoria para techos con declive de consideración.

(b) Consideraciones de fabricación y transporte. Las dificultades de fabricación y transporte deben considerarse al seleccionar el tipo de armadura por usar, en cada caso particular. Económicamente es conveniente fabricar en el taller tanto como sea -



posible de la armadura; -si es posible la armadura completa- y -enbarcarla a la obra para su montaje. Desde el punto de vista -- del transporte, el peralte de una armadura es a menudo el factor determinante. Como ejemplo en una construcción particular, se considera que el calculista estima que una armadura de 4.5 m., de peralte será la más económica, pero la ruta según la cual deben transportarse las armaduras limita las alturas máximas a 3.6m. Por lo tanto, la armadura debe limitarse a 3.6 m., de peralte como máximo. Aunque sea un poco más pesada, la armadura completa -- debe ser presentada o armada en el taller.

(c) Efecto arquitectónico. La idea del arquitecto, como es el -- efecto estético que se desea, puede ser el factor determinante. Por ejemplo, si piensa en un techo plano su selección se verá -- reducida a una o dos armaduras.

(d) Clima. El clima en un área determinada, puede ser de impor-- tancia particular, como son los casos ya sea de tener que drenar lluvias, o bien de retención de nieve y hielo.

Por lo visto anteriormente de armaduras, se puede decir que constituyen un conjunto muy apropiado para cubrir grandes claros -- como ocurre en puentes, naves industriales, etc., y soportar cargas considerables, con poco peso propio.

#### IV.4 EDIFICIOS.

##### 1) GENERALIDADES.

Los edificios son construcciones que definen un volumen destinado a que el hombre desarrolle en él diversas actividades. Se clasifican en tres categorías: edificios de un sólo piso (casas habitación, naves industriales, etc.); edificios de varios pisos (edificios de apartamentos, edificios de oficinas, hoteles, etc.); y edificios especiales caracterizados por áreas muy grandes libres de columnas (teatros, auditorios y otros).

La parte principal de un edificio es la estructura; formada por columnas, traveses y vigas adecuadamente unidas. La estructura está destinada a resistir los distintos tipos de solicitaciones que actúan sobre la construcción; y a soportar los pisos, muros y demás que son necesarios para que el edificio cumpla con la finalidad para la cuál ha sido construido.

La estructuración tratará de lograr la combinación de elementos estructurales más económica y adecuada, con objeto de obtener una construcción que ofrezca:

- A) Seguridad contra colapso ante el conjunto de solicitaciones que actúan sobre la estructura.
- B) Seguridad ante la falla de los elementos de acabado como muros, pisos, etc.
- C) En condiciones de servicio, tranquilidad para los ocupantes de la construcción ante la acción de sismos o viento, tratando de evitar que un conjunto de oscilaciones excesivas llegue a producir pánico entre dichos ocupantes.

Lo anterior se logra más fácilmente, cuando la estructuración está formada por rectángulos; ya que el rectángulo da una distribución uniforme de los esfuerzos, simplifica la construcción de los entrepisos y por último admite uniones de fácil realiza-

ción. En la figura 4.9 se indican algunos detalles de una estructura típica de acero.

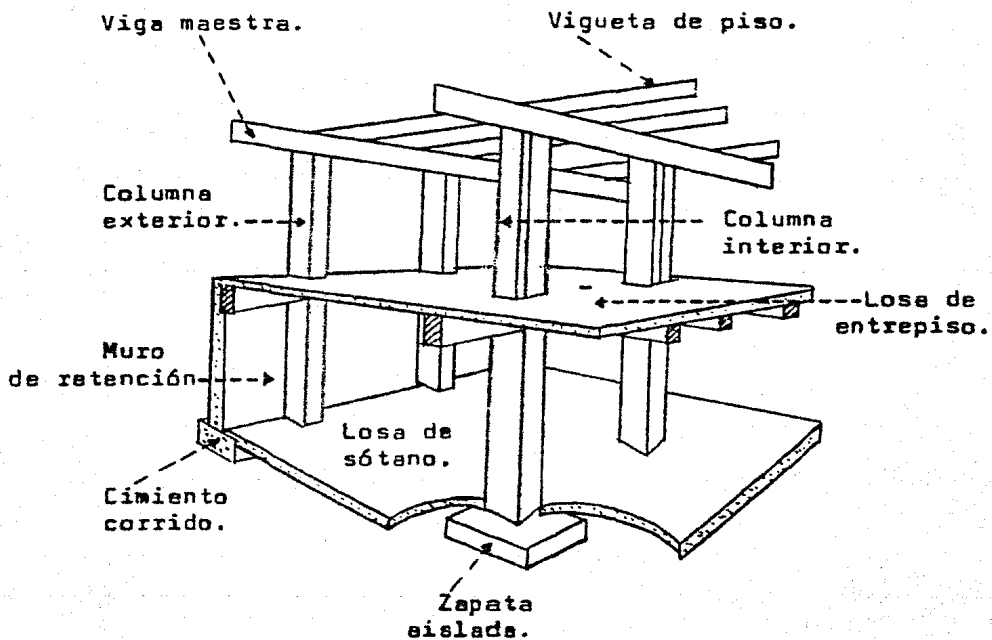


Fig.4.9 .Edificio con estructura de acero.

En lo que sigue se expondrán aspectos de las diversas partes -- que integran a los edificios.

## 2) TIPOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO UTILIZADAS PARA EDIFICIOS.

Las estructuras de acero para edificios se clasifican usualmente, de acuerdo con su tipo de construcción en uno de los cuatro grupos siguientes: estructura apoyada en muro de carga, entramados de acero apoyados sobre columnas de acero, estructuras para grandes claros apoyadas en columnas de concreto armado. En un mismo edificio pueden utilizarse más de uno de estos tipos de construcción. Cada uno de ellos se discute brevemente en los siguientes párrafos.

A) ESTRUCTURA APOYADA EN MUROS DE CARGA. La construcción a base de muros de carga es el tipo más común de construcciones comerciales ligeras de una planta. Los extremos de las vigas, viguetas o armaduras ligeras están apoyadas sobre los muros, que a su vez transmiten las cargas a los cimientos. Para edificios más altos, las paredes, por necesidad, deben ser más gruesas para proporcionar suficiente resistencia y estabilidad lateral. Estos incrementos del espesor de los muros, usualmente establecen un límite económico superior de aproximadamente dos o tres pisos para el tipo de construcción considerado, aunque también es cierto que el método en determinadas ocasiones puede ser ventajoso para construcciones más altas. La construcción de muros de carga no es muy resistente a cargas sísmicas y tiene desventajas de montaje para edificios de más de un piso; en tales casos es necesario colocar los miembros estructurales de acero en cada piso, y alternar el trabajo de albañiles y montadores.

Debido a que la resistencia de los muros al aplastamiento es relativamente baja, frecuentemente se necesitan placas de apoyo en los extremos de las vigas o armaduras ligeras que descansan en los muros. Aunque teóricamente los patines de las vigas ofrecen en muchas ocasiones apoyo suficiente, a menudo se utilizan las placas de apoyo, en particular donde los miembros son de ---

tamaño y peso tales, que deben ser colocados por un montador de estructuras de acero. Generalmente las placas son embarcadas -- sueltas, y colocadas en los muros por los albañiles. La colocación en posición y elevación correctas es una parte muy crítica de -- la construcción. Si no son colocados apropiadamente habrá cierta demora en corregir su posición.

Cuando los extremos de una viga son embebidos en un muro de -- mampostería, es conveniente algún tipo de ancla para evitar que la viga se mueva longitudinalmente con respecto al muro. Las anclas usuales consisten de barras de acero dobladas que pasan a través de las almas de las vigas. Ocasionalmente se usan ángulos de sujeción añadidos al alma, en lugar de las anclas. Si se pre-- vieran cargas longitudinales de magnitud considerable, pueden -- utilizarse pernos de anclaje verticales, en los extremos de la -- viga.

Para construcciones pequeñas, ya sean comerciales o industriales y cuando los claros no son mayores de 10 ó 12 m., la construcción con muros de carga es absolutamente económica. Si los claros son más grandes, se hacen necesarios muros más gruesos y utilizar castillos para asegurar la estabilidad. En estos casos, y de ser posible, suele ser más económico usar columnas intermedias.

B) ENTRAMADOS DE ACERO. En las construcciones de entramado de -- acero, las cargas se transmiten a los cimientos por una retícula de vigas y columnas de acero. Las losas de piso, divisiones, muros exteriores, etc., descansan en su totalidad sobre la retícula. Este tipo de estructura, que puede montarse a alturas tremendas, a menudo es mencionado como construcción de vigas y columnas.

En la construcción de vigas y columnas, la estructura consiste -- usualmente de columnas espaciadas 6,0 ; 7.5 ; ó 9.0 m., traves -- principales y vigas armadas entre sí, en ambas direcciones, en -- cada nivel de piso. Un método muy común de arreglo de estos ----

elementos, se muestra en la figura 4.10. Las traves principales se colocan entre las columnas en la dirección de su espaciamiento mayor, mientras que las vigas secundarias son conectadas a las columnas o traves principales en la dirección de menor espaciamiento entre columnas. Con diversos sistemas de piso, pueden utilizarse otros arreglos de vigas principales y secundarias.

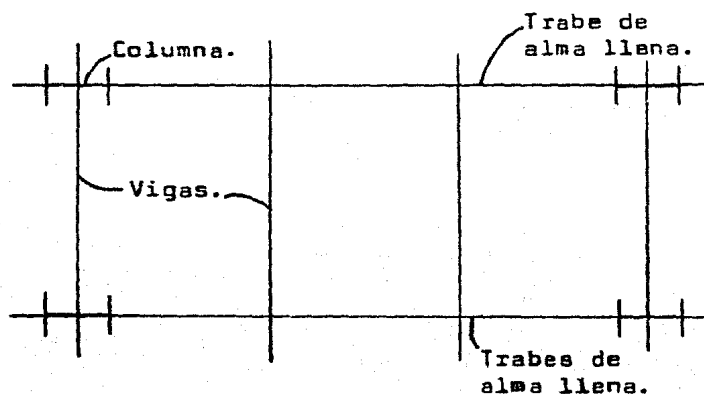


Fig. 4.10 .Construcción de vigas y columnas.

Para los entramados de acero, las paredes descansan sobre ella y generalmente se las menciona como muros de relleno o muros ciegos. Las vigas que soportan las paredes exteriores se llaman vigas de fachada.

C) ESTRUCTURAS DE ACERO DE CLAROS GRANDES. Cuando se hace necesario el uso de claros muy grandes entre columnas, como en: tribunas, auditorios, teatros, hangares o salas de baile, la construcción usual de entramado puede no ser suficiente. Si las secciones laminadas W ordinarias fueran insuficientes, podría ser necesario usar vigas con cubreplacas, traves compuestas, armaduras grandes, arcos, marcos rígidos, y otras semejantes. Cuando

el espesor está limitado, las vigas con cubreplacas, las de alma llena o las de caja pueden realizar el trabajo. Si el espesor no fuera crítico, las armaduras serían satisfactorias. Para claros muy grandes, a menudo se usan los arcos y los marcos rígidos.

D) ESTRUCTURAS COMBINADAS DE ACERO Y CONCRETO. En un gran porcentaje de construcciones logradas actualmente, se ha utilizado la combinación de concreto reforzado y acero estructural. Si se utilizaran columnas de concreto reforzado en edificios muy altos tendrían que ser extremadamente gruesas en los pisos bajos y ocuparían demasiado espacio. Las columnas de acero embebidas y aseguradas con concreto reforzado son generalmente usadas y se conocen como columnas combinadas. También hay casos de pisos compuestos, donde las vigas de acero y las losas de concreto reforzado, son unidas de tal modo que actúan conjuntamente al resistir las cargas.

### 3) DIFERENTES SISTEMAS DE PISO.

Un sistema de piso es una combinación de elementos estructurales con el fin de lograr una superficie horizontal de apoyo capaz de resistir las distintas sollicitaciones en ella aplicadas.

Entre los diferentes factores que deben considerarse en la selección del sistema de piso por utilizar en una construcción determinada, están: las cargas por soportar, grado de seguridad contra incendio, aislamiento térmico y acústico, peso muerto del piso, aspecto del techo por debajo (ya sea liso o con trabes visibles), posibilidad de localización de conductos, tuberías, etc., en el piso; apariencia, mantenimiento requerido, tiempo de construcción, y espesor permisible del piso.

Las losas de concreto para piso de uno u otro tipo se utilizan casi universalmente en los edificios con estructura de acero.

Las losas de piso de concreto son fuertes, resisten perfectamente al fuego y tienen buena capacidad de absorción acústica. Por otra parte se requieren tiempo y gastos apreciables para el cimbrado necesario de la mayoría de las losas. Los pisos de concreto son pesados, necesitan algún tipo de varilla o malla de refuerzo incluido, y puede ser un problema hacerlas impermeables al agua.

En las secciones que siguen se presenta una descripción breve de los sistemas de piso utilizados, junto con alguna exposición de sus ventajas y usos principales:

#### A) LOSAS DE CONCRETO SOBRE VIGUETAS O LARGUEROS DE ALMA ABIERTA.

Quizas el tipo de losa de uso más común en construcciones pequeñas de acero, es la losa apoyada en vigas de acero de alma abierta. Las viguetas son en realidad pequeñas armaduras de cuerda paralela cuyos miembros se fabrican a menudo con varillas, ángulos livianos u otros perfiles laminados.

En la parte superior de estas vigas que se instalan muy cerca unas de otras, se coloca un papel especial reforzado por una malla de alambre soldado, sobre el cuál se cuele enseguida una losa delgada de concreto. Probablemente este es el tipo de piso de concreto más ligero y está muy cerca de ser el más económico. En la figura 4.II se muestra un croquis de un piso de viga de alma abierta.

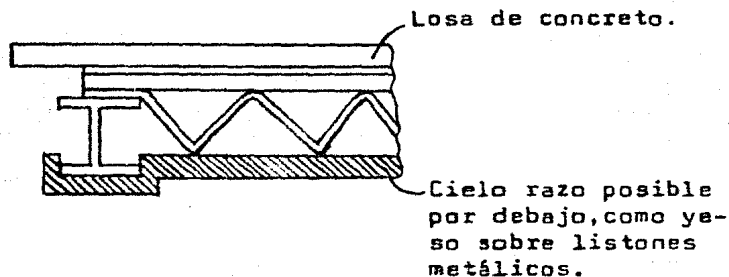


Fig. 4.II. Vigas de alma abierta.



Las vigas de alma abierta son las más convenientes para pisos - de edificios con cargas relativamente ligeras y para estructu- ras donde no hay demasiada vibración. Han sido usadas en un nú- mero considerable de edificios realmente altos, pero hablando en términos generales, son las indicadas para edificios de poca altura. Son muy satisfactorias para soportar losas de piso y techos de escuelas, casas de apartamentos, hoteles, edificios de oficinas, restaurantes y otras construcciones, como se dijo, de poca altura.

Las vigas de alma abierta deben contraventarse lateralmente -- para impedir que se tuerzan o pandeen y también para evitar que los pisos presenten fenómenos de resorte. El apoyo lateral se -- suministra mediante un puenteo que consiste en barras horizon- tales continuas fijadas a las cuerdas superior e inferior de -- las vigas, o por contraventeo diagonal en cruz.

Las vigas de alma abierta son fáciles de manejar y rápidamente de montar. Si se desea, puede sujetarse a la cuerda inferior de - las vigas un plafond, o suspenderse de ellas. Los espacios huecos en las almas se prestan admirablemente para colocar conductos , ductos, alambrado eléctrico, tubería, etc. Las viguetas pueden ser soldadas a vigas de acero o bien, pueden anclarse en la mampos- tería de los muros. Cuando se colocan losas de concreto sobre la parte superior de las viguetas, usualmente son de 5 a 6.5 cm., de espesor.

## B) LOSAS DE CONCRETO REFORZADO EN UNA Y EN DOS DIRECCIONES.

a) Losas reforzadas en una dirección. Gran número de pisos de -- losa de concreto en edificios tanto de oficinas como industria- les, la forman losas de concreto reforzadas en una dirección, --- apoyadas sobre vigas de acero.

Frecuentemente se hacía referencia a estos pisos llamándolos -- pisos de arco de concreto, porque durante algún tiempo se cons--

truyeron pisos de ladrillo o de baldosas de aproximadamente la misma forma, esto es, en forma de arcos con la parte superior aplanada.

En la figura 4.12, se muestra una losa reforzada en una dirección. La losa cubre el claro según la dirección corta, como se muestra con flechas en la figura. Las losas reforzadas en una dirección (o armadas en un sentido) ocurren cuando el lado largo de la losa es de dos o más veces la longitud del lado corto, en tal condición el lado corto es mucho más rígido que el claro -- largo y consecuentemente casi toda la carga es llevada por el claro corto. La dirección corta es la dirección principal de flexión, por tanto la de las barras de refuerzo principal en el concreto, además se requiere refuerzo por temperatura y por contracción en la otra dirección.

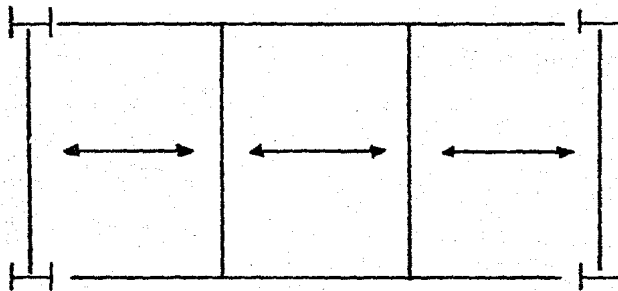


Fig. 4.12

En la figura 4.13, se muestra la sección transversal característica de un piso con losa de concreto, reforzada en una dirección, apoyada sobre viguetas de acero. Cuando se utilizan vigas o viguetas de acero para apoyar pisos de concreto reforzado, puede ser necesario ahogarlas en el concreto para lograr protección contra incendio. También en la figura se muestra esa condición.

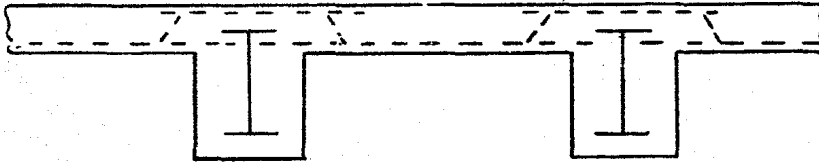


Fig. 4.13. Losa de concreto reforzada en una dirección.

Puede ser necesario dejar listones de acero sobresaliendo de los patines inferiores de la viga para colocar plafones de yeso. Si los plafones son necesarios para ocultar las varillas de las vigas, este sistema de piso perdería una buena parte de su economía. Las losas reforzadas en una dirección tienen la ventaja de que son fabricadas de modo que pueden quedar apoyadas completamente sobre las vigas de acero sin necesidad de apuntalamiento vertical. Tienen la desventaja de que son más pesadas que la mayoría de los sistemas más recientes de pisos livianos. La consecuencia de su mayor peso es que no se utilizan tan a menudo para pisos ligeramente cargados, como en un principio. Cuando se desea un piso para recibir cargas pesadas, un piso rígido o un piso muy durable, las losas reforzadas en un sentido pueden ser la elección más conveniente.

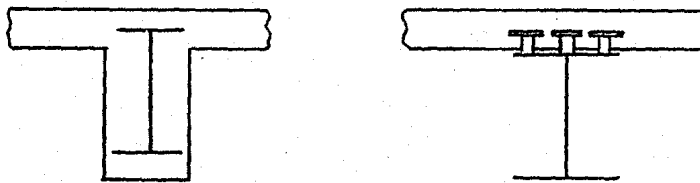
b) Losas de concreto reforzadas en dos direcciones. Esta losa de concreto se utiliza cuando las losas son cuadradas o casi cuadradas y las vigas de apoyo se plantean en los cuatro bordes. El refuerzo principal se coloca en las dos direcciones. Las demás características son semejantes a las de las losas reforzadas en

un sentido.

### C) PISOS EN COLABORACION.

Los pisos en colaboración son aquellos donde las vigas de acero (perfiles laminados, vigas con cubreplacas o miembros compuestos) se unen con las losas de concreto de tal modo que ambos actúan como una unidad al resistir las cargas totales mismas que de otra manera serían tomadas únicamente por las vigas. Puede haber ahorro en las dimensiones de las vigas de acero cuando se usan los pisos en colaboración, porque la losa actúa como parte de la viga.

Una ventaja especial de los pisos en colaboración es que utilizan la alta resistencia del concreto a la compresión, en la, o casi en la totalidad del peralte de la losa, al mismo tiempo que somete a tensión un gran porcentaje del acero, que normalmente es el caso de las estructuras de acero (también ventajosas). El resultado es un menor peso de acero en la estructura. Una ventaja adicional de los pisos en colaboración es que pueden permitir una reducción apreciable en el espesor total del piso, que es particularmente importante en edificios de mucha altura.



(a) Viga de acero ahogada en concreto.

(b) Viga de acero unida a la losa de concreto con conectores al corte.

Fig. 4.14. Pisos combinados.

Dos tipos de sistemas de piso en colaboración, se muestran en la

figura 4.14. La viga de acero puede estar completamente ahogada en el concreto siendo transferido el esfuerzo de corte horizontal por fricción y adherencia. Este tipo de piso armado se muestra en la parte (a) de la figura. Una segunda posibilidad se muestra en la parte (b), donde la viga de acero se une a la losa de concreto mediante algún tipo de conectores de fuerza cortante. Se han utilizado diversos tipos de conectores de fuerza cortante, durante las últimas décadas, incluyendo barras en espiral, canales, ángulos, pernos, etc., pero las consideraciones económicas usualmente llevan al uso de pernos redondos soldados a los patines superiores de las vigas en lugar de los demás tipos mencionados.

#### D) PISOS DE LOSA RETICULAR.

Hay diversos tipos de losa reticular que se construyen colocando el concreto en moldes removibles con forma de domo. (se dispone de algunos moldes especiales de material corrugado ligero que pueden dejarse en el lugar). Las hileras de domos se acomodan sobre la cimbra y el concreto se cuela sobre la parte superior de las mismas, dando lugar a una sección transversal semejante a la que se muestra en la figura 4.15. Las vigas se forman entre los domos, dando un piso del tipo de viga T.

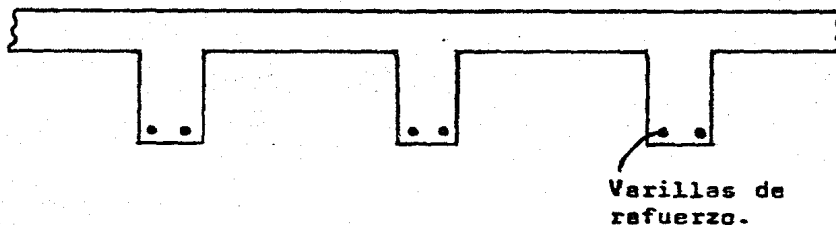


Fig. 4.15. Piso de losa reticular.

Estos pisos, adecuados para cargas pesadas de consideración son apreciablemente más ligeros que los pisos de losa de concreto reforzados en una y dos direcciones. Aunque son realmente ligeros requieren una buena cantidad de cimbra incluyendo el apuntalamiento bajo las nervaduras. Así, la mano de obra es mayor que para muchos otros pisos, pero el ahorro debido a la reducción de peso y la reutilización de los moldes de medidas estándar los hace competitivos. Cuando se necesitan cielos rasos suspendidos, los pisos de losa reticular tendrán una desventaja económica -- decisiva.

La construcción en dos sentidos, esto es, con nervaduras o almas en ambas direcciones es muy útil. Al usar moldes con extremos -- cerrados se obtiene un piso con disposición semejante al relieve de un barquillo. Este último tipo de piso se usa comúnmente -- cuando los paneles son cuadrados o casi cuadrados. La construcción de vigas reforzadas en dos sentidos puede obtenerse a precios razonablemente económicos y con ellas se tiene un cielo raso muy atractivo que además tiene realmente buenas propiedades -- acústicas.

#### E) PISOS DE BLOQUES DE CONCRETO, ALIGERADOS CON BLOQUES HUECOS DE BARRO, YESO O CONCRETO LIGERO.

Semejantes a los pisos de concreto de losa reticular son los -- pisos de bloques huecos de barro o yeso, o de losa reticular con bloques. Estos pisos tienen aproximadamente el mismo trabajo de cimbra y aproximadamente el mismo efecto que los pisos reticulares de domo. No se usan mucho actualmente ya que los pisos reticulares compiten más en el sentido de costo y proporcionan -- una superficie inferior más atractiva. Una sección transversal -- característica de este tipo de piso se muestra en la fig. 4.16.

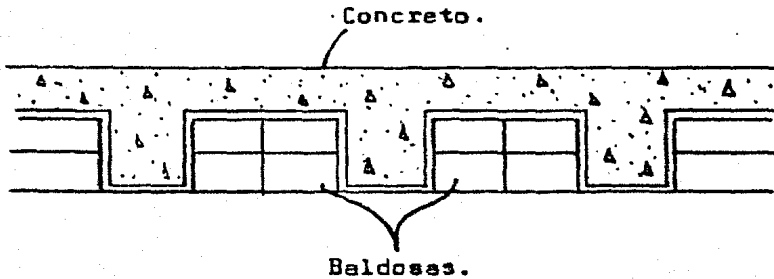


Fig. 4.16. Pisos aligerados con bloques huecos.

Este sistema tiene una ventaja sobre los pisos de domo metálico: de un cielo raso nivelado, bajo el cual puede aplicarse directamente el aplanado sin la necesidad de suspender armazón alguna. Las superficies inferiores de los bloques son muy satisfactorias para colocar el aplanado y no se hacen necesarios listones metálicos, excepto para las vigas de acero principales en los extremos del piso, si es que no son a prueba de incendio.

Cuando se utilizan bloques es conveniente que sean del mismo material que recubre las nervaduras de concreto; de otro modo es difícil obtener un color parejo del aplanado por la diferencia de materiales.

Los pisos aligerados con bloques tiene la ventaja de que los conductos, alambres, tuberías, etc., pueden ser colocados convenientemente a través de sus celdas. Si los paneles son aproximadamente cuadrados, las viguetas pueden utilizarse en ambas direcciones.

#### F) PISOS CON CIMBRA DE MOLDURA DE ACERO.

En la figura 4.17 se muestran secciones transversales características de pisos con cimbra de moldura de acero. Se muestran

sólo dos tipos en la figura, pero se puede disponer de muchos -- otros. En años recientes los pisos con cimbra de moldura de acero han llegado a ser muy populares en algunas aplicaciones, particularmente en edificios de oficinas. También son populares --- para hoteles, casas de apartamentos y otras construcciones, donde las cargas no son muy grandes.

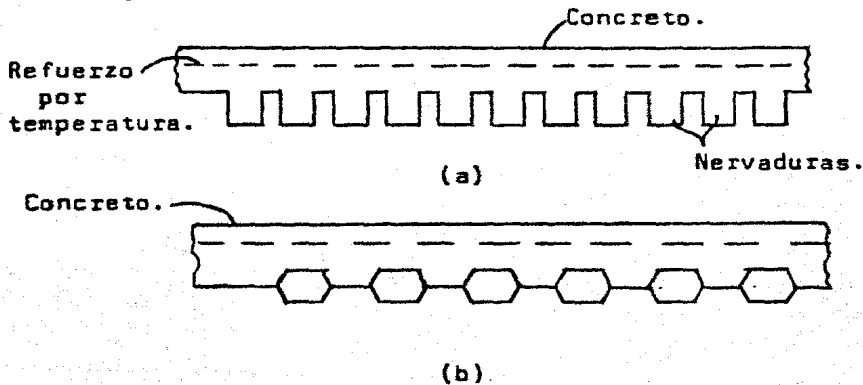


Fig.4.17. Pisos de cubierta de acero.

Una ventaja particular de estos pisos es que tan pronto se coloca la cimbra, queda disponible una plataforma de trabajo para los operarios.

Las láminas de acero, livianas son fuertes y pueden cubrir claros hasta de 6 m. ó más. Debido a la resistencia considerable de la cimbra, el concreto no tiene que ser de gran resistencia. Este hecho permite el uso de concreto ligero en capas tan delgadas -- como capas de espesores de 5 a 6 cm.

Las celdas en la cimbra pueden utilizarse convenientemente para alojar conductos, tubos, y alambros. El acero probablemente es -- galvanizado y si queda expuesto por abajo puede dejarse como -- viene del fabricante o pintarse como se desee. Si fuera neces-- ría la resistencia al fuego, se usaría un plafón con listones --



metálicos y aplanado. Lo mismo es necesario si se requiere un cielo raso plano por abajo para los tipos de cubierta mostrados en la figura 4.17, pero hay cubiertas disponibles con su superficie plana.

#### G) LOSAS PLANAS.

En un principio los pisos con losa plana estaban limitados a construcciones de concreto reforzado, pero actualmente es posible utilizarlos en edificios con estructura de acero. Una losa plana es una losa que está reforzada en dos o más direcciones, y transfiere sus cargas a las columnas de soporte sin usar vigas y trabes principales que sobresalgan hacia abajo. Las vigas y trabes principales de concreto que sirvan de apoyo se hacen tan anchas que tienen el mismo espesor que la losa.

Las losas planas son muy valiosas cuando los paneles son aproximadamente cuadrados, cuando se desea mayor altura libre que la que se logra con los pisos normales de vigas y trabes, cuando se prevén cargas pesadas y cuando es conveniente colocar las ventanas tan cerca de la parte superior de los muros como sea posible. Otra ventaja es el cielo raso plano que se logra para la parte inferior del piso. Aunque la gran cantidad de acero de refuerzo requerido ocasiona incremento de los costos, el encofrado o cimbrado sencillo baja decididamente los gastos. El significado de cimbrado sencillo se refiere a cuando se considera que más de la mitad del costo promedio del colado de las losas de piso de concreto corresponde a la cimbra.

Para la estructura normal de concreto reforzado con pisos de losa plana, es necesario ampliar la parte superior de las columnas formando capiteles, y engrosar la losa alrededor de la columna.

Actualmente es posible, en las construcciones con estructura de

acero, utilizar vigas cortas en voladizo, conectadas a las columnas de acero y ahogadas en las losas. Estas vigas sirven para -- formar los capiteles de las columnas así como el elemento adicional del capitel en la construcción ordinaria de losas planas. La losa plana no es un tipo muy satisfactorio de sistema de piso para los edificios altos usuales en los cuales las fuerzas laterales (por viento y sismo) son apreciables, porque las vigas y trabes sobresalientes trabajan como parte del sistema de contraventeo lateral.

#### H) PISOS DE LOSAS PRECOLADAS.

Las secciones de concreto precoladas se asocian más comunmente con los techos que con las losas para piso, pero su uso en pisos está aumentando. Se montan rápidamente y reducen la necesidad de cimbrar. Se utilizan para el concreto agregados de poco peso, -- produciendo secciones ligeras y fáciles de manejar. Algunos de los agregados utilizados permiten que se clave en ellas, o ser aserradas para obtener el tamaño que se necesite en la obra. Para losas de piso, con cargas razonablemente pesadas, los agregados deberán ser de una calidad tal que no se reduzca demasiado la resistencia del concreto resultante.

En la figura 4.18 se muestran algunas de las losas precoladas con un diafragma de la sección transversal correspondiente. Debido a que las superficies superiores de las secciones precoladas presentan variaciones, es necesario utilizar una cubierta (o firme) de mortero de 2.5 a 5.0 cm., antes que pueda instalarse loseta asfáltica u otra cubierta de piso.

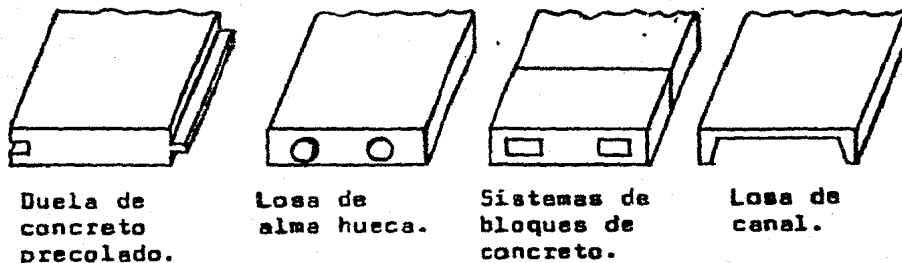


Fig.4.18. Losas precoladas para techos y pisos.

#### 4) TIPOS DE CUBIERTAS PARA TECHOS.

Los tipos de cubierta para la construcción de techos, comunmente utilizados en los edificios con estructura de acero, incluyen -- losas de concreto sobre viguetas de alma abierta, techos de cubierta de acero y diversos tipos de losas de concreto precolado. Entre los factores por considerar en la selección del tipo específico de techo, están: la resistencia, peso, claro, aislamiento, acústica, apariencia inferior, o tipo de acabado por utilizarse.

Las diferencias principales para la selección de losas ya sean de piso o de techo, probablemente ocurren al considerar resistencia y aislamiento.

Las cargas en techo son, en general, mucho menores que las cargas de entrepiso, permitiendo en consecuencia el uso de muchos tipos de concreto con agregados ligeros, que son apreciablemente menos resistentes. Las losas de techo deberán tener buenas propiedades de aislamiento o deberán tener tableros aislantes sobre ellas y cubiertos por el techado. Entre los muchos tipos de agregados -- ligeros utilizados están: las fibras de madera, espumas, serrín, yeso, etc. Aunque algunos de estos materiales reducen decididamente las resistencias del concreto, suministran cubiertas de --

techo muy livianas con propiedades aislantes excelentes.

Las losas precoladas fabricadas con estos agregados son ligeras, se montan rápidamente, tienen buenas propiedades aislantes y -- usualmente pueden aserrarse y clavarse. Para losas de concreto - vaciadas en viguetas de alma abierta, algunos agregados ligeros se comportan muy bien (espumas, yeso, etc.). en algunos casos el - concreto resultante puede ser bombeado fácilmente hasta los te- chos, con lo cual se facilita la construcción. Mediante el reem- plazo de los agregados por ciertas espumas, el concreto produci- do es tan ligero que flotará en el agua; aunque su resistencia - es bastante baja.

Las cubiertas de acero con losas delgadas de concreto ligero y aislante colocado en la parte superior, constituyen cubiertas de techo muy buenas y económicas. Una variante competitiva consiste en la cubierta de acero con tableros aislantes rígidos coloca- dos sobre la cubierta de acero y enseguida el material de te- chado ordinario. Los otros tipos de losas de concreto están muy presionados para competir económicamente con estos tipos de te- chos cargados ligeramente. Si se utilizan otros tipos de cubier- tas vaciadas de concreto, la mano de obra será mucho mayor. Más - aún, si no se utiliza algún agregado ligero del tipo aislante, se hará necesario colocar algún tipo de tablero aislante en la par- te superior de la losa antes de aplicar el material de la cubi- erta.

## 5) MUROS EXTERIORES Y DIVISIONES INTERIORES.

A) Muros exteriores. El objeto de los muros exteriores es pro- porcionar resistencia a los agentes atmosféricos, incluyendo --- aislamiento contra el calor y el frío, características satisfac- torias de absorción del sonido y de refracción de la luz, resis- tencia suficiente y características contra incendio. Deben tener

apariencia satisfactoria y ser razonablemente económicos.

Por muchos años los muros exteriores se construyeron de algún tipo de mampostería, vidrio o láminas corrugadas. Sin embargo, en las décadas recientes, el número de materiales para muros exteriores ha aumentado en forma tremenda. Disponibles y comunmente utilizados actualmente, están: los tableros de concreto precolado, láminas metálicas aisladas y muchos otros elementos prefabricados. Gozan de popularidad cada vez mayor los paneles ligeros --- prefabricados tipo emperedado, que consisten de tres capas. La -- superficie exterior está hecha de aluminio, acero inoxidable, materiales cerámicos o plásticos, u otros. El alma del panel con--- siste de algún tipo de material aislante, tal como la fibra de -- vidrio o cartón de fibra, mientras que la superficie interna -- probablemente es de metal, aplanado, mampostería o algún otro material atractivo.

B) Divisiones interiores. El propósito principal de las divisiones interiores es repartir el espacio interior del edificio, en piezas. Su selección está basada en: la apariencia, propiedades -- contra incendio, peso y condiciones acústicas. Los muros interiores son conocidos como de carga o de división.

Estos dos tipos se describen en los párrafos siguientes:

a) Los muros de carga son aquellos que soportan cargas gravitacionales además de su propio peso y por lo tanto, permanecen fijos en su posición. Pueden construirse de madera o de unidades -- de mampostería y revestidos con madera triplay, aplanado, hojas -- de fibra prensada u otro material.

b) Los muros divisorios son los que no soportan ninguna carga -- además de su peso propio, y pueden ser fijos o móviles. Quizás -- los tipos más comunes se fabrican de metal, mampostería o ---- concreto.

## 6) CONTRAVENTEO LATERAL.

En edificios de varios pisos, en los que las solicitaciones producidas por viento o sismo se vuelven predominantes, el marco rígido convencional deja de ser una solución adecuada, pues para darle la resistencia y rigidez necesarias se requieren vigas y columnas de dimensiones y costo excesivos. En esos casos conviene utilizar elementos estructurales adicionales como muros de rigidez o contraventeo especial para resistir las fuerzas laterales más eficiente y económicamente.

### A) TIPOS DE CONTRAVENTEO LATERAL.

En la figura 4.19a, se muestra el entramado de acero de un edificio sin contraventeo lateral. Si las vigas y columnas mostradas se conectan entre sí, por medio de conexiones comunes (conexión de viga simplemente apoyada), el entramado tendrá muy poca resistencia a las fuerzas laterales mostradas. Considerando que las juntas actúan como articulaciones sin fricción, el entramado podría ser desplazado lateralmente como se muestra en la parte (b) de la figura.

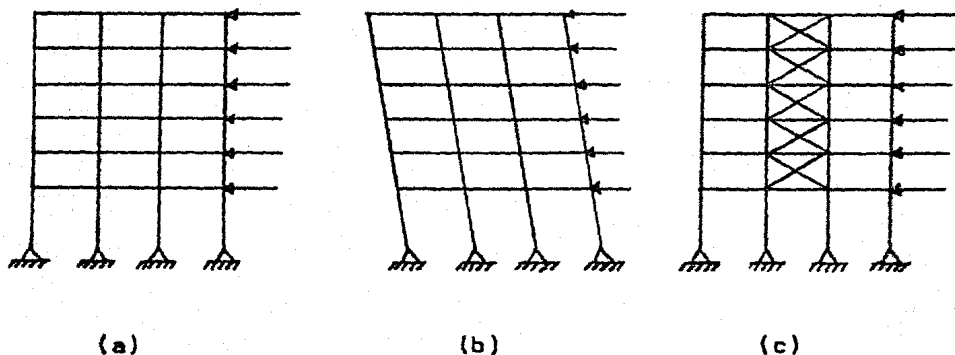
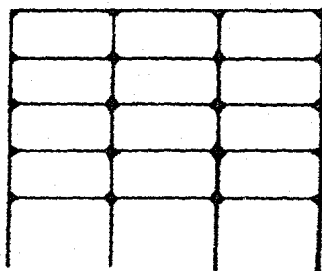


Fig. 4.19

Para resistir estos desplazamientos laterales, el mejor método, el más económico y simple, desde el punto de vista teórico, es -- colocar contraventeo diagonal completo como se muestra en la -- parte (c) de la fig. 4.19. Sin embargo desde un punto de vista práctico, se puede ver fácilmente que el contraventeo diagonal -- completo del edificio ordinario, podría quedar frecuentemente en los vanos de las puertas, ventanas y otras aberturas en los mu-- ros. Más aún, muchos edificios tienen divisiones interiores movi-- bles y la presencia de cruces interiores de contraventeo redu-- cen mucho esta flexibilidad. Como el contraventeo diagonal es el más directo, eficiente y económico, debe utilizarse siempre que -- las condiciones lo permitan. Generalmente sólo será conveniente en el seno de muros sólidos y alrededor de pozos de elevador, -- tiros de escalera y otros muros en los que se planean pocas -- aberturas o ninguna.

El método más común para hacer que un edificio alto sea resis-- tente a las fuerzas laterales, es fabricando conexiones resis-- tentes a las deformaciones angulares (nudos elásticos), como se ilustra en la fig. 4.20.



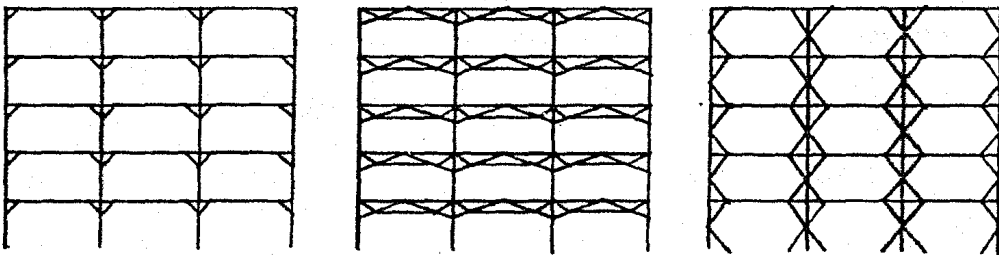
Arriostramiento tipo cartelera.

Fig. 4.20

Otras formas de proporcionar resistencia lateral se muestran en (a), (b) y (c) de la fig.4.2I. Cada una de estas formas tiene la desventaja de no ser muy satisfactoria para muros exteriores a base de grandes ventanales.

El resultado es usar preferentemente juntas del tipo acartelamiento. El término portico contraventeado, se da a los pórticos, sin tomar en cuenta la forma en que se han contraventeado.

Las "patas de gallo" mostradas en la parte (a) de la figura pueden usarse en muros exteriores, si el área de ventana no es extremadamente grande. También son muy satisfactorias, cuando se usan en muros interiores porque no interfieren con las aberturas usuales. El contraventeo "K" mostrado en la parte (c) puede usarse con ventaja cuando hay aberturas pequeñas en los muros. Podría hacerse notar que en los pisos superiores de un edificio, las fuerzas cortantes son menores y pueden tomarse con algunos o con todos los contraventeos laterales en estos niveles.



Riostras angulares.

Arriostamiento de portal.

Arriostamiento "K".

(a)

(b)

(c)

Fig.4.2I



Un edificio no sólo debe estar suficientemente contraventeado lateralmente para evitar fallas, sino también para evitar deformaciones angulares que dañan a sus partes componentes. Otro detalle de importancia es el suministro de contraventeo suficiente para dar a los ocupantes una sensación de seguridad, pues no se sentirán seguros en los edificios altos que tengan mucho movimiento lateral cuando los azotan vientos de consideración.

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES**

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES

1) El acero estructural es de los materiales más utilizados en la construcción porque se adapta admirablemente bien para la -- realización de estructuras. Esto se debe entre otros factores a los siguientes:

A) Posee propiedades deseables que lo hacen un material adecuado para la construcción rápida y no muy complicada de cualquier estructura.

B) Existen en el mercado diferentes tipos de acero de las más - variadas formas, tamaños y propiedades; de tal manera que el in-- geniero puede elegir de entre ellos los más convenientes para - la construcción de la estructura.

C) Entre sus propiedades más importantes se encuentran su alta resistencia, su elasticidad y la facilidad con que se pueden --- realizar las uniones más complicadas.

2) Se debe siempre evitar que el fenómeno de pandeo se presente en una estructura, porque produce fallas espectaculares que provocan el colapso parcial o total de la misma. Por ello se debe - tener bastante cuidado en el diseño y construcción de la estruc-- tura.

3) El montaje es la etapa de mayor importancia dentro del pro-- cedimiento constructivo, ya que de su buena realización depende en gran medida el comportamiento adecuado de la estructura.

4) Siempre se deberán de tener conexiones de buena calidad en

una estructura. Por ello dentro del proceso de montaje la realización de conexiones debe ameritar un cuidado especial; pues de lo contrario se tendrán conexiones incorrectas que no transmitirán adecuadamente las acciones externas de un elemento a otro de la estructura y entonces ocurrirá la falla.

5) Los medios de unión más utilizados actualmente para la realización de conexiones de estructuras de todo tipo y especialmente para las de gran magnitud como puentes monumentales, edificios de gran altura, etc; son los tornillos de alta resistencia y la soldadura de arco con electrodos revestidos, por su mejor comportamiento mecánico y ventajas constructivas.

6) Las estructuras reticulares son las que mayor impulso han -- tenido debido a su gran campo de aplicación; y de ellas las que con más frecuencia se construyen son los edificios.

En la actualidad los edificios de varios pisos o de gran altura contruidos con entramados de acero que sirven como estructura resistente a edificaciones orientadas según la actual arquitectura (grandes superficies acristaladas, estrechas líneas verticales, etc.), tienen mayor aplicación y tienden a multiplicarse -- debido especialmente al flujo de gente hacia los grandes centros urbanos, y a la escasez y alto costo de terrenos que ello origina.

**BIBLIOGRAFIA.**

**BIBLIOGRAFIA.**

1. Estructuras de acero.  
Oscar de Buen y López de Heredia.  
Editorial Limusa, S.A. México, 1980.
2. Manual para constructores.  
Cía. Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey, S.A.  
México, 1965.
3. Diseño de estructuras metálicas.  
Jack C. Mc Cormac.  
Representaciones y servicios de ingeniería, S.A. México.
4. Apuntes de mecánica de materiales.  
D.M. González Cuevas.  
F. Robles.  
J. L. Trigos S.  
Facultad de ingeniería de la UNAM, México.
5. Manual AHMSA para ingenieros.  
Altos Hornos de México, S.A.
6. Introducción a la mecánica de sólidos.  
E. P. Popov.  
Editorial Limusa, México, 1978.

7. Apuntes de diseño estructural,  
Fernando Areal.  
Oscar de Buen.  
Luis Esteva y otros.  
Facultad de ingeniería de la UNAM, México.
8. Diseño de estructuras de acero.  
Boris Bresler.  
T. Y. Lin.  
John B. Scalzi.  
México/Buenos Aires, 1970.
9. Construcciones metálicas.  
Fernando Rodriguez.  
Avial Azcúnaga.  
España, 1968.
10. Diseño de estructuras metálicas.  
Clifford D. Williams.  
Ernest C. Harris.  
CECSA; México, 1964.
- II. Construcciones metálicas (tomos I, II y III).  
G. Kienert.  
Traducido por: A. López de Chueca.  
Ediciones Urmo, España.

12. **Materiales y procedimientos de construcción.**  
Arq. Fernando Barbará Z.  
Editorial Herrero, S.A. México, 1977.
13. **Estructuras modernas de acero.**  
Linton E. Grinter.  
Editorial Diana; México, 1969.
14. **Técnicas para la construcción.**  
Ing. José Mendoza Fernandez.  
México, 1972.
15. **Montaje de estructuras de acero en la construcción.**  
William G. Rapp.
16. **Estructuras metálicas.**  
C. Nachtergal.  
Traducido por: Sebastián López C.  
Editorial Blume, España, 1969.
17. **Estructuras metálicas.**  
Ernest Gustin.  
Editores técnicos asociados, S, A. España, 1980.
18. **Fundamentos de diseño estructural.**  
Louis A. Hill Jr.  
Representaciones y servicios de ingeniería, S.A.  
México, 1978.



19. Guía práctica de la construcción metálica.

R. Daussy.

Editorial Blume, España, 1972.

20. Ensaye e inspección de los materiales de ingeniería.

Harmer E. Davis.

George Earl Troxell.

Clement W. Wiskocil.

CECSA. México, 1970.