



# PROCESO CONSTRUCTIVO DE ESTRUCTURAS DE ACERO



# EL ACERO, SU OBTENCION Y MATERIA PRIMA

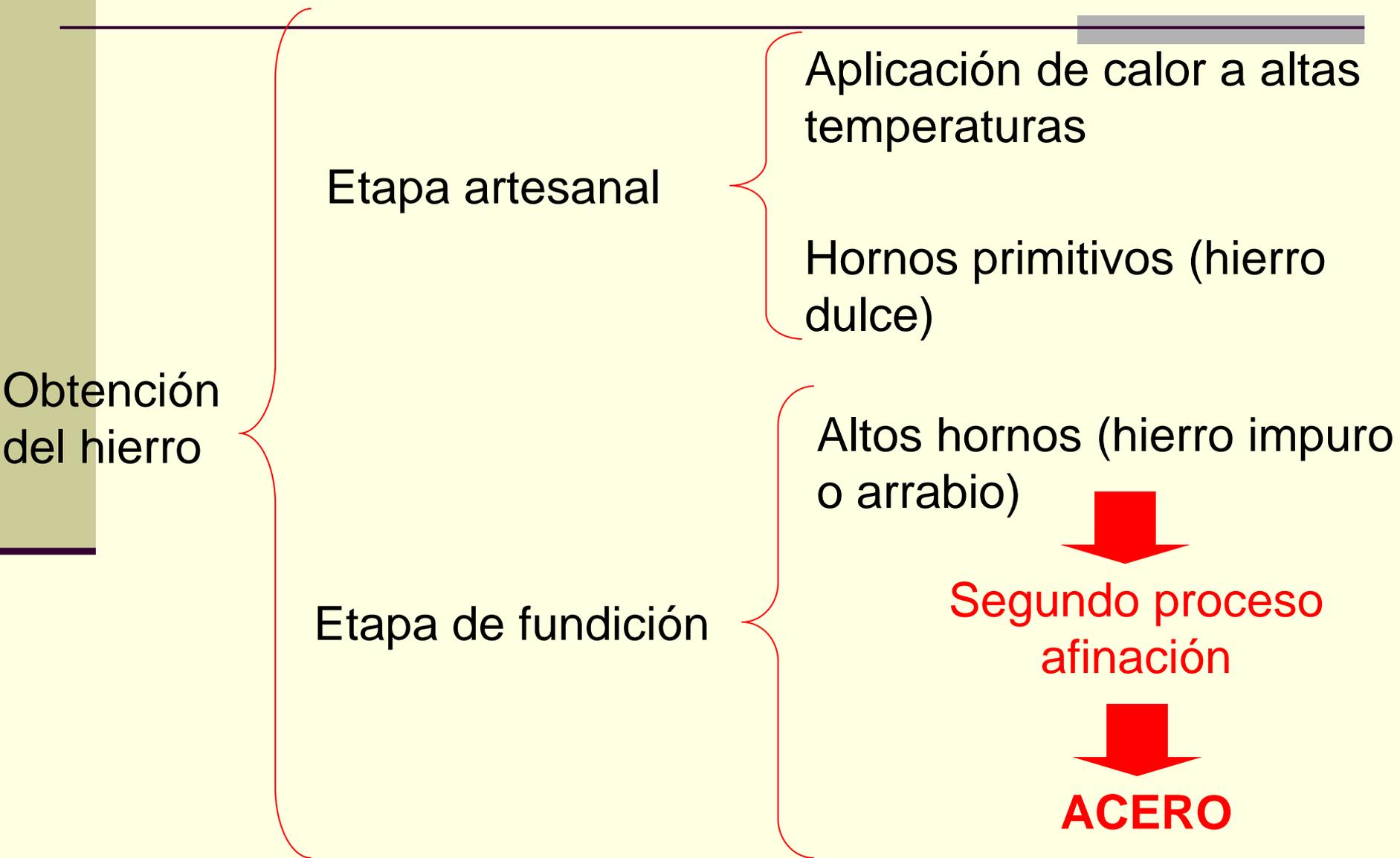
---

El hierro : Metal tenaz , dúctil y maleable, que funde a 1535 °C, es de color grisáceo y negruzco.

Metal más importante del mundo ya que es la materia prima para la fabricación del acero.

El acero : Metal que resulta de la mezcla de hierro y menos del 1.76% de carbono

El descubrimiento del hierro es el acontecimiento que marcó el punto de partida de la civilización actual.



## BREVE SEMBLANZA DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA

Henry Cort	1747	Pudelado: técnica fatigosa y de bajo rendimiento
Henry Bessemer	segunda mitad XIX	Producción de acero a gran escala a precios competitivos
Siemens-Martin	1864	Empleo de chatarra de acero
Gillchrist Thomas	1876	Revestimientos refractarios básicos
Horno de arco eléctrico	finis siglo XIX	Gran capacidad de producción
Oxiconvertidores	1953	Adelanto más notable en la tecnología siderúrgica

La tendencia a nivel mundial busca mejorar los procesos tecnológicos y eficientar los sistemas de recolección de chatarra con el fin de reciclarla

Tasa de reuso del acero (25 al 100% reciclado)

Económico

Menor contaminación

Menor utilización de recursos naturales

# GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE ACERACION

El acero, es una aleación de hierro con un porcentaje de carbono inferior al 1.76%.

---

A partir de un arrabio cuya composición media es:

Fe / 93	C / 4	Si / 0.5 – 2.0	Mn / 1	P / 2 - 0.1	S / 0.05
---------	-------	----------------	--------	-------------	----------

Se desea obtener

Fe / 98	C / 0.5 – 1.5	Si / 0 – 0.3	Mn / 0.3 – 0.6	P <0.5	S <0.05
---------	---------------	--------------	----------------	--------	---------

En general el conjunto de procesos para convertir el arrabio en acero se denomina **AFINO**

Afino

Fase de oxidación

Eliminar exceso de C e impurezas Si, Mn y P

Oxígeno del aire (convertidores Bessemer y Thomas)

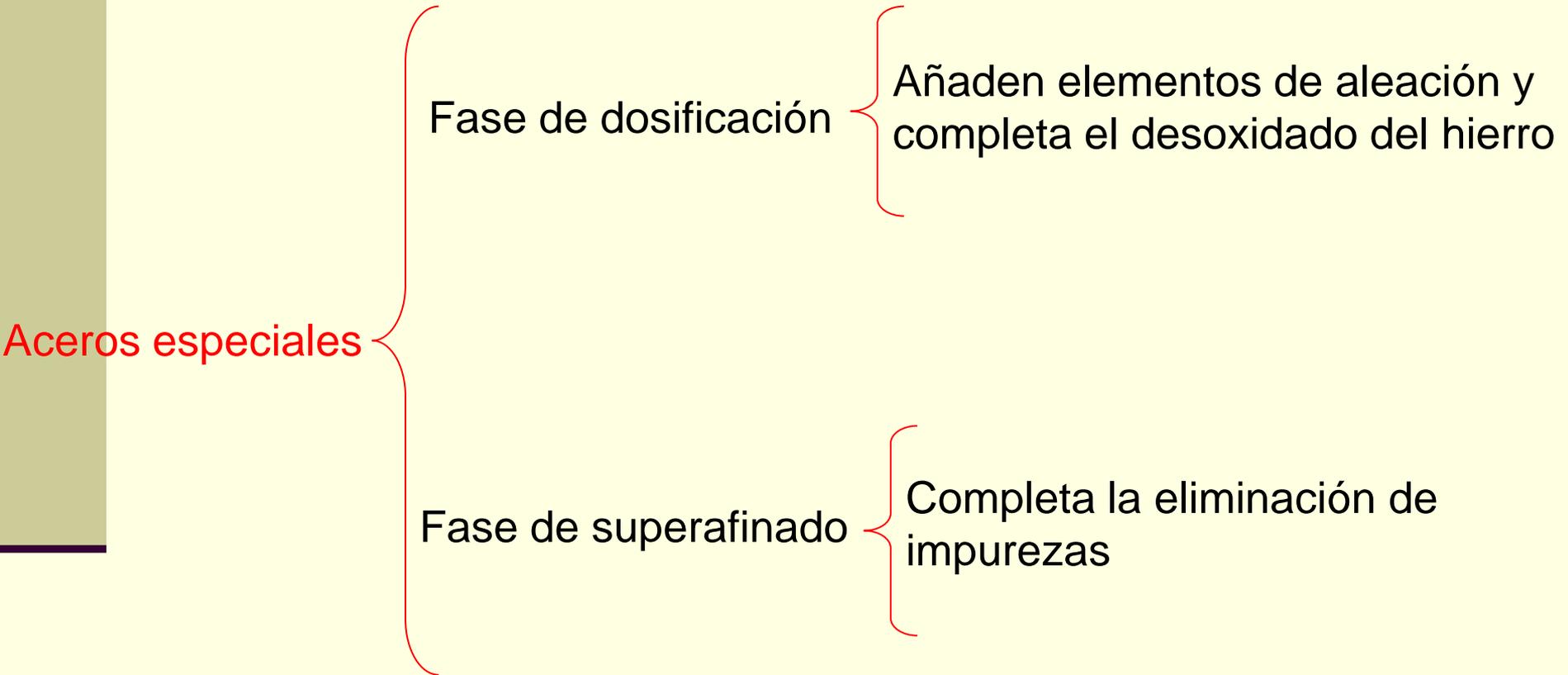
Oxígeno puro (oxiconvertidores)

Oxido de hierro de la chatarra (hornos Martin-Siemens y eléctricos)

Fase de reducción

Eliminar S y reducir el óxido de hierro

El afino para los **aceros especiales** requiere de las siguientes fases adicionales:



# PROPIEDADES DEL ACERO

El diagrama esfuerzo-deformación ofrece información necesaria para entender como se comporta el acero ante una condición de carga determinada.

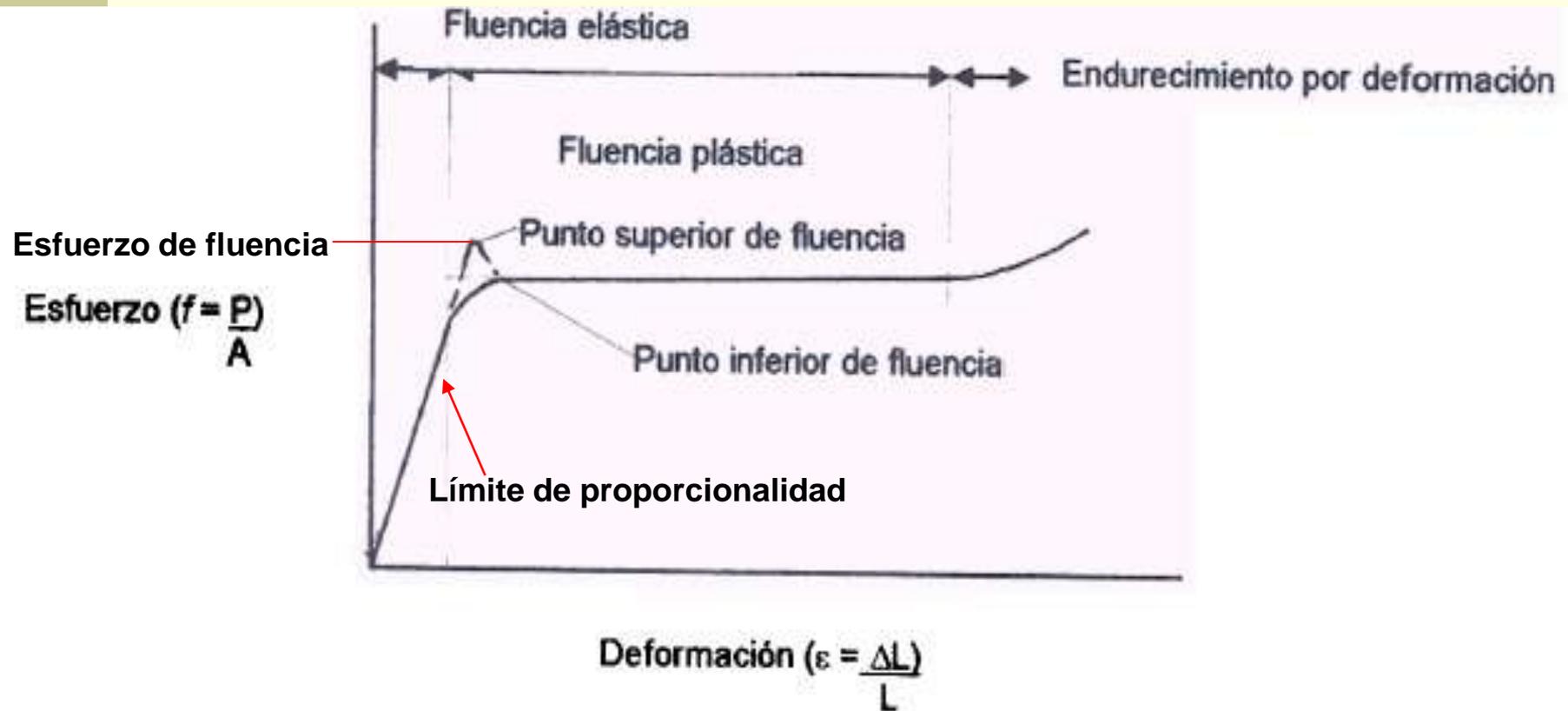
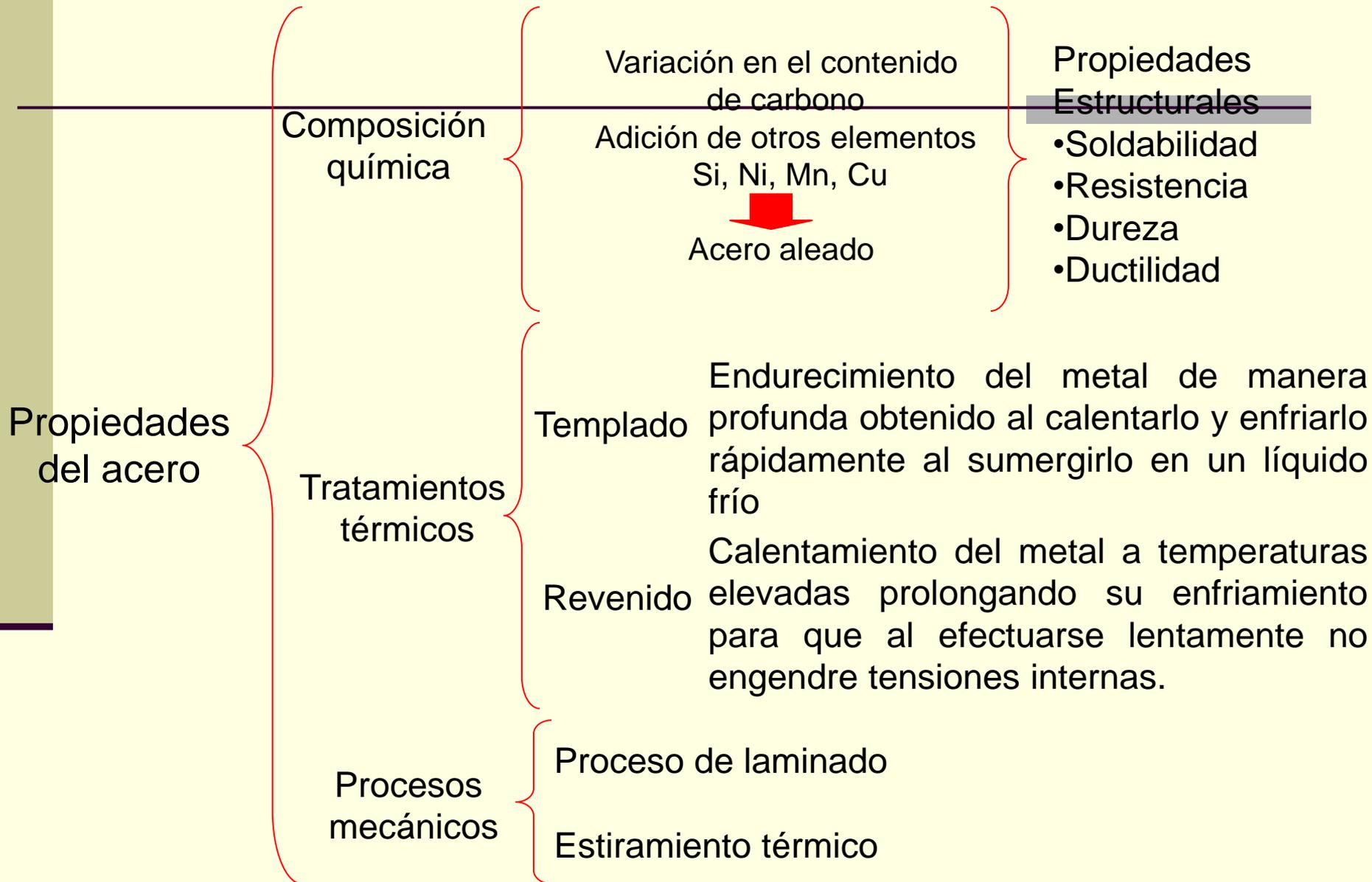


Diagrama esfuerzo-deformación característico de un acero estructural con bajo contenido de carbono

El diagrama esfuerzo-deformación nos permite identificar el **esfuerzo de fluencia**, que es el para el proyectista la propiedad del acero más importante en la etapa de diseño de estructuras.

El análisis que resulta de dicha gráfica nos permite predecir el **comportamiento del acero** y por tanto, forma parte del conjunto de factores que nos conducen a la elección del material idóneo para cada situación.

# ACEROS ESTRUCTURALES MODERNOS



Designación de la ASTM	Tipo de acero	Elementos resistentes	Usos recomendados	Esfuerzo mínimo de fluencia *, Fy en klb/pulg <sup>2</sup>	Resistencia especificada mínima a la tensión **. Fu en klb/pulg <sup>2</sup>
A 36	Al carbono	Carbono 1.70 Mn 1.65	Puentes, edificios y otras estructuras atornilladas, soldadas o remachadas	36 pero 32 si el espesor es mayor a 8 plg	50 - 80
A529	Al carbono	Cu 0.60	Similar al A36	42	60 - 85
A441	De alta resistencia y baja aleación	Carbono	Similar al A36	40 - 50	60 - 70
A572	De alta resistencia y baja aleación	Manganeso Columbio Vanadio	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas. No para puentes soldados de acero con Fy= 55 o mayores	42 - 65	60 - 80
A242	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Cromo . Silicio	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas, técnica de soldado muy importante	42 - 50	63 - 70
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Cobre . Niquel	Construcciones atornilladas y remachadas.	42 - 50	63 - 70
A852	De baja aleación, templado y revenido		Construcción soldada, remachada o atornillada; principalmente para puentes y edificios soldados. Técnica de soldado de importancia fundamental.	70	90 - 110
A514	Aleados templados y revenidos	Agentes aleantes en exceso	Estructuras soldadas con mucha atención a la técnica empleada; no se use si la ductilidad es importante.	90 - 100	100 - 130

# Aceros de ultraresistencia

Son aquellos que tienen **altos niveles de esfuerzo de fluencia**, su uso se recomienda en elementos sujetos a tensión.

Cuanto mayor sea el **límite de fluencia mayor será el precio del acero.**

Con el objeto de obtener ahorros en la construcción se recomienda una construcción híbrida, que supone una combinación de aceros de ultraresistencia y aceros de resistencia media.

Factores que pueden conducir al uso de aceros de alta resistencia:

- ✓ Alta resistencia a la corrosión
- ✓ Ahorros en los costos de montaje, transporte y cimentaciones
- ✓ Reducción de las alturas de entresijos
- ✓ Ahorro en la protección contra fuego

# EL ACERO ESTRUCTURAL COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

Si bien es cierto que en México siempre se ha edificado más con **concreto** reforzado que con **acero estructural**, hoy día este material tiene un lugar bien merecido en la industria de la construcción y resulta cada vez más común ver **edificaciones de gran altura** o de **arquitecturas caprichosas**, cuya realización ha sido posible mediante el uso del acero.

S.XIX-1942	Creación de la fundidora Monterrey	Remachada Acero A7
1942-1957	Segunda Guerra Mundial Fundación de Altos Hornos de México	Soldada Acero A36
1957-1976	Temblor de 1957 Cd. de México Modificación del diseño sísmico Zonificación de la Cd. de México	Soldada Atornillada
1976-1985	Nueva publicación del Reglamento de Construcciones. Introducción del factor de ductilidad	Soldada Atornillada
1985-hoy día	Terremoto de 1985 Cd. de México. Nueva publicación del Reglamento de Construcciones.	Tendencia a atornillada

# VENTAJAS

El acero estructural, a pesar de su **elevado costo**, es el **material ideal** para construcción, especialmente para estructuras ubicadas en **zonas sísmicas**, por las ventajas que a continuación se indican:

## Material homogéneo

- ✓ **Alta resistencia:** Gran relación de resistencia y rigidez por unidad de volumen.
- ✓ **Ductilidad:** Propiedad para soportar grandes deformaciones sin fallar al someterse a grandes esfuerzos de tensión. Sus grandes deflexiones ofrecen evidencia visible de la inminente falla.
- ✓ **Tenacidad:** Posee resistencia y ductilidad. Es la propiedad que le permite absorber energía en grandes cantidades sin fracturarse.
- ✓ **Resistencia a la fatiga:** Esta propiedad le permite soportar muchos ciclos de carga y descarga, o bien, de tensión o compresión.
- ✓ **Durabilidad:** Con un mantenimiento adecuado su vida útil puede prolongarse casi indefinidamente.
- ✓ **Soldabilidad:** Esta propiedad le permite ser unido a otro elemento de su misma especie lo cual representa una gran ventaja como material de construcción.

## Peso

- ✓ La estructura metálica pesa considerablemente menos que una estructura de concreto para la **misma geometría y cargas**.
- ✓ Propiedad muy útil en la construcción de edificios muy altos con **malas condiciones para su cimentación**.
- ✓ **Fuerzas sísmicas proporcionalmente menores**
  - ✓ La fuerzas sísmicas que actúan en la estructura de un edificio se determinan multiplicando la masa por su aceleración de respuesta. Mientras más pequeña sea la masa del inmueble (carga muerta) menor será la **vulnerabilidad al daño por sismos**.
- ✓ **Versatilidad arquitectónica**
  - ✓ Mayores espacios rentables
  - ✓ Flexibilidad en el diseño
  - ✓ Características estéticas especiales
- ✓ **Gran eficiencia constructiva**
  - ✓ Gran parte del proceso se lleva a cabo **en el taller** de fabricación y un porcentaje menor del trabajo directamente **en campo**.

## Ampliación de estructuras existentes

✓ Una estructura de acero puede adaptarse con relativa facilidad a los cambios arquitectónicos, **modificación** de pisos, **ampliaciones**, **reforzamientos**, etc.

## ✓ Economía en los acabados

✓ Los **peraltes** de vigas, trabes y armaduras de los **marcos rígidos** son menores que en una estructura de concreto, logrando con esto un ahorro en **revestimiento de muros, fachadas y acabados** en general.

## ✓ Rapidez constructiva

✓ Mientras en el lugar de la obra se está construyendo la **cimentación**, al **mismo tiempo** en el taller se fabrica la estructura.

✓ Se minimiza la influencia de las **condiciones metereológicas** en la calidad de la construcción debido al trabajo de prefabricado hecho en planta bajo un **ambiente controlado**.

## ✓ Propiedades diversas

✓ **Facilidad de ensamble** a través de varios tipos de **conexiones**.

✓ Capacidad para **laminarse** en una gran cantidad de tamaños y formas.

# DESVENTAJAS

## Costo de la estructura

✓ Una estructura metálica requiere además del acero estructural **otros materiales o insumos** complementarios como soldadura, tornillería y pintura.

✓ En México la mano de obra es barata y el **material es caro**.

✓ La diferencia de costo entre las **diferentes calidades** de acero estructural son significativas.

## ✓ Costo de mantenimiento

✓ La mayor parte de los aceros son susceptibles a la **corrosión** por lo que deben pintarse periódicamente. Se requiere proteger la estructura durante el proceso de construcción.

## ✓ Costo de la protección contra fuego

✓ La protección de estructuras de acero contra fuego es **cara** y en ocasiones puede representar hasta un **5% del costo de la fabricación** de la estructura.

## ✓ Vibración

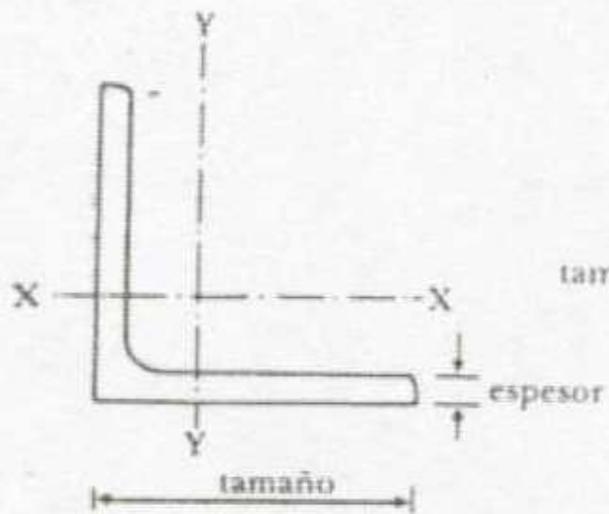
✓ Este aspecto es parte de un buen diseño sin embargo, además de satisfacer las condiciones de seguridad se necesita **cumplir** con requisitos de **servicio, funcionamiento y confort**.

# PERFILES DE ACERO USADOS EN LA CONSTRUCCION

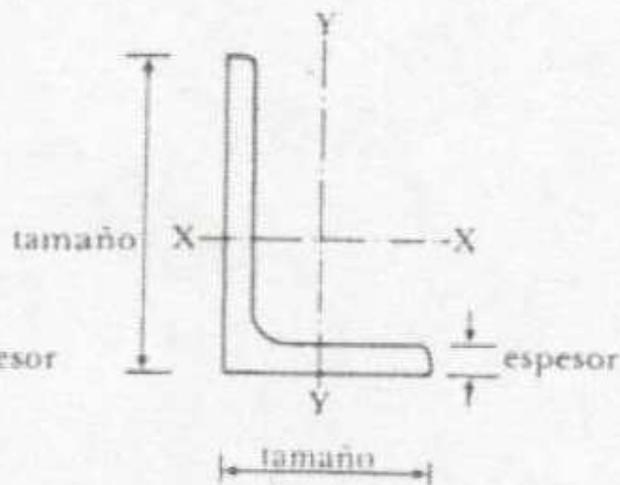
---

El acero estructural puede **laminarse** de manera **económica** en una gran variedad de **formas y tamaños** sin cambios apreciables en sus **propiedades físicas**.

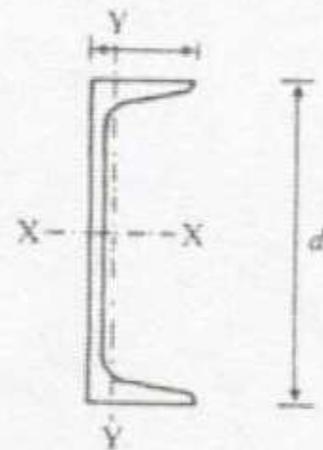
Los perfiles se denominan en forma abreviada para su uso en planos, especificaciones y diseños.



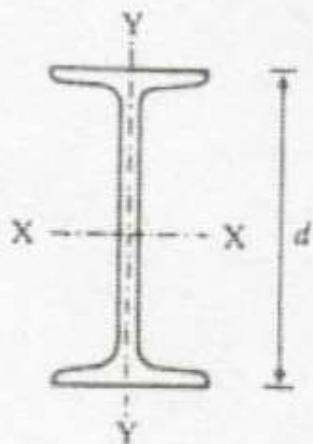
ÁNGULO DE LADOS IGUALES (LI)



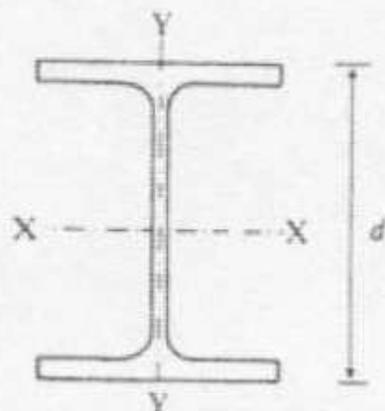
ÁNGULO DE LADOS DESIGUALES (LD)



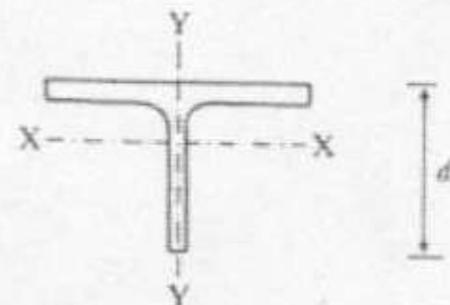
PERFIL C ESTÁNDAR (CE)



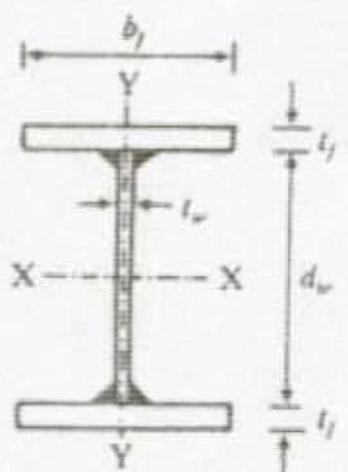
PERFIL I ESTÁNDAR (IE)



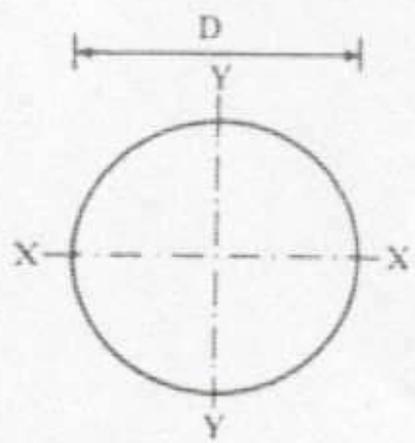
PERFIL I RECTANGULAR (IR)



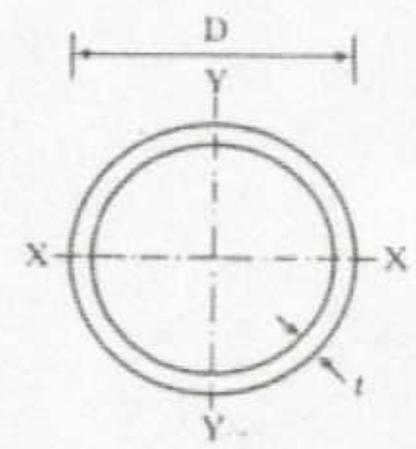
PERFIL T RECTANGULAR (TR)



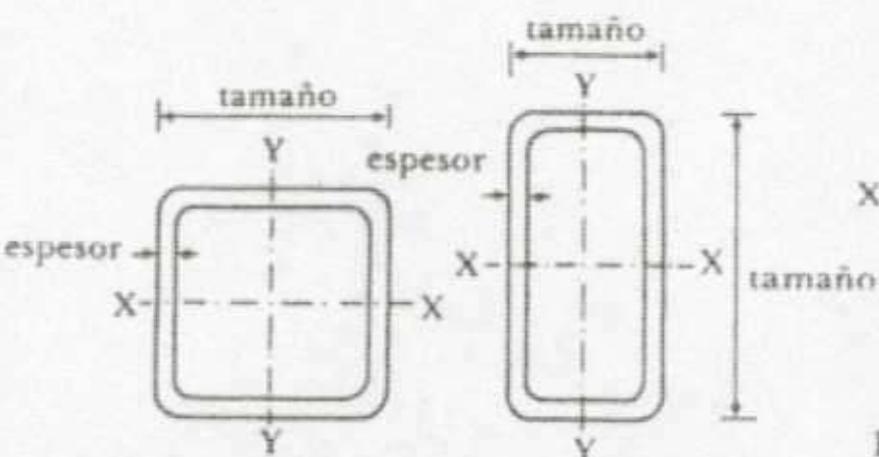
PERFIL I SOLDADO (IS)



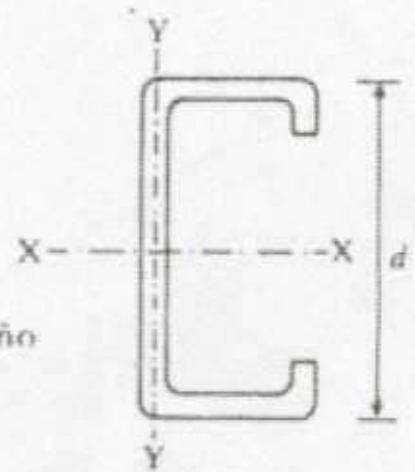
REDONDO SÓLIDO LISO (OS)



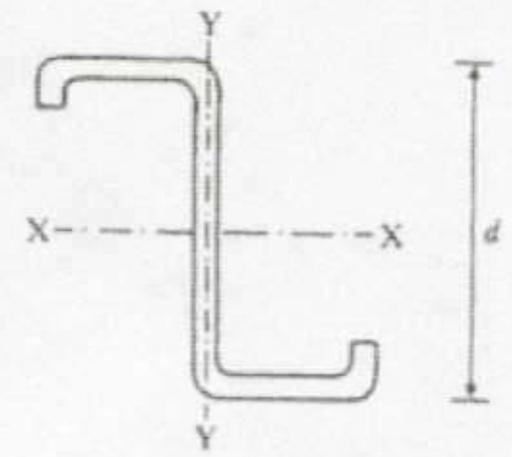
TUBO CIRCULAR (OC)



TUBO CUADRADO O RECTANGULAR (OR)



PERFIL C FORMADO EN FRÍO (CF)



PERFIL Z FORMADO EN FRÍO (ZF)

# ACERO ESTRUCTURAL

**ANGULOS  
GRADO A-36**

De Fierro

06



**SOLERA  
GRADO A-36**

De Fierro

07



**REDONDOS  
GRADO A-36**

De Fierro

08



**CUADRADOS  
GRADO A-36**

De Fierro

09

**PERFIL PTR (OR)**

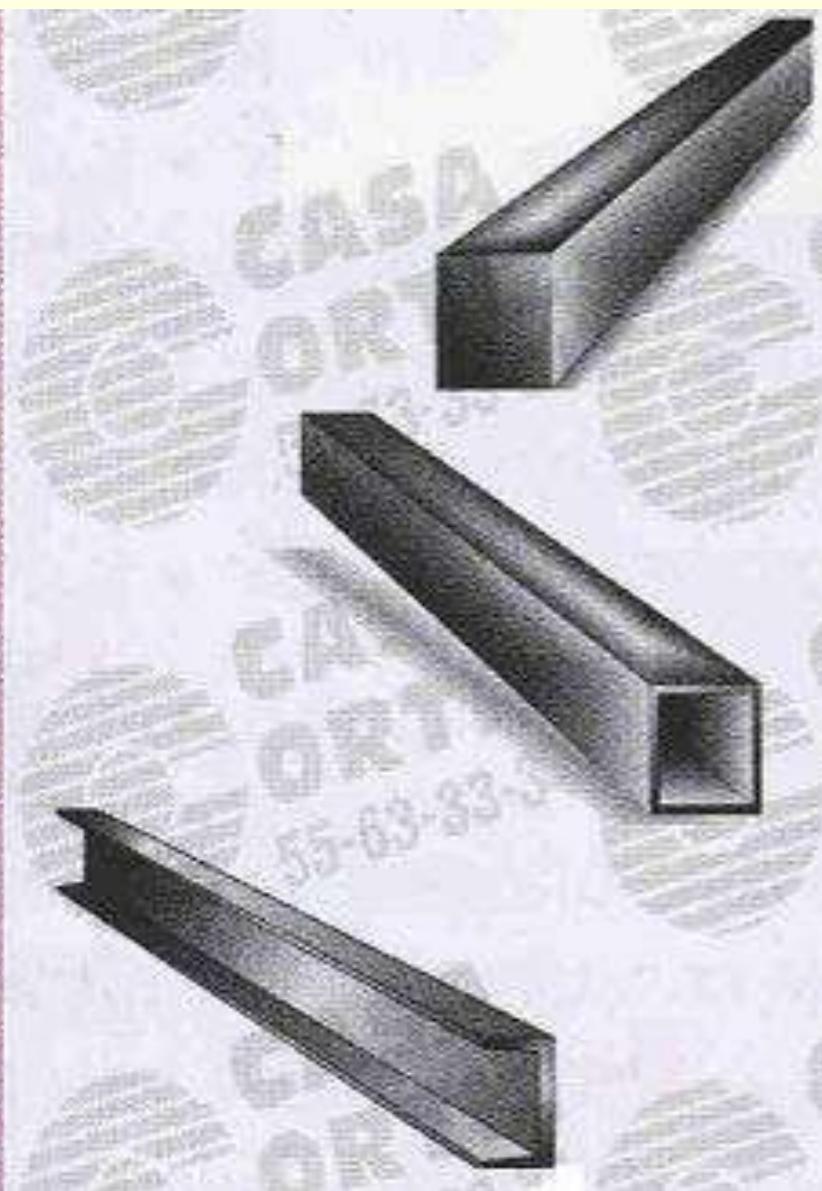
Estructural

10

**CANAL "U"**

CPS

11



## **POLIN ESTRUCTURAL**

Mon-Ten

12

## **PTR HSS**

Secciones Huecas

17

## **VIGA IPS**

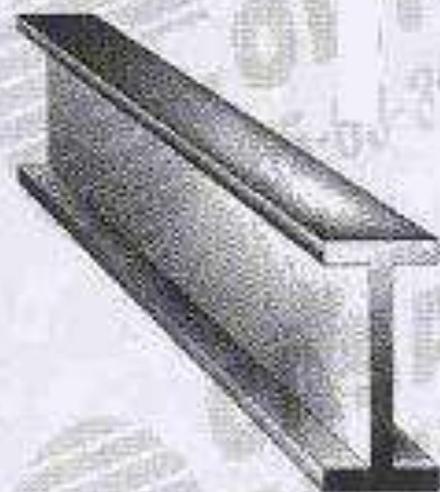
Tipo Americano

20



**VIGA IPR**

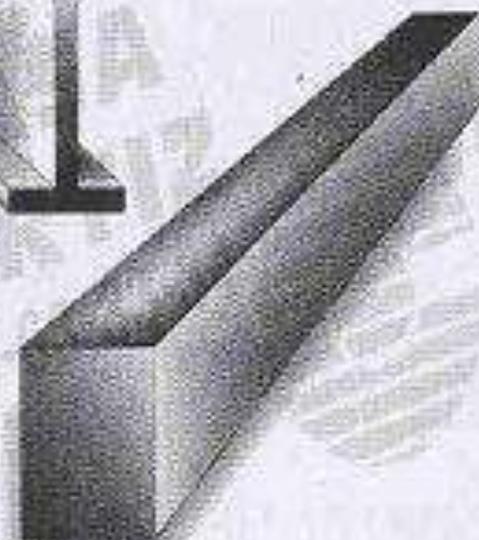
21



**CUADRADO**

Cold Roll 1018

22



**REDONDO**

Cold Roll 1018

23



## **SEMIFLECHA**

Redondo Pulido

24

## **ZETA Y TEE**

Estructural

25

## **VIGA ROLADA**

26

## **SOLERA ROLADA**

27

## **PTR ROLADO**

28

## **TEE ROLADA**

29



# EL PROCESO QUE SIGUEN LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA CONSTRUCCION

Un proyecto resuelto a través del empleo de estructuras metálicas tiene de manera general las siguientes etapas:

1. Proyecto estructural (Diseño estructural)
2. Ingeniería de proyecto
3. Abastecimiento de materiales
4. Fabricación
5. Embarque
6. Montaje
7. Supervisión

# ABASTECIMIENTO DE MATERIAL

Es una de las etapas cuyo **impacto** se ve reflejado en **tiempo y costo** durante la ejecución del proyecto, de ahí la importancia de la **comunicación** entre los diseñadores, fabricantes y constructores de estructuras de acero.

Los factores determinantes son:

Existencia del material seleccionado

Disponibilidad del mismo

Tiempos de entrega

Rutas de suministro

Medios de transporte

## Lista de avanzada de materiales

---

Son utilizadas para efectuar las **compras de materiales**

Se indican con el mayor detalle posible **cantidades, dimensiones y tipos de los materiales** que conformarán los diversos elementos de la estructura.

# FABRICACION

A realizar en **talleres especializados** que cuenten con instalaciones y equipos adecuados y una cuidadosa selección de personal.

---

## Características:

Procesos industrializados modernos

Control de calidad en cada operación

Estructuras absolutamente terminadas y prefabricadas

## Etapas:

### 1 Enderezado

- De preferencia en frío por medios mecánicos
- Aplicación de calor en zonas locales

### 2 Trazo

- Se indican sobre el material los cortes que constituyen la forma o contorno del mismo

### 3 Corte

- Mediante taladro, cizalla, sierra o soplete
  - Con equipos guiados mecánicamente
  - Con procesos automatizados (control numérico computarizado)

## 4 Habilitado

- Se refiere a la **preparación del material** antes de ser sometido al siguiente proceso, garantizando que esté libre de **impurezas**, que puedan disminuir la **eficiencia de la junta**.

## 5 Armado

- Es el proceso que junta entre sí los varios elementos de que se compone una pieza
- Requiere de habilidades y conocimientos por parte del armador:
  - Técnicas de armado
  - Sujeción temporal de elementos
  - Especificaciones de separación entre ellos
  - Alineamiento y soldadura, entre otras.

## 6 Soldadura

---

- Es el proceso que consiste en **unir** dos piezas de metal mediante la **aplicación de calor intenso, presión o ambas**, fundiendo los bordes del metal permanentemente.

## 7 Pintura

- El objetivo de la pintura de taller es proteger el acero durante un periodo de tiempo corto y puede servir como base para la pintura final.

# EMBARQUE

Es el proceso que consiste en **seleccionar** las piezas previamente designadas por el **orden marcado** en el programa de embarque, cargando con ellas los transportes que llevarán esta carga a la obra.

Características:

Seguimiento de una secuencia lógica para entrega de material

Conocimiento de las dimensiones y geometría de las piezas por enviar

Programación de los transportes necesarios

Conocimiento de las vías de comunicación entre la planta y la obra

Conocimiento de los horarios en que es posible entregar el material

Conocimiento de las restricciones viales para transportes de carga

Manejo cuidadoso y con dispositivos apropiados para la carga del material

# MONTAJE

Es la unión o **ensamble ordenado** en el sitio de la obra de los elementos estructurales prefabricados para formar una estructura completa.

Etapas:

## 1 Recopilación de información y antecedentes:

Datos del cliente

Contrato celebrado (alcances y sanciones)

Localización de la obra

Programa de obra

Tonelaje de la obra

Datos de la supervisión

Planos de montaje

# MONTAJE

---

## 2 Conocimiento y evaluación de la obra:

Identificación de accesos

Areas de desembarco de estructura

Areas de almacenamiento de estructura

Areas disponibles para zona de oficinas y almacén

Tomas de corriente eléctrica

Determinación de horarios de desembarco

Eliminación de obstrucciones para maniobras de montaje  
y desembarco

Orden y avance de los trabajos de cimentación





# Planeación del montaje

## 1 Reconocimiento topográfico del lugar

---

- Verificación del banco de nivel
- Verificación de distancia entre ejes
- Ratificación y en su caso rectificación la distribución de anclas y dados de cimentación

## 2 Selección del método de montaje

- Los métodos usados en el montaje de estructuras de acero varían según:
  - ↳ Tipo y tamaño de estructura
  - ↳ Condiciones del lugar
  - ↳ Disponibilidad del equipo
  - ↳ Preferencia del montador
  - ↳ Tiempo para la ejecución de la obra
  - ↳ Dificultades de montaje



### 3 Selección del equipo de montaje

- El equipo empleado para el montaje de una obra requiere del análisis de los siguientes puntos:
  - Método de montaje empleado
  - Versatilidad, maniobrabilidad, capacidad de carga
  - Velocidad de operación
  - Seguridad para la realización de maniobras de montaje
  - Economía

### 4 Elaboración del programa de embarque

- Parte medular para el proceso de construcción de cualquier estructura metálica
- Sentido común, la experiencia del montador y la visualización de los posibles problemas para su montaje.
- Elaboración de una lista que involucra el orden y los tiempos en que deben de ser recibidas las piezas en campo.
- Montar con agilidad y seguridad, de manera que se pueda garantizar la ejecución ordenada e integral de la obra, entregando áreas terminadas.



## 5 Recepción y almacenamiento de estructura

- Debe de contar con un método que le permita registrar y organizar el material recibido.
- Debe de permitirle observar la desviación del programa original, así como la identificación de defectos en los elementos recibidos.
- Debe hacerse adecuadamente para evitar obstruir vías de tránsito y acceso, así como dobles maniobras.
- Debe hacerse con cuidado y limpieza

## 6 Verificación del programa de avance de obra

- Este es un método de control que nos permite identificar el cumplimiento de las expectativas planteadas o su desviación, para la toma oportuna de acciones preventivas o correctivas.



# SUPERVISION

Es un proceso cuya finalidad es mantener el **control de calidad, la seguridad** y el **correcto desarrollo** de los trabajos para la ejecución de la obra.

Características:

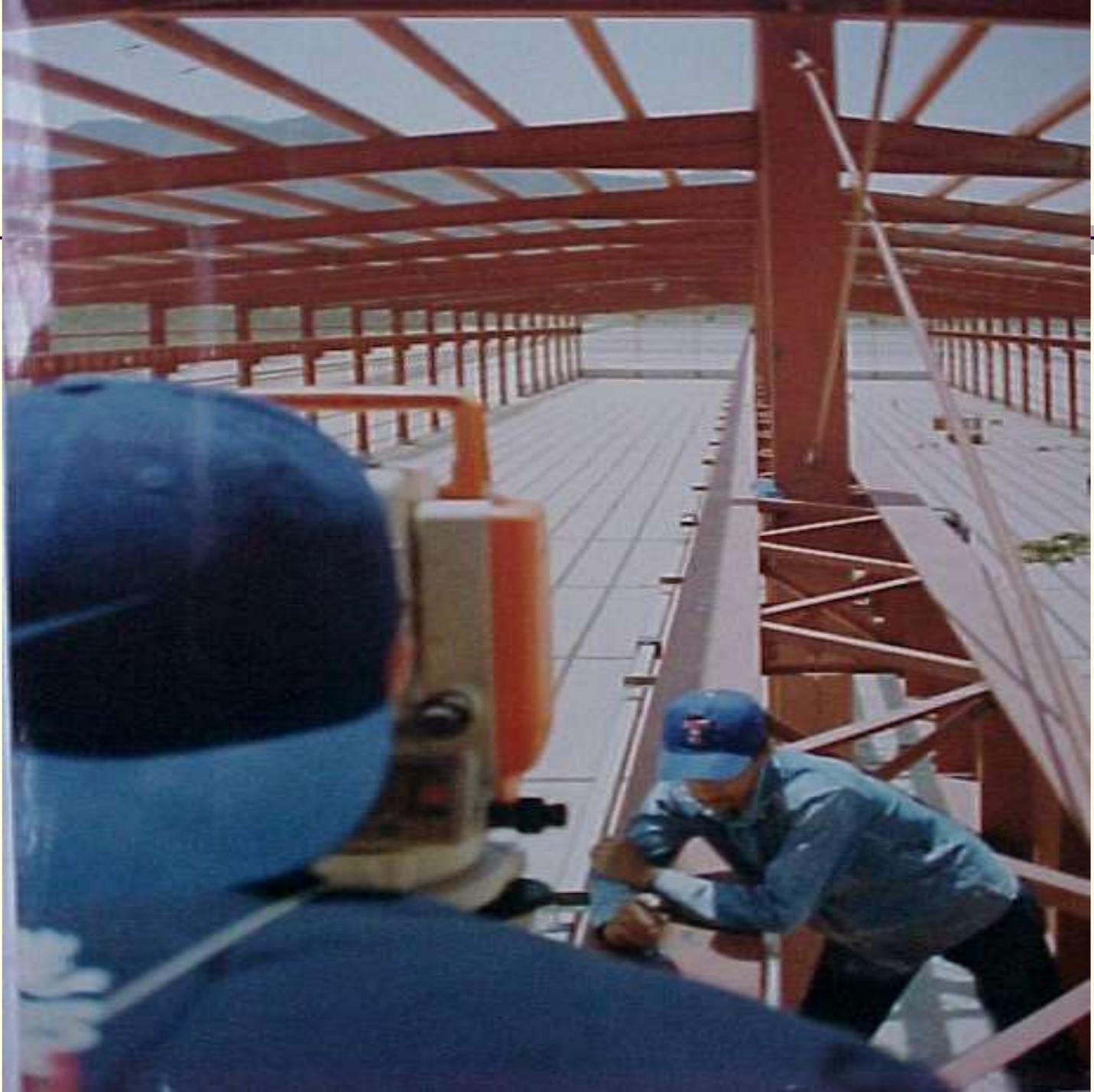
Debe ser oportuna, ordenada, controlada y programada

Requiere especial vigilancia en la geometría de la estructura

Requiere del estricto cumplimiento de las normas que rigen cada proceso

Se debe tener plena consciencia de la participación humana como constante de dicho proceso

Es de vital importancia contar con un laboratorio externo además de la división interna dedicada a esta función



## Conexiones

El diseño y la fabricación de las conexiones tiene por objeto la **transmisión de cargas, fuerzas y momentos** de manera eficiente y segura.

---

### Soldadas

- Sencillas y económicas
- Requieren menos trabajo en taller
- ⌚ Mayor supervisión en obra
- ⌚ Mano de obra calificada
- ⌚ Dificultad en la inspección visual
- ⌚ Aplicación de calor durante el proceso

### Atornilladas

- Proceso en frío
- Rápida instalación
- Menor mano de obra especializada
- Facilidad en la inspección visual
- Reposición de piezas dañadas
- ⌚ Requiere de precisión en la fabricación de las conexiones
- ⌚ Manejo de piezas pequeñas
- ⌚ Vigilancia y organización en almacén tanto de obra como de planta



