



**UNIVERSIDAD POPULAR AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**RECOPIACIÓN DE APUNTES DE LA
MATERIA MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN
DE ESTRUCTURAS DE ACERO.**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

ESPECIALIDAD EN CONSTRUCCIÓN

P R E S E N T A

ARQ. OMAR MENDOZA CARRANZA

PUEBLA DE LOS ÁNGELES

NOVIEMBRE DE 1998



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, 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 de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Puebla de los Ángeles, Noviembre 1998.

M.I. Victor Manuel Antonio Izarrás

Coordinador de la Especialidad en Construcción

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

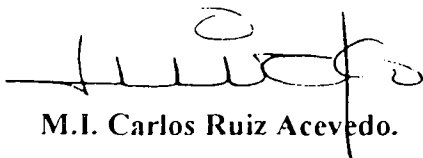
P R E S E N T E

Con referencia al trabajo de investigación denominado **“Recopilación de apuntes de la materia Montaje y construcción de estructuras de acero”** que desarrollo el alumno **ARQ. OMAR MENDOZA CARRANZA**, a efecto de cumplir con los requisitos académicos de la especialidad en construcción, me permito hacer de su conocimiento que toda vez que el mismo ha cubierto ampliamente las expectativas fijadas a su inicio, no tengo ningún inconveniente en certificar su conclusión satisfactoria.

Lo anterior a efecto de continuar con el trámite correspondiente. si no existe inconveniente por su parte

Le reitero mi agradecimiento, quedando a sus ordenes

A t e n t a m e n t e .



M.I. Carlos Ruiz Acevedo.

Indice.	Página
Introducción.	1
1. ACERO.	2
1.1 Características generales del acero	2
1.2 Normas ASTM y NOM para acero estructural y de calidad comercial.	5
1.2.1 Normas ASTM Designación A 36 / A 36 M	5
1.2.2 Documentos aplicables	6
1.2.3 Norma ASTM A-569. Acero de calidad comercial.	8
1.2.4 Documentos aplicables.	9
1.2.5 Norma NOM para acero estructural.	9
1.3. Tipos de acero (Dimensiones y perfiles)	11
2. CRITERIOS DE ANALISIS Y DISEÑO.	12
2.1 Criterios de análisis	12
2.2 Reglamento de Construcción para el municipio de Puebla	16
2.2.1 Requisitos de seguridad y servicio para las estructuras	16
2.2.2 Estados límite	17
3. CUANTIFICACION DE ACERO	20
3.1 Costos directos	21
3.2 Costos indirectos	22
3.3 Cuantificación de materiales	24
3.3.1 Ejemplo de tablas para Cuantificación de acero e insumos	25

4. CONEXIONES.	28
4.1 Tipos de conexiones.	29
4.2 Soldadura.	33
4.2.1 Proceso de soldadura manual (SMAW)	33
4.2.2 Desventajas	34
4.2.3 Variables del proceso	35
4.2.4 Aplicaciones.	35
4.2.5 Norma de clasificación AWS	36
4.2.6 Proceso de soldadura GMAW.	37
4.2.7 Principales características de operación.	37
4.2.8 Ventajas y desventajas del proceso GMAW.	38
4.2.9 Posiciones para soldar	39
4.2.10 Tipos de conexiones	40
4.3. Tornillos	41
4.3.1 Controles de fabricación.	42
4.3.2 Materia prima	42
4.3.3 Manufactura del proceso	43
4.3.4 Ensayos mecánicos.	43
4.3.5 Recubrimientos de protección.	45
4.3.6 Torque o par de apriete	48
4.3.7 Tornillos de calidad estructural	49

5. TALLER DE FABRICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS	50
5.1 Definición y tipos	50
5.2. Control de calidad	51
5.3. Proceso de producción	52
5.4. Diagramas de Proceso de Producción	54
5.5. Diagrama de Funcionamiento de un Taller	55
6. PINTURA.	56
6.1. Definición.	56
6.2. Limpieza de piezas metálicas	59
6.2.1 Preparación de la superficie.	59
6.3. Tipos de pintura	60
6.4. Especificaciones de pinturas	63
6.5. Aplicación de la pintura	63
6.6. Pruebas para pintura	65
7. PROCESO DE MONTAJE	67
7.1. Visita al lugar de la obra	68
7.2. Instrucciones para el campo	68
7.3. Selección del método de montaje	69
7.3.1. Montaje con grúa	69
7.4. Obra Civil	70
7.5. Seguridad	71
7.5.1. Supervisión	71

7.6. Transporte.	72
7.6.1. Esfuerzos provocados durante el transporte	72
7.6.2. Descarga.	72
7.7. Montaje	73
7.7.1. Planos de montaje	73
7.7.2. Secuencia de operación	74
7.7.3. Plomeo	75
7.8. Arriostramientos.	75
7.8.1. Función.	76
7.9. Conexiones	77
7.9.1. Conexiones atornilladas	77
7.9.2. Apriete	77
7.10. Techumbres	78
7.10.1. Proceso de colocación	79
7.11. Bajadas de aguas.	79
8. PUENTES.	80
8.1. Técnicas constructivas.	83
8.2. Puentes con viguetas o vigas simplemente apoyadas	84
8.3. Puentes con vigas continuas	85
8.4. Puentes con articulación	85
8.5. Vigas presforzadas	85
8.6. Armaduras.	86

Abreviaturas.

Referencias.

INTRODUCCION.

El presente trabajo es una recopilación de información basado en el programa de estudios de la materia Montaje y Construcción de Estructuras de Acero de la Especialidad en Construcción de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Apoyado con material didáctico (vídeo y fotografías) el cual se obtuvo mediante la presencia en una obra de montaje de estructuras de acero, permitiendo la compilación de experiencias para el mayor enriquecimiento de este trabajo, el cual pretende facilitar el estudio de lo que es un montaje y lo que esto implica.

1. ACERO

1.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL ACERO.

Se necesita las características elásticas, inelásticas, de fractura y fatiga de un metal a fin de evaluar si es adecuado para fabricar un miembro estructural de una estructura particular. La *Elasticidad* es la capacidad de un metal para recobrar su forma original después de ser cargado y descargado. La *Fatiga* de un metal se presenta cuando se le aplica un esfuerzo en forma repetida por encima de su límite de tenacidad a través de muchos ciclos de carga y descarga. La *Ductilidad* es la capacidad de deformarse sin fractura en el rango inelástico, esto es, más allá del límite elástico. En el acero, cuando se carga en un estado de esfuerzos de tensión simple, se presenta un punto de *fluencia* muy definido en un esfuerzo ligeramente mayor que el del límite elástico. Cuando se carga más allá del punto de fluencia, la ductilidad del acero estructural le

permite experimentar alargamientos inelásticos grandes. Por último, se alcanza la resistencia última de ruptura y el espécimen se fractura. La carga de tensión en la fractura, dividida entre el área original del espécimen sin carga, se denomina *Resistencia última de tensión*.

Las propiedades mecánicas del acero estructural que describen su resistencia, ductilidad y otras cualidades se dan en términos del comportamiento en una prueba de tensión simple.



Fig. 1.1. Gráfica Esfuerzo-deformación de una prueba de tensión de acero estructural.

Se denomina E al módulo de elasticidad, que es la pendiente de la curva de esfuerzo deformación y se toma como $2,039,000 \text{ kg/cm}^2$ en los aceros estructurales. El punto de fluencia F , es la propiedad más importante que diferencia los aceros estructurales.

La Fluencia se presenta en regiones muy localizadas que se endurecen por deformación, esto es, se hacen más resistentes y con ello obligan que la fluencia se presente en un nuevo lugar.



El diseñador utilizará con más frecuencia un perfil de acero estándar como miembro estructural. Estos se laminan en caliente con lingotes y sus dimensiones estándar para detallar así como sus propiedades de diseño se encuentran tabuladas en el AISCM.

Por supuesto, cuando los requerimientos de las secciones de vigas o columnas exceden a los disponibles en los perfiles laminados estándar, esas secciones se hacen a la medida, por así decirlo, soldando placas para formar vigas o columnas de secciones más pesadas

Además de los perfiles laminados en caliente, se dispone de tamaños estándar de placas, barras, tuberías y tubos laminados en caliente, ya sea cuadrados, rectangulares o de sección transversal circular.

Además de la gran variedad de secciones laminadas disponibles, existe una amplia diversidad de perfiles formados en frío tanto estándar como especiales



1.2. NORMAS ASTM y NOM PARA ACERO

1.2.1 Normas ASTM Designación A 36 / A 36 M.

Especificación estandar para acero estructural.

Estos estándares son usados bajo la designación fija A 36 / A 36M. El número inmediatamente después de la designación indica el año de la adopción original, o en el caso de revisión el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reaprobación; una épsilon suscrita indica un cambio editorial desde la última revisión o reaprobación.

AMBITO:

1. Esta especificación cubre acero al carbono en forma de placas y barras de calidad estructural para uso remachado con tornillos, o soldadura y para cualquier estructura
2. Los Requerimientos suplementarios son necesarios siempre que mejore la dureza del corte.
3. Cuando el acero sea soldado esto presupone que se llevó un proceso para convenir la soldadura de acuerdo al grado de acero o para lo que sea usado.
4. Los valores indicados en el sistema Pulgada-Libra o sistema métrico son considerados por separado y en forma estandar. Dentro de las normas las unidades del sistema métrico se muestran entre paréntesis. Los valores indicados en cada sistema no son equivalentes ya que cada sistema puede ser usado independientemente del otro.



Valores combinados de los dos sistemas pueden resultar en desacuerdo con las especificaciones.

1.2.2. Documentos aplicables:

Normas ASTM

- A6 / A6M. Especificaciones generales requeridas para placas de acero roladas, perfiles y barras para uso estructural.
- A 27. Especificaciones para acero colado al carbono, para aplicación general
- A 283 / A 283 M. Especificación para baja e intermedia resistencia a la tensión de placas de acero al carbono perfiles y barras.
- A 307. Especificación de acero al carbono para sostenedores expuestos a la intemperie.
- A 325. Especificación para tornillos de alta resistencia para conexiones de acero estructural.
- A 500. Especificación para acero al carbono estructural en tubo y en perfiles forjado, soldado en frío sin uniones
- A 501. Especificación para acero al carbono estructural en tubo y perfiles forjado en caliente sin uniones.
- A 502. Especificación para remaches de acero estructural.



-
- A 563. Especificación para tuercas de acero aleado al carbono
 - A 570. Norma para acero al carbono rolado en caliente de calidad estructural
 - A 668. Especificación para acero forjado, aleado al carbono para uso general en la industria.



**1.2.3. Acero al carbono con (0.15% máximo de porcentaje)
calidad comercial .
norma ASTM A-569.**

Estos estándares son usados bajo la designación ASTM A-569; el número inmediatamente después de la designación indica el año de adopción original, o en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última re aprobación una épsilon suscrita indica un cambio editorial desde la última revisión o readaptación.

AMBITO:

1. Esta especificación cubre acero al carbón rolado en caliente hojas y placas de calidad comercial en rollo y en cortes largos teniendo un máximo de carbón de 0.15%, este material se utiliza donde se requiere un doblado moderado o trazos y soldadura complicadas.
2. La especificación A635 o A635M no es aplicable ni cubre las características de este tipo de acero.
3. Los valores indicados en el sistema Pulgada-Libra o sistema métrico deben ser considerados por separado y en forma standard. Los valores indicados en cada sistema no son equivalentes por tanto cada valor debe ser utilizado independientemente del otro sin hacer de ningún modo combinaciones entre estos.



1.2.4. Documentos aplicables:

Normas ASTM.

- A 370. Métodos y definiciones para pruebas en productos de acero
- A 568 Especificaciones para acero, carbón y alta resistencia baja aleación, rolado en caliente y rolado en frío, requerimientos generales
- A 749. Especificación para aceros, flejes, carbono y alta resistencia, baja aleación, rolado en caliente, requerimientos generales.
- A 749M. Especificación para acero, flejes, carbono y alta resistencia, baja aleación, rolado en caliente, requerimientos generales.

1.2.5. Especificación estándar para acero estructural Norma (NOM. Norma Oficial Mexicana) .

- Acero estructural con límite de fluencia mínimo de 29,5 Kg/mm² y con un espesor máximo de 12.7 mm, NOM - B - 99 - 1971 (ASTM A529)
 - Tubos de acero, con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente, NOM-B-177-1983 (ASTM A53)
 - Tubos de acero al carbono para uso estructural, formados en frío, con o sin costura de sección circular o de otras formas, NOM-B-199-1984 (ASTM A500)
 - Tubos con o sin costura, de acero al carbón, formados en caliente, para usos estructurales, NOM-B-200-1985 (ASTM A501) .
 - Acero estructural, NOM-B-254-1974 (ASTM A36)
 - Lámina de acero de baja aleación y alta resistencia, laminada en caliente y laminada en frío, resistente a la corrosión, NOM-B-277-1981 (ASTM A606)
 - Acero estructural de baja aleación y alta resistencia, NOM-B-282-197 (ASTM A242).



- Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganesovanadio, NOM-B-284-1973 (ASTM A441)
- Lámina de acero al carbono laminada en caliente, para uso estructural, NOM-B-347-1981 (ASTM A570).



1.3. TIPOS DE ACERO (DIMENSIONES Y PERFILES)

El IMCA (INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCIÓN EN ACERO) consideró conveniente designar los perfiles de acero con sólo dos letras, una ideográfica y la otra abreviatura de su descripción, en vez de las tres o más siglas tradicionales. A continuación se indican las equivalencias:

LI es APS de lados iguales

LD es APS de lados desiguales

CE es CPS

IE es IPS

IR es IPR

TR es TPR

IS es IPC

OR es PTR o PER

CF es CPL2

ZF es ZPL2

Para mayor información sobre tablas de dimensiones, propiedades de perfiles existentes en el mercado, consultar el **ANEXO A.** referente a acero.



2. CRITERIOS DE ANALISIS Y DISEÑO

2.1. CRITERIOS DE ANALISIS

Para tratar adecuadamente el problema de la seguridad es necesario plantear el diseño en términos que permitan identificar claramente contra que se pretende tener seguridad, dónde se deben aplicar factores de seguridad y qué efectos pretenden cubrir. El planteamiento de estados límites es el indicado en este contexto, ya que permite comparar la resistencia para cada estado límite contra la acción correspondiente. La forma más lógica de operar sería a través de un solo factor de seguridad que relacionara la mejor estimación de la resistencia, representada por la media o valor esperado de ésta m_R con la mejor estimación que puede hacerse de la acción m_S ; habría que diseñar para que esta relación representara el factor de seguridad óptimo en el sentido expresado anteriormente.

$$FS = \frac{m_R}{m_S} \quad (2.1)$$

Esta forma de proceder presenta diversos inconvenientes prácticos. El más importante es que en cada caso particular la magnitud de las incertidumbres que existen en las diversas variables y aspectos del diseño es muy diversa y que el factor de seguridad debería tomar muy distintos valores según las condiciones particulares. El reglamento debería prever gran número de alternativas y permitir al proyectista determinar el factor de seguridad con base en estimaciones subjetivas de la importancia de algunos factores y de la magnitud de las incertidumbres.

Para mayor sencillez de presentación y para definir en forma más rígida los factores de seguridad, en los reglamentos se prefiere tomar en cuenta las incertidumbres en las variables donde éstas aparecen, por medio de factores de seguridad parciales, en lugar de acumularlos hasta determinar un solo factor de seguridad final. Esta segunda forma de proceder da lugar a la falta de uniformidad en los niveles de seguridad, ya que la acumulación de factores parciales no conduce con precisión al factor de seguridad global que se pretende obtener.

Así la incertidumbre en la resistencia se considera tomando valores conservadores de las variables que determinan el valor de ésta, principalmente de los esfuerzos resistentes de los materiales y de los coeficientes que intervienen en la expresiones de cálculo, cuando éstas son empíricas en la forma que se describió anteriormente.

Por otra parte, la incertidumbre en la acción se toma en cuenta especificando valores conservadores para las distintas cargas y aplicando a las fuerzas determinadas para dichas acciones, factores de carga que dependen de la probabilidad de que se exceda el valor conjunto de las distintas acciones que intervienen en la combinación en estudio.

Los reglamentos pueden resolver de diversas maneras el problema de la revisión de la seguridad. El planteamiento de estados límite antes presentado conduce en forma directa a lo que se llama criterio de diseño por resistencia en el cual, en términos generales, la revisión consiste en comprobar que se cumpla la desigualdad siguiente



$$F_R R_d > \Sigma F_c S_d \quad (2.2)$$

Osea, que la resistencia R_d calculada con valores nominales de los esfuerzos resistentes de los materiales y con expresiones que son generalmente conservadores, se multiplica por un factor de reducción de resistencia F_R que pretende tomar en cuenta algunos factores adicionales como el modo de falla involucrado en el estado límite en cuestión. (y si dúctil y frágil) En el otro lado de la desigualdad los efectos de las acciones de diseño, o sea, las fuerzas internas S_d , obtenidas del análisis de la estructura ante cada una de las acciones de diseño se multiplican cada una, por factores que toman en cuenta la probabilidad de que se exceda el efecto del conjunto de acciones que interviene en la combinación de cargas que se está considerando. De esta manera se tiene un juego de factores de seguridad que dan lugar a niveles de seguridad razonablemente uniformes.

Un planteamiento más burdo del problema de revisión es posible cuando se puede expresar la resistencia como una función lineal de cierto esfuerzo resistente al material.

$$R_d = K f_d \quad (2.3)$$

en que K es un coeficiente que depende en general de diversas propiedades geométricas de la sección. Si además los efectos de las acciones se expresan en términos de un esfuerzo actuante en la sección, al dividir la fuerza interna actuante en la sección, entre el mismo factor K

$$f_a = \frac{S_d}{K} \quad (2.4)$$

y si se considera un solo factor de carga F_c igual para todas las acciones, se puede establecer una desigualdad análoga a la ecuación 2.2 pero expresada en términos de esfuerzo



$$F_R \frac{R_d}{K} > F_c \Sigma \frac{S_d}{K} \quad (2.5)$$

de donde:

el término $F_d = \frac{F_R}{F_c}$ se denomina esfuerzo admisible permisible y en él se han concentrado todos los factores parciales de seguridad.

$$f_p = \frac{F_R}{F_c} f_d \quad (2.6)$$

De esa manera se obtiene un criterio diferente de revisión de la seguridad que consiste en la comparación de un esfuerzo actuante con uno permisible:

$$f_p > f_a \quad (2.7)$$

Este criterio de diseño es el que se ha usado tradicionalmente para la mayoría de los materiales, ligado a la suposición de que éstos tienen un comportamiento elástico lineal, de modo que los esfuerzos actuantes se determinaban con una teoría elástica y los permisibles se fijaban de manera que el comportamiento del material fuera claramente lineal para esfuerzos menores que ellos. En los reglamentos actuales sin embargo este criterio no está necesariamente ligado a una teoría elástica y es una simple transformación de un criterio de resistencia a una presentación diferente.



2.2. REGLAMENTO DE CONSTRUCCION PARA EL MUNICIPIO DE PUEBLA

2.2.1. TITULO QUINTO DISEÑO ESTRUCTURAL REQUISITOS DE SEGURIDAD Y SERVICIOS PARA LAS ESTRUCTURAS. CAPITULO I

GENERALIDADES :

ARTICULO 264.- Alcance.- Las normas señaladas en este Titulo, relativas a los requisitos y servicios que deben cumplir las estructuras, se aplicarán a las construcciones, modificaciones, ampliaciones, reparaciones o demoliciones de las obras a que se refiere este reglamento.

ARTICULO 265.-Procedimientos para la comprobación de la seguridad.- La estructura deberá revisarse para que cumpla con los fines para los que fue proyectada, asegurando que no se presente ningún estado de comportamiento que lo impida.

Para dicha revisión deberá emplearse el procedimiento que se describe en el Capítulo IV de este Titulo y además deberá verificarse que, bajo efecto de las sanciones nominales no se rebase ningún estado limite de servicio.

ARTICULO 266.- Procedimientos alternativos de Diseño.- Se aceptarán procedimientos alternativos de diseño para la verificación de la seguridad si se demuestra que proporcionan niveles de seguridad equivalentes a los que obtendrían aplicando el criterio establecido en el artículo 265 de este reglamento, siempre y cuando sean previamente aprobados por la Dirección General de Desarrollo Urbano y Ecología con la consideración de la Comisión de Asesoría y admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables.



2.2.2. Estado límite

CAPITULO II

ARTICULO 267.- Definición.- Para los efectos de este reglamento se entenderá por el estado límite aquella etapa de comportamiento a partir de la cual una estructura, o parte de ella, deja de cumplir con alguna función para la que fue proyectada.

ARTICULO 268.- Clasificación.- Se consideran dos categorías de estado límite, los de falla y los de servicio, los primeros a su vez subdividirán en estados de falla frágil y de falla dúctil. Los Estados límites de falla corresponderán al agotamiento definitivo de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus miembros ó al hecho de que la estructura o de cualquiera de sus miembros, sin agotar su capacidad de carga, sufra daños irreversibles que afecten a su resistencia ante nuevas aplicaciones de la carga.

Se considerará que los estados límite corresponden a fallas dúctil cuando la capacidad de carga de la sección, elemento o estructura en cuestión, se mantenga para deformaciones apreciablemente mayores que las existentes al alcanzarse el estado límite.

Se considerarán de falla frágil cuando la capacidad de carga de la sección y elemento o estructura en cuestión se reduzca bruscamente al alcanzarse el estado límite.

Los estados límite de servicio tendrán lugar cuando la estructura llegue a estados de deformaciones, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten su correcto funcionamiento, pero no su capacidad de soportar cargas.

ARTICULO 269.- Estado límite de servicio Deberá revisarse que bajo el efecto de las combinaciones de acciones clasificadas en la categoría I del artículo 277 de este reglamento, la respuesta de la estructura no exceda alguno de los límites fijados a continuación.



I.-Deformaciones.- se considerará como estado límite cualquier deformación de la estructura que ocasione daños inaceptables a la propia construcción o a sus vecinas, o que cause interferencia con el funcionamiento de equipos e instalaciones o con el adecuado drenaje de superficies y cualquier daño o interferencia a instalaciones de servicio público.

Adicionalmente se considerarán los siguientes límites :

Una flecha vertical, incluyendo los efectos a largo plazo igual a 0.5 centímetros, más el claro entre 240. Además para miembros cuya deformaciones afecten elementos no estructurales, como muros de mampostería, que no sean capaces de soportar deformaciones apreciables, se considerará como estado límite una deflexión, medida después de la colocación de los elementos no estructurales, igual a 0.3 centímetros más entre 480

Una deflexión horizontal entre dos niveles sucesivos de una estructura igual a 1/250 de la altura del entrepiso, o para estructuras que no tengan ligados elementos no estructurales que puedan dañarse con pequeñas deformaciones, o igual a 1/500 de la altura del entrepiso para otros casos.

II.-Vibraciones.- Se considerará como estado límite, cualquier vibración que afecte el funcionamiento de la construcción o que produzca molestias o sensación de inseguridad a los ocupantes.

III.-Otros Daños.- Se considerará como estado límite de servicio la ocurrencia de grietas, desprendimientos, astillamientos, aplastamientos, torceduras y otros daños locales que afecten el funcionamiento de la construcción.

Las magnitudes de los distintos daños deberán considerarse como estados límite, serán definidas a los distintos materiales, o en su defecto, serán fijadas por la dirección general de desarrollo urbano y ecología.



Cuando consideren los efectos de sismo deberán revisarse que no excedan los límites fijados en el artículo 302 de este reglamento.

Para el diseño de cimentaciones y excavaciones, se cumplirá con los requisitos de los artículos 337 y 342 de este ordenamiento, relativo a los estados límites de servicio.



3. CUANTIFICACION DE ACERO

El costo de una edificación de fierro estructural tiene dos características básicas: el costo alzado y el costo unitario, o sea: valor total de la edificación y valor por tonelada o kilogramo de estructura, respectivamente.

En ambos casos es necesario analizar el precio promedio de los materiales y soldadura que intervendrán en el diseño; así como el grado de dificultad de la mano de obra, de fabricación, de montaje etc. En México existen algunos inconvenientes que obligan a que sea mayor el costo de la estructura, motivado por restricciones en la disponibilidad de materiales adecuados y suficientes. Esto sucede con frecuencia, una vez concluido un diseño y determinadas las secciones, los espesores, los electrodos a emplearse, etc; el fabricante se topa con el problema de la escasez en el mercado de los materiales necesarios, viéndose en ocasiones obligado a substituir un material por otro que casi siempre resulta más costoso, por ser más pesado del mercado originalmente en el plano de diseño, ya que generalmente los espesores y peralte que se encuentran en el mercado, no son los requeridos, sino que resultan sobrados.

También debe tomarse en cuenta, al elaborar un presupuesto, la verificación de existencias en almacén propio, aun cuando a veces no exista en el mercado un determinado

material, la fábrica de estructuras puede tenerlo y así no habrá necesidad de incrementar el costo.

3.1. COSTOS DIRECTOS.

Para obtener el importe de una estructura, al igual que en cualquier otro tipo de industria, se distinguen dos tipos definidos de costo: COSTO DIRECTO y COSTO INDIRECTO.

El COSTO DIRECTO: Es aquel proveniente de los gastos ejecutados en virtud de la fabricación directa de la estructura. Interviene también aquellos renglones o partidas de trabajo que aun cuando no son precisamente de producción directa en el taller, si significan una erogación con cargo específico directo, como puede ser el consumo de determinados materiales, de soldadura y algunos de los gastos de oficina como cuando se contrata a un dibujante o a un calculista, o sea el personal que se dedicará exclusivamente al trabajo de la obra en cuestión.

Los costos directos comprenden:

1. Materias primas, materiales, accesorios
2. Costo de mano de obra
3. Costo de cálculo
4. Costo de detalle
5. Fletes, seguros y riesgo de la estructura hasta ser entregada en el lugar del montaje.
6. Energía eléctrica o combustible y lubricantes de las máquinas para la soldadura en campo
7. Montaje y mano de obra auxiliar del taller. Supervisión técnica.



3.2. COSTOS INDIRECTOS.

Los COSTOS INDIRECTOS se refieren a aquellas erogaciones que no pueden tener un cargo directo a la obra en cuestión, o sea a todos aquellos que abarcan varios trabajos y que son propiamente gastos administrativos o gastos generales que en todo caso, posteriormente, el contador se encargará de prorratear a cada uno de los contratos y obtener así, finalmente un costo total.

Los costos indirectos comprenden

1. Gastos del personal directo y ejecutivo.
2. Gastos del personal técnico (no controlable por obra, administrativo y de operación).
3. Renta de locales, en su caso, costo de intereses por inversión en la propiedad de terrenos y edificaciones, su conservación y mantenimiento.
4. Energía eléctrica y fuerza motriz.
5. Mantenimiento y conservación de herramientas, maquinaria y equipo, hasta su valor primitivo como materia prima o su amortización.
6. Impuestos fiscales de toda especie
7. Previsión y Seguro Social.

Para el establecimiento o la determinación de los costos directos debe recurrirse, al método de estadística directa, o sea a la obtención de datos de los consumos y de las erogaciones ejecutadas directamente con motivo de un trabajo en particular. Para los indirectos se recurre a las pólizas de egresos, de las cuales se obtienen los cargos a los distintos conceptos de gastos generales, que posteriormente serán prorrateados.

Definiremos para el caso específico como costos directos, aquellos que para los efectos contables tengan un asiento en el diario de caja, amparado por pólizas en las que se especifiquen gastos acumulativos destinados a cubrir la compra de materiales, de materias



primas, de materiales auxiliares, etc. que mediante operaciones mecánicas pasen a formar parte de un conjunto elaborado y además como renglón muy importante la mano de obra, cualquiera que sea su forma contractual (a precio alzado, a destajo o por lista de raya).

Se denomina como materias primas a todos aquellos perfiles de indole estructural comercial surtidos por los proveedores.

Llámense materiales auxiliares a los remaches, tornillos, tuercas, electrodos, etc.

La mano de obra comprende la retribución económica a los trabajadores, incluyendo todas las obligaciones que la ley federal del trabajo impone a las empresas, y cualquiera otra ley, cuyos efectos se traduzcan en erogaciones de la empresa, tanto para servicio como para protección o utilidad y prevención individual o colectiva, y que el importe de todas estas retribuciones pueda calcularse como una erogación proporcional al salario tabulado o al destajo estipulado.

El costo de las materias primas y los materiales auxiliares no puede fijarse de antemano con precisión, pues sus costos están fuera del control del estudio de costos, por tratarse de factores que determinan su importe en el momento de efectuarse el estudio. En esos casos se recurre a la estadística y se determina un porcentaje de seguridad, atendiendo al tiempo que durará el trabajo.

Para el análisis del costo de la mano de obra, existen varias formas o métodos de estudio y aplicación:

1. Racionalización de los métodos de trabajo.
2. Sistema o sistemas de estadísticas.
3. Agrupación por comparación de los datos estadísticos por:

a) Perfil



- b) Peso (7850 Kg / m³)
- c) Longitudes
- d) Superficies
- e) Operación por elemento del perfil.

3.3. CUANTIFICACION DE MATERIALES

Existen algunos cuadros con porcentajes, coeficientes y costos los cuales son producto de la experiencia de muchos años de los fabricantes de estructuras metálicas aquí se proporcionan unos de ellos (Tabla 3.1) que, desde luego están sujetos a variaciones que dependen del tipo de taller con que se cuente, del monto de la obra que se trate etc. pero que puede dar una idea de los distintos casos que arrojan las estructuras tomando en consideración un taller tipo medio. También el costo de los materiales está sujeto a innumerables cambios, según lo determine el mercado.



3.3.1. Ejemplos de tablas para cuantificaciones de acero e insumos.

ELEMENTO	PERFIL	NUMERO DE PIEZAS	LONGITUD	PESO POR METRO	PESO POR PIEZA	PESO TOTAL
K1	PLS 13 X 250	26	6959	25.00	173.98	4523
	PLS 13 X 250	26	7043	25.00	176.08	4578
	PLS 6 X 1321	26	6965	12.20	269.55	7008
	PLS 19 X 300	26	300	45.00	13.50	351
	PLS 16 X 250	26	1350	31.25	42.19	1097
M1 A M3	PLS 13 X 250	26	7644	25.00	191.10	4969
	PLS 13 X 250	26	6475	25.00	161.88	4209
	PLS 13 X 122	52	1180	12.20	28.80	748
	PLS 13 X 122	52	1213	12.20	14.80	770
	PLS 13 X 122	52	1251	12.20	15.26	794
	PLS 13 X 122	52	1288	12.20	15.71	817
	PLS 13 X 122	52	1391	12.20	16.09	837
	PLS 6 X 160	96	165	8.00	1.32	127
	PLS 6 X 1319	26	7767	47.45	368.57	9583
	PLS 10 X 325	44	470	24.38	11.46	504
	PLS 16 X 250	26	1350	31.25	42.19	1097
	PLS 10 X 325	44	470	24.38	11.46	504
	PLS 10 X 470	8	650	35.25	22.91	183

Tabla 3.1. Ejemplo de formato para Cuantificación de acero estructural



DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DE ADQUISICION	LUGAR DE ADQUISICION
ACERO A-36 PLACA DESDE ¼" HASTA 1"	KG	239.788.00	\$ 3.62	ABINSA ó VILLACERO
MON-TEN NEGRO 10-MT-12	KG	61.300.00	\$ 3.40	ABINSA ó VILLACERO
ANGULO A-36 DE 3X¾"	KG	5.200.00	\$ 3.52	ABINSA ó VILLACERO
REDONDO DE DIAM. 3/8" ½", 5/8"	KG	3.700.00	\$ 3.52	ABINSA ó VILLACERO
ANCLAS DE DIAM. 1" Y 1¼"	KG	2.850.00	\$ 2.96	ABINSA ó VILLACERO
TUBO MECANICO DIAM. 20" CED 10	KG	10.100.00	\$ 7.13	ABINSA ó VILLACERO
IPR A-36 14" X 44.7	KG	6.020.00	\$ 4.27	ABINSA ó VILLACERO
SOLDADURA 7018	KG	4.200.00	\$ 9.90	AGA
TORNILLOS A-325 DIAM. 1" X 3"	PZAS	974.00	\$ 13.50	TORNILLERA TEXMELUCAN
TORNILLOS A-325 DIAM. 5/8" X 3"	PZAS	28.00	\$ 6.00	TORNILLERA TEXMELUCAN
CORTINAS METALICAS	M ²	137.00	\$ 377.00	CORTINAS AMERICA
PINTURA ALKIDALICA SERWIN W.	LTS	2.800.00	\$ 34.00	SHERWIN WILLIAMS
PINTURA ANTICORROSIVA COMEX	LTS	2.800.00	\$ 20.00	COMEX
LAMINA PINTRO CAL 24R-101	M ²	5.500.00	\$ 57.68	IMSA
LAMINA ACRILICA	M ²	508.00	\$ 125.00	ACRYLIT

Tabla 3.2. Ejemplo de formato para calculo de insumos en fabricación de estructuras metálicas



DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO DE ADQUISICION	LUGAR DE ADQUISICION
LAMINA LISA GALVANIZADA CAL. 22X5"	ML	201.60	\$ 85.90	IMSA
LAMINA LISA PINTRO CAL. 22X4"	ML.	106.00	\$73.70	IMSA

Tabla 3.2. (continuación)



4. CONEXIONES.

Los perfiles y placas laminadas que componen una estructura de acero se mantienen unidos por medio de conectores (tornillos o remaches) o con soldaduras, que pueden fundir y unir las partes para formar una unidad integral o unir las en forma intermitente como los conectores. Los conectores y las soldaduras se utilizan en los procesos de fabricación en taller para fabricar miembros y también en la erección en campo para conectar los distintos miembros y unirlos para formar el marco estructural completo. Si un miembro es demasiado grande para ser transportado como una unidad, también se deben utilizar las conexiones de campo para empalmar los segmentos del miembro. Esos se mantienen a un mínimo, debido al costo relativamente más grande de hacer conexiones de campo

En la fabricación de armaduras, los miembros en tensión y compresión que se encuentran en un nodo se pueden unir en forma separada con conectores a una placa de

conexión o, si se utiliza soldadura, puede ser posible unirlos directamente sin usar una placa auxiliar.

En la construcción de marcos de edificios, el AISC, admite tres tipos básicos de conexión de viga a columna.

4.1. TIPOS DE CONEXIONES

El tipo 1, designado comúnmente como **marco rígido o marco continuo**, tiene conexiones de viga a columna o de viga con viga, que transmiten los momentos y cortantes calculados y tienen la rigidez suficiente para proporcionar la continuidad total que se considera en el análisis. Esto significa que no habrá puntos de cedencia locales con cargas permisibles, producidos por una fluencia local prematura.

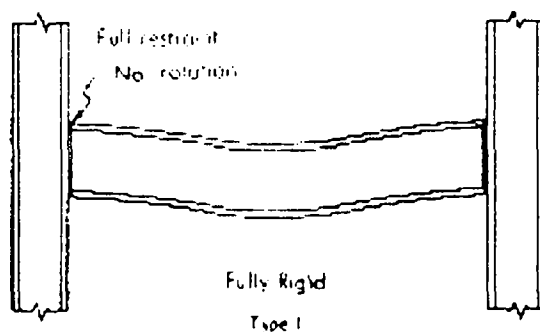


Fig. 4.1 Esquema de un marco rígido o marco continuo.

El tipo 2, conocido como **marco simple**, proporciona conexiones flexibles que tienen una resistencia adecuada en cortante pero que no desarrollan un momento apreciable.

Las conexiones se diseñan a propósito para permitir rotaciones en los extremos de las vigas, en relación con la columna o con otra trabe, de tal forma que permitirá ignorar los momentos flexionantes accidentales y la pequeña fluencia inelástica que se pueda desarrollar.



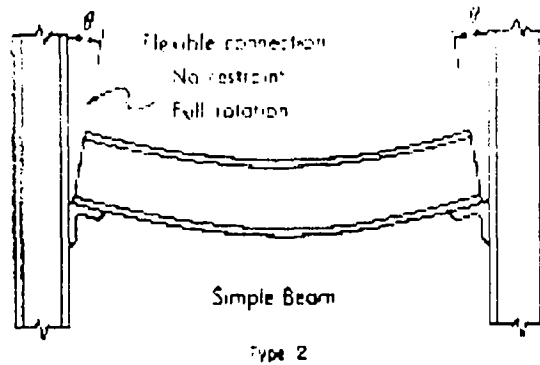


Fig. 4.2 Esquema de un marco simple

El tipo 3, **marco semirrígido** "Supone que las conexiones poseen una capacidad de momento confiable y conocida en un grado intermedio entre la rigidez del tipo 1 y la flexibilidad del tipo 2".

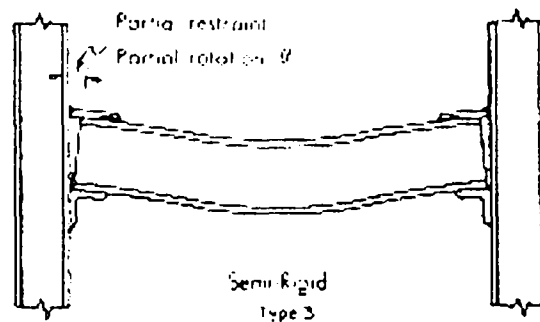


fig. 4.3 Esquema de un marco semi rígido

Las conexiones resistentes al momento tipo 1 se utilizan con frecuencia en los marcos principales de edificios para resistir fuerzas de viento y sismo, mientras que las conexiones de tipo 2 se utilizan en el resto de la estructura.

Además del material sobre conexiones del AISCS y los comentarios, en el AISCM se encuentran información y tablas de diseño que facilitan el proporcionamiento de las conexiones que se usan con más frecuencia.



Se dice que una conexión está cargada concéntricamente si la fuerza resultante(axial) pasa por el centroide del grupo de conectores o de las soldaduras. La distribución de los esfuerzos transferidos en esa conexión es muy desigual para cargas bajas, pero antes de la falla, la fluencia local del material tiende a distribuir en forma uniforme la carga a todas las partes de la conexión. Este hecho, junto con los resultados de la experiencia y muchas pruebas a la falla en laboratorio, permite suponer en el diseño que todas las partes de una conexión cargada concéntricamente participan equitativamente para resistir la carga aplicada. Si la fuerza resultante no pasa por el centroide de la conexión, se puede transformar el sistema de fuerzas a una fuerza y un par en el centroide de la conexión. Se supone que cada elemento de la conexión resiste uniformemente la componente axial de la fuerza y el momento en proporción a la distancia de ese elemento al centroide de la conexión.

Se ha observado que las reglas de diseño basadas en la hipótesis anteriores son confiables y funcionales.

Las recomendaciones de diseño y esfuerzo permisibles en las conexiones que proporciona el AISCS están respaldadas y se fundamentan en gran medida en las recomendaciones del Research Council on Riveted and Bolted Joints y de la American Welding Society, para conexiones atornilladas y soldadas respectivamente.

Se estudiarán dos formas de hacer conexiones estructurales (tornillos y soldadura). La resistencia y seguridad generales de una estructura pueden depender en forma directa de las conexiones que unen a los miembros principales. Esas conexiones se deben mostrar en forma explícita y con detalle en los planos estructurales, tanto por el interés de obtener un diseño seguro como por economía debido a las cargas adicionales que podrían ser necesarios para considerar los imprevistos.



Por muchos años el remachado fue el método más aceptado para hacer conexiones. Sin embargo, la utilización de remaches ha disminuido con rapidez debido al desarrollo y ventajas económicas de la soldadura y los tornillos de alta resistencia. El surgimiento tanto de la soldadura como de los tornillos de alta resistencia ha hecho posible la aplicación ventajosa de una combinación de estos métodos de unión, con una fabricación en taller por medio de soldadura, seguida por la utilización de tornillos de alta resistencia en las conexiones de campo. De esta forma se aprovechan las ventajas de cada procedimiento, pues la soldadura se realiza en condiciones controladas en el taller con los miembros alineados para producir buenas soldaduras y una fabricación económica. Con la utilización de tornillos de alta resistencia se obtienen las ventajas de un ensamble rápido mientras se mantienen en posición los miembros en el campo.



4.2. SOLDADURA.

INTRODUCCION:

En 1801 mientras experimentaba con la naciente ciencia de la electricidad, Humphrey Davy descubrió que un arco puede ser creado con un circuito eléctrico de alto voltaje colocando las dos terminales cerca una de la otra. El primer intento de usar el calor intenso de un arco de carbón para soldar fue hecho en 1881 para llevar a cabo la unión de placas en acumuladores. Y fue hasta 1887 cuando un ruso N.G. Slavianoff anunció un proceso donde se reemplazaba un electrodo de carbón por una varilla metálica.

4.2.1. Proceso de soldadura manual (SMAW) .

El proceso de soldadura manual ó Shield Metal Arc Welding (SMAW) es un proceso de soldadura por arco eléctrico donde la fusión del metal es producida por el calor del arco eléctrico que es mantenido entre la punta del electrodo recubierto y la superficie del metal base en la junta a ser soldada.



El núcleo del electrodo recubierto consiste en una varilla de metal sólido, este conduce la corriente eléctrica al arco y suministra metal de aporte a la junta. La principal función del electrodo recubierto es dar estabilidad al arco y proteger el metal fundido de la atmósfera mediante los gases creados debido a la descomposición del recubrimiento por el calor del arco. La composición del electrodo varía de acuerdo al tipo de electrodo.

La soldadura manual es el proceso más ampliamente usado. En él se emplea el calor del arco para fundir el metal base y la punta de un electrodo recubierto consumible. El electrodo y la pieza de trabajo son parte del circuito.

4.2.2. desventajas:

1. No pueden soldarse metales de bajo punto de fusión
2. La cantidad de corriente que puede ser usada está limitada por la resistencia eléctrica del revestimiento.
3. Excesivos amperajes sobrecalientan el electrodo y rompen el recubrimiento. Es por esto que las velocidades de deposición son las más lentas que en otros procesos.
4. Es un proceso que tiene altos niveles de desperdicio de electrodos. Depende mucho de la habilidad del soldador.

4.2.3. Variables del proceso.

1. LONGITUD DE ARCO.

Si la distancia es muy corta el arco puede ser errático y puede haber corto circuito.

Si es muy largo le faltará dirección e intensidad, lo cual tiende a esparcir el metal fundido.



2. VELOCIDAD DE AVANCE

El arco debe estar ligeramente por delante del charco.

Altas velocidades de avance pueden disminuir la penetración.

En bajas velocidades de avance el cordón de soldadura será ancho y convexo con baja penetración.

3. CORRIENTE DE SOLDADURA

La corriente directa suministra un arco estable y una transferencia metálica más suave del metal.

La polaridad inversa produce alta penetración

La polaridad directa produce una alta velocidad de fusión del electrodo.

Un alto amperaje ocasionará que el revestimiento se desprenda, Una excesiva penetración y una mala apariencia del cordón.

4.2.4. Aplicaciones.

Para seleccionar el electrodo más adecuado para el trabajo a realizar, deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

1. Naturaleza y composición química de la junta o pieza a soldar.
2. Tipo de fuente de poder.



Norma de clasificación AWS para el grupo de electrodos convencionales.

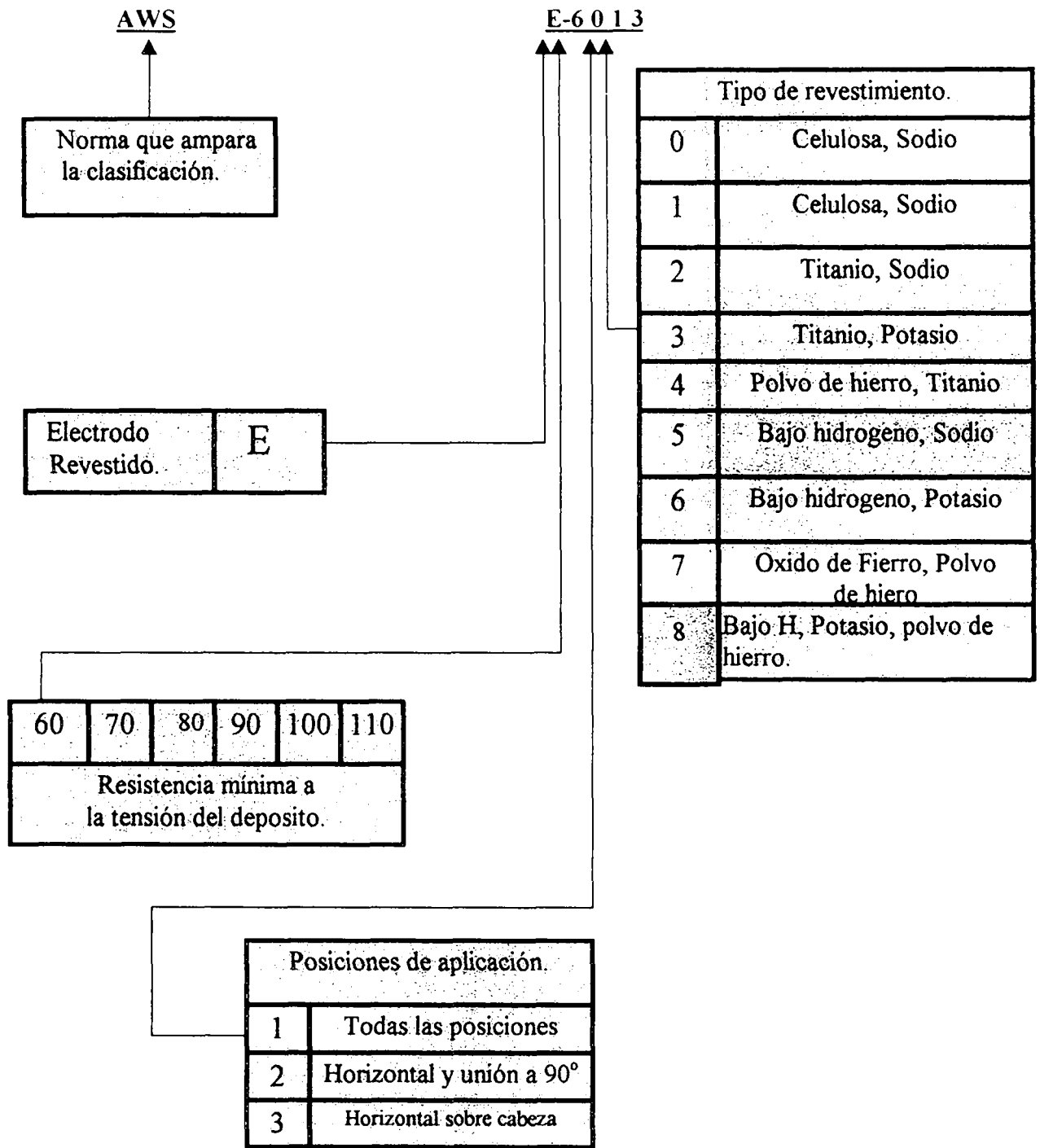


Tabla 4.1. Nomenclatura dada según la AWS (American Welding Society)



4.2.6. Proceso GMAW (gas metal arc welding) soldadura de arco eléctrico con alambre y gas

Es un proceso de soldadura de arco que se usa en arco abierto en un continuo llenado de metal por medio de un electrodo de alambre sólido. El proceso utiliza una protección de gas externa para evitar la contaminación (oxígeno nitrógeno) como se muestra en la figura 4.4 .

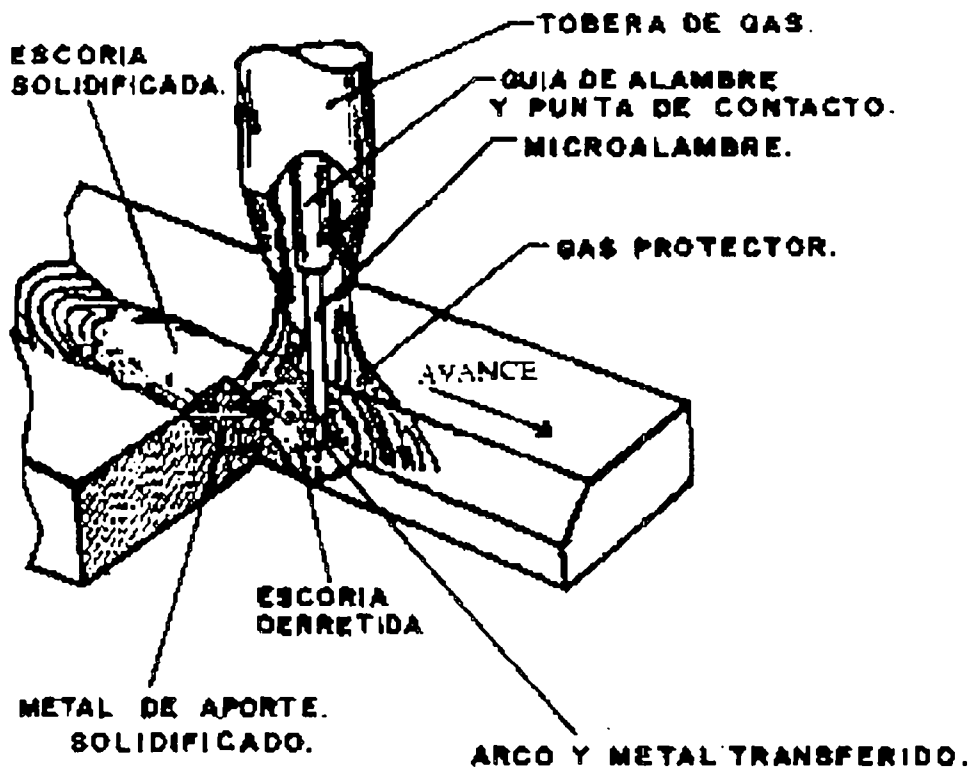


Figura 4.4 Esquema de proceso de soldadura GMAW.

4.2.7. Principales características de operación.

En este proceso se utilizan fuentes de poder de voltaje constante en las cuales existen las terminales o bornes que se concentran en un alimentador y la pieza de trabajo. El alimentador es un dispositivo que consta de un motor de velocidad ajustable y en el cual se conectan las mangueras de gas protector y el carrete que contiene la soldadura.



El alimentador tiene una salida para un accesorio conocido como antorcha o pistola la cual cuenta con un gatillo que acciona la apertura de arco e inicia la alimentación de alambre y gas protector.

VELOCIDAD DE AVANCE.

Este parámetro nos da la forma del cordón, la penetración en el metal base y la apariencia del depósito. A una baja velocidad de avance obtenemos una penetración mucho mayor que la que se obtiene a una alta velocidad, una baja velocidad de avance y una corriente alta puede producir un sobrecalentamiento en el metal base. Esto puede causar una apariencia defectuosa de la soldadura y el atrapado de la escoria.

4.2.8. Ventajas y desventajas del proceso GMAW.

Algunas ventajas de este proceso son:

1. Altas velocidades de depósito en comparación con el método tradicional.
2. Mínima o ninguna presencia de escoria
3. Se obtiene una buena apariencia del cordón'
4. Fácil manejo de aplicación de soldadura.
5. Alto factor de operación de este proceso.

Algunas desventajas del proceso pueden ser:

1. Solo se puede utilizar con metales ferrosos
2. El proceso requiere de un equipo más complejo y costoso que el proceso con varilla revestida
3. Con electrodo de protección gaseosa se requiere la inexistencia de corrientes de aire.



4. Dificil acceso en áreas restringidas.

4.2.9. Posiciones para soldar

Por lo común la soldadura se efectúa en algunas de las cuatro posiciones siguientes:

1. Plana
2. Horizontal
3. Vertical
4. Sobre Cabeza

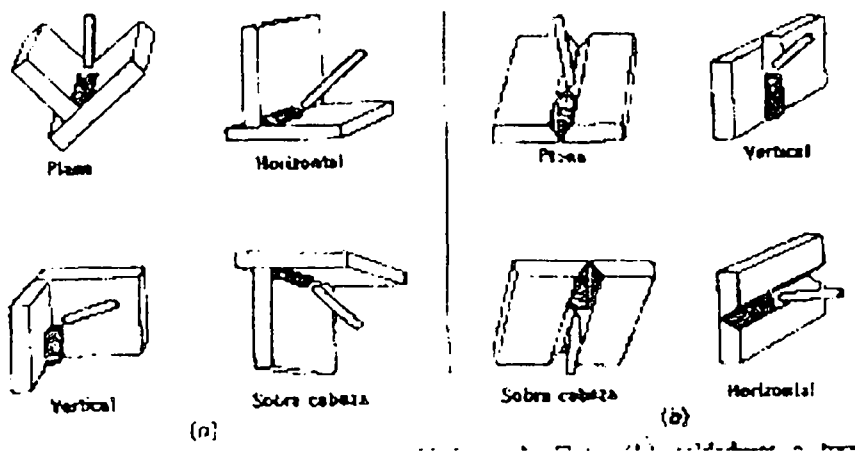


Fig. 4.5 Posiciones para soldar (a) Soldadura de filete (b) Soldadura a tope.

La soldadura vertical y sobre cabeza son posibles debido a que el metal fundido es conducido de la varilla a la conexión por el campo electromagnético y no por la acción de la gravedad.

La protección gaseosa sirve para estabilizar el arco y para protegerlo de los gases atmosféricos.

La escoria fundida, de menos densidad que el metal fundido, sube a la superficie retardando la rapidez de enfriamiento del metal de soldadura y protegiéndolo de una exposición indeseable a los gases atmosféricos.



4.2.10. TIPOS DE CONEXIONES

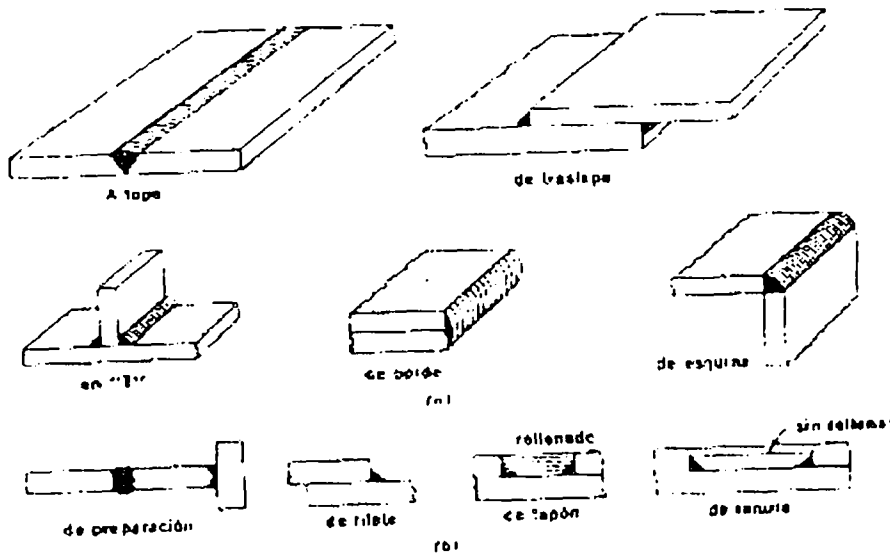


Fig. 4.6. Conexiones soldadas (a) Tipo de juntas (b) Tipo de soldadura.

Usualmente se obtienen soldaduras satisfactorias en una estructura cuando se utiliza un procedimiento adecuado y cuando las soldaduras son realizadas por operarios competentes con equipo adecuado y en buenas condiciones.

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.

Existen varios métodos para la inspección de la soldadura como son el visual, partículas magnéticas, tintura penetrante, ultrasonido, radiográfico, etc.



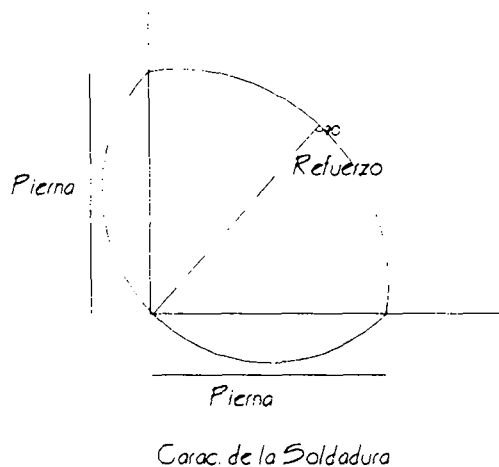


Fig. 4.7. Características de la soldadura

Método Visual

Es el método más simple y el más importante, requiere revisar holguras preparaciones equipo, amperajes a los que se hace trabajar al equipo, que la resistencia de la soldadura coincida con la del metal base. Todo lo anterior antes de soldar, y desde luego un operador que desarrolle una aplicación adecuada de la soldadura (Fig. 4.7)

Los otros métodos son más bien para revisar las soldaduras cuando ya se han terminado pero no funcionan para hacer bien la soldadura desde un principio.

4.3. TORNILLOS

El conjunto sujetador tornillo/tuerca es un método de fijación que está sujeta a diseños, pruebas, normas y controles tales que aseguran al usuario un rendimiento de tornillo y tuerca prácticamente perfecto. Las normas que rigen la fabricación de tornillos y tuercas son las siguientes:



- **NOM** Norma Oficial Mexicana

- **IFI** Instituto de Sujetadores Industriales
(International Fasteners Institute)

- **ANSI** Instituto de Normas Nacionales Americanas
(American National Standards Institute)

- **ASTM** Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
(American Society of Testing and Materials)

- **DIN** Comité de Norma Alemán
(Deutscher Normenausschuss)

4.3.1. Controles de fabricación

La fabricación de tuercas esta sujeta a rigurosos controles; desde la recepción de la materia prima, durante la manufactura y hasta la entrega del producto terminado, para lo cual se realizan los siguientes análisis:

4.3.2. Materia prima:

- **Dimensional.-** Donde se verifica que el material se encuentre dentro de las dimensiones requeridas para su utilización en la manufactura de los productos.

- **Químico.-** Donde se comprueba que el material contenga los elementos químicos en la cantidad requerida de acuerdo al grado de acero solicitado.



- **Metalúrgico.-** Donde se inspeccionan las características metalúrgicas necesarias para que el material cumpla con los requerimientos de ingeniería.

4.3.3. Manufactura del producto:

- **Dimensional.-** Concepto fundamental para garantizar intercambiabilidad, en donde se inspecciona la geometría del producto, por ejemplo; distancia entre caras y altura de la cabeza, diámetro, longitud, rosca, etc.
- **Metalúrgico.-** Es la observación e inspección de las características metalúrgicas, tales como: dureza, defectos superficiales, estructura metalográfica.
- **Mecánico.-** Es la comprobación hecha mediante ensayos o pruebas de las propiedades mecánicas tales como: resistencia a la tensión, carga de prueba, etc.

4.3.4. Ensayos mecánicos.

Ensayo de tensión: El ensayo de tensión se define como la prueba mecánica que se desarrolla aplicando una carga uniaxial medible a una probeta ya sea maquinada o con sus dimensiones completas, hasta causar la ruptura. Es utilizada como una prueba básica para determinar la resistencia de toda clase de sujetadores, ya que con ésta es posible determinar la resistencia máxima a la tensión resistencia a la cedencia, elongación y reducción de área.

Ensayo de carga de prueba: El ensayo de carga de prueba consiste en la aplicación de un esfuerzo a los tornillos, birlos y tuercas, con una carga especificada, donde el producto deberá resistir esta carga sin presentar falla en un tiempo no permanente.



Ensayo de dureza: Un ensayo de dureza es un medio para determinar la resistencia a la penetración y es empleada para obtener una aproximación rápida de la resistencia a la tensión. La prueba consiste en la aplicación de una carga utilizando un indentador sobre la superficie del material a probar, la resistencia que presenta dicho material a ser penetrado es medida sobre una escala predeterminada.

Ensayos con partículas magnéticas: Este ensayo consiste en magnetizar las piezas a probar y mediante la aplicación de una luz especial observar la posible presencia de grietas superficiales.



4.3.5. Recubrimientos de protección

(acabados)

Con el fin de proteger los tornillos del deterioro (corrosión) que sufren los metales al reaccionar con el medio ambiente que los rodea, se aplica cualesquiera de los recubrimientos siguientes según lo requiera el usuario:

Zincado o galvanizado por inmersión en caliente:

Es la protección anti-corrosiva no electrolítica, que consiste en sumergir las piezas a recubrir en un baño de zinc fundido.

Este tratamiento ofrece la mejor protección a productos expuestos a la intemperie.

Color: Blanco tenue.

Zincado o galvanizado-electrolítico:

Los baños de Zinc son los más utilizados como recubrimientos protectores sobre tornillos, tuercas y sujetadores en general, por sus magníficas propiedades de resistencia a la corrosión atmosférica.

Las ventajas que ofrecen los baños electrolíticos de zinc son: Superficies uniformes, ausencia de capas quebradizas, espesor deseado, más ductilidad y más adherencia.

Color: Blanco Azulado.



Zincado o galvanizado-electrolítico + cromatizado

(Tropicalizado)

Después de haber zincado electrolíticamente el producto y para lograr las mejores características de resistencia a la corrosión se introduce en una solución diluida de cromato de potasio.

Color: Amarillo tornasol

Cadmizado

Los recubrimientos de cadmio poseen un color agradable y son bastante resistentes a la corrosión presente en atmósferas marinas, por lo que indistintamente se les usa como protectores o como decorativos.

Color: Blanco.

Cromado

Este recubrimiento es utilizado debido a que sus depósitos son duros y resistentes a la corrosión; además se pueden obtener recubrimientos brillantes si la pieza se pule a espejo previamente.

Fosfatado

Es una capa protectora de la superficie de tuercas y tornillos de acero contra la corrosión y consiste en la inmersión del material a recubrir en una solución de ácido fosfórico.

Color: Negro-Gris



Cobrizado

Este tipo de recubrimiento se utiliza cuando el cobre es un paso previo a recubrimientos posteriores, teniendo la facilidad de depositarse sobre todos los metales, a excepción del aluminio y del acero inoxidable.

Color: Café Rojizo

Niquelado

Los baños de níquel generalmente son depositados con un cobrizado previo.

Pavonado

Es el acabado común que resulta de la inmersión. En una tina de aceite soluble, del material caliente que se quiere tratar, Este acabado da esencialmente buena apariencia a tornillos y tuercas

Color: Negro.



4.3.6. Torque o par de apriete .

Es la magnitud del esfuerzo que se aplica por medio de una herramienta (llave) para lograr el apriete necesario requerido por los diferentes grados de resistencia de las piezas.

Si el apriete es excesivo, se lleva al tornillo a su límite de fluencia y en seguida al esfuerzo último de tensión, rompiéndose el mismo o barriéndose las cuerdas. Si el apriete es insuficiente, a la junta o ensamble le faltará rigidez presentándose condiciones que favorecen la fatiga o la vibración.

Los tornillos responden de distintas maneras si se les aplica un esfuerzo simple de tensión a que si se les aplica ese esfuerzo a través del apriete de la tuerca, pues esta última operación implica también un esfuerzo de torsión que al combinarse con el de tensión hará fallar al tornillo por abajo de los valores permitidos de cada esfuerzo en particular.

El diseñador sabe cuál es la tensión a la que estará sujeto el tornillo y podrá calcular para su necesidad específica el par de apriete necesario.



4.3.7. Tornillo estructural cabeza hexagonal de alta resistencia (A-325 y A-490) .

ETRO INAL	E			F			G		H			R		Lt (Ref)
	DIAMETRO CUERPO			DISTANCIA ENTRE CARAS			DISTANCIA ENTRE ESQUINAS		ALTURA			RADIO		LONG DE ROSCA
	MM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	MAX	MIN	NOM
2	12.70	0.515	0.482	7/8	0.875	0.850	1.010	0.969	5/16	0.323	0.302	0.031	0.009	1
3	15.87	0.642	0.605	1-1/16	1.062	1.031	1.227	1.175	25/64	0.403	0.378	0.062	0.021	1.25
4	19.05	0.768	0.729	1-1/4	1.250	1.212	1.443	1.383	15/32	0.483	0.455	0.062	0.021	1.38
3	22.22	0.895	0.852	1-7/16	1.438	1.394	1.660	1.589	35/64	0.563	0.531	0.062	0.031	1.5
	25.40	1.022	0.976	1-5/8	1.625	1.575	1.876	1.796	39/64	0.627	0.591	0.093	0.062	1.75
1/8	28.57	1.149	1.098	1-13/16	1.812	1.756	2.093	2.002	11/16	0.718	0.658	0.093	0.062	2
1/4	31.75	1.277	1.223	2	2.000	1.938	2.309	2.209	25/32	0.813	0.749	0.093	0.062	2
1/8	34.92	1.404	1.345	2-3/16	2.188	2.199	2.526	2.416	27/32	0.878	0.810	0.093	0.062	2.25
1/2	38.10	1.531	1.470	2-3/8	2.375	2.300	2.742	2.622	15/16	0.974	0.902	0.093	0.062	2.25

Tabla 4.2. Características de tornillos estructurales A-325 y A-490

Fabricación normal

Longitudes: desde 1 ½ “ hasta 6”

Rosca: UNC con ajuste 2A

Normas: ASTM A-325 tipo 1 o ASTM A-490

Material: Acero medio carbono para el A-325 y acero aleado para el A-490

Acabados: Pavonado negro o galvanizado por inmersión en caliente,

Accesorios: Con tuerca hexagonal 2H, rondana estructural o sin tuerca y sin rondana

Para mayores detalles sobre esta información consultar el **ANEXO A** referente a tornillos.



5. TALLER DE FABRICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS.

5.1. DEFINICION Y TIPOS.

Un taller de Fabricación de estructuras metálicas es aquel en el cual se lleva un proceso de producción, este inicia con el acopio de la materia prima que en este caso es el acero; este proceso es muy distinto a cualquier tipo de obras de construcción. Es importante destacar que existen dos tipos de taller

- Taller de Fabrica
- Taller de Campo

Los talleres de campo son aquellos que se instalan provisionalmente en el lugar donde se construirán las obras, sin las instalaciones adecuadas para la buena realización de los trabajos que se requieren para este tipo de edificaciones.

Los talleres fijos o fabricas de estructuras metálicas tienen la particularidad de contar con todas las características necesarias para la construcción de estructuras metálicas, además de contar con muchas ventajas que ayudan a la rápida y eficiente ejecución de los trabajos que estas requieren. En los talleres fijos o fabricas de estructuras metálicas se pueden encontrar las siguientes características:

- a) Control de Calidad: este se da mediante la adecuada supervisión
- b) Economía: En mano de obra, materiales, herramientas y equipo
- c) Seguridad: del personal dentro de las instalaciones con equipo de protección como casco, lentes, botas, ropa adecuada (Mezclilla)
- d) Capacitación del personal
- e) Manejo de desechos y solventes

5.2. CONTROL DE CALIDAD

Para el adecuado control de calidad se deben considerar los siguientes puntos:

- 1) Los códigos y especificaciones existentes (AISC, AWS, ASTM)
- 2) Materiales: Proveedores, pruebas, cuidar los tornillos (Apriete), soldadura
- 3) Fabricación: Política de calidad en: Detalles de conexiones, Congruencia entre el proyecto y las piezas, linealidad de los miembros dentro de las tolerancias
- 4) Soldaduras: Control por medio visual, de Ultrasonido, Radiografía.
- 5) Trabajadores calificados.



5.3. PROCESO DE PRODUCCION

Este se inicia con la recepción de materiales continuando con el almacenamiento, habilitado, armado, soldadura, limpieza, pintura, y embarque.

Como ya mencionamos se inicia con un área de recepción de materia prima (placa); esta área debe contar con un fácil acceso desde el exterior para recibir esta.

Posterior al área de recepción se encuentra el área de almacenamiento en la cual se separan las placas por calibres y tamaños, una vez teniendo clasificados los materiales se procede al habilitado de los mismos.

En el área de habilitado encontramos diferentes tipos de maquinas como son las dobladoras hidráulicas, las cuales permiten hacer canales laminados, otra maquina muy importante es la cizalla, esta es una maquina de corte de material en donde se traza sobre la placa la forma de la estructura y con esta se van dando cortes hasta tener la forma adecuada de la estructura.

Otro equipo muy importante es el pantógrafo, el cual corta el acero a base de oxígeno este consta de un ojo lector que sigue determinadas formas previamente dibujadas en un papel, este equipo se usa para cortar placas de calibres más gruesos y con mayor precisión; en todo taller se cuenta también con equipos menores como son la maquina para hacer cuerdas y las punzonadoras hidráulicas entre otras.

Ya habilitado el material se pasa a la zona de armado, en la cual se hace el trazo de las estructuras a escala natural (uno a uno) para lograr una muestra que servirá como guía de todas las demás formas.



En esta área también se encuentran las maquinas para soldar, estas son de electrodos de plasma y de microalambre, aquí solamente se presenta la forma y se juntean con puntos de soldadura, esto solo para mantener rígido el pórtico mientras se lleva al área de soldadura.

El área de soldadura cuenta con mamparas las cuales tienen la función de mantener un ambiente adecuado para la soldadura de microalambre, en esta área las piezas que son junteadas en el área de armado son soldadas por el proceso de microalambre el cual comparado con el de las maquinas de electrodos permite un avance cuatro veces mayor.

Posteriormente las piezas pasan al área de limpieza donde son limpiadas por medios manuales de escorias de soldadura, rebabas, oxido y cualquier elemento ajeno a la estructura.

Una vez que el material esta limpio pasa al área de pintura en donde se aplica una película de pintura de cuatro milésimas de espesor, la forma de aplicación se realiza por medio de pistola de aire de alta presión para tener un mejor rendimiento de la pintura, esta debe cubrir todas las condiciones y especificaciones para protección del acero.

Por ultimo las piezas son embarcadas en camiones para ser transportadas al lugar de la obra en donde solamente se retocan las raspaduras que pudieren haber ocurrido durante el transporte.



5.4. DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCION DE ESTRUCTURAS DE ACERO

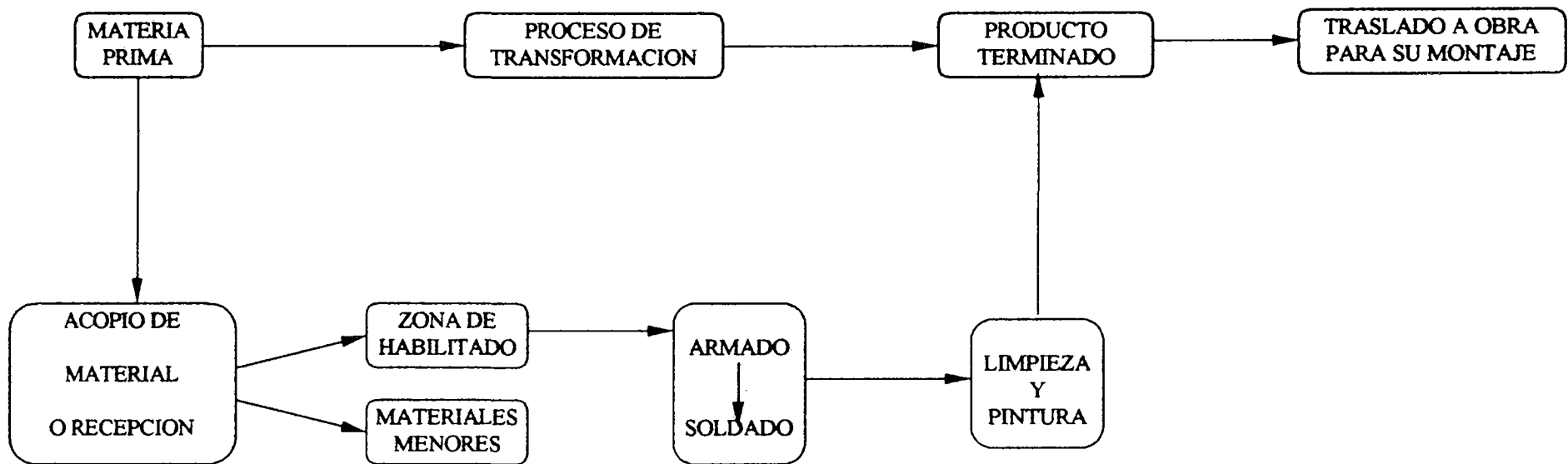


Tabla 6.1. Diagrama que muestra el proceso de producción de estructuras de acero.



TALLER.

5.5. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN TALLER DE ESTRUCTURAS METALICAS.

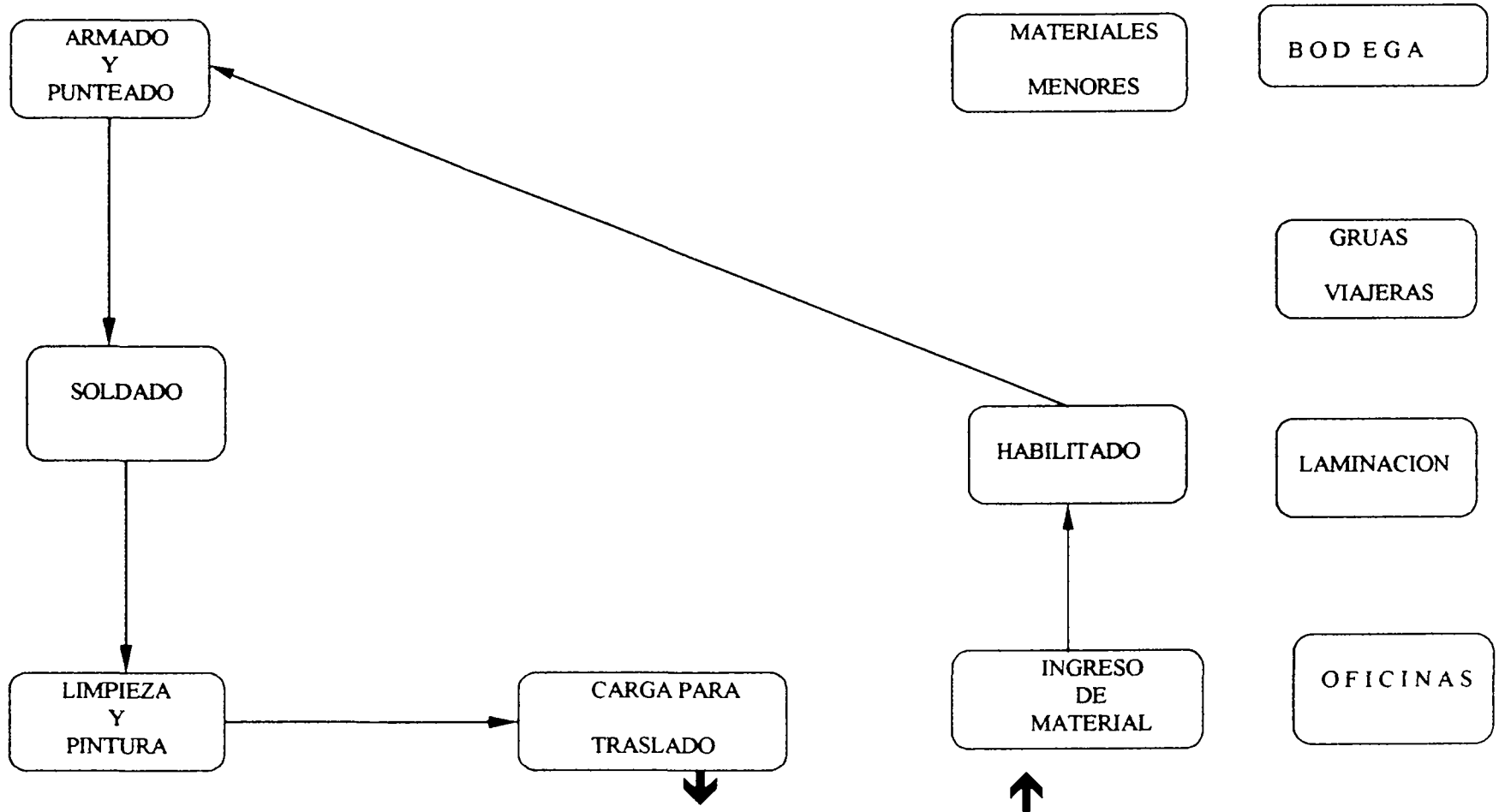


Fig. 5.2 Diagrama que muestra el funcionamiento de un taller de estructuras metálicas



6. PINTURA

6.1. DEFINICION:

La pintura es un tipo de recubrimiento hecho de un material compuesto fluido que al ser aplicado sobre una superficie y curar, forma una película sólida, continua, plástica, adherente y coloreada. Curar la pintura es la transformación de fluido a sólido.

La pintura es una mezcla resultante de la combinación de sus componentes que brindan características particulares de diseño, por lo cual se debe seguir las especificaciones del fabricante y procedimientos de aplicación, así como respetar las proporciones aceptadas de adelgazadores y/o solventes, evitando sustituciones no aprobadas expresamente.

De entre los componentes más usuales en la pintura están los siguientes:

- **VEHICULO.-** Es el componente más importante de la pintura , transporta los pigmentos, cargas y aditivos a la superficie formando una película. Además le proporciona las siguientes propiedades: Adherencia, Lavabilidad, calidad del acabado, flexibilidad, dureza y además determina el tipo de solvente, tiempo de secado y uso del recubrimiento .
- **SOLVENTE.-** Son líquidos transparentes, de olor característico de fácil evaporación y se utilizan para facilitar la fabricación, la aplicación, mejorar la nivelación de la película y desarrollar un mejor brillo de la pintura.
- **PIGMENTOS.-** Son partículas finas de tamaño controlado que proporcionan las siguientes características a la pintura; color, poder cubriente, poder tintóreo y poder anticorrosivo.
- **CARGAS.-** Son pigmentos blancos que se utilizan para abaratar el costo de una pintura y además le proporciona las siguientes características; consistencia, ayudan a tapar la porosidad de la superficie, facilitan el lijado de la pintura, tienen tono amarillento y sucio. Algunos ejemplos de esta son: Blanco de España, cal, talcos, carbonato de calcio, etc.
- **ADITIVOS.-** Son sustancias químicas que se añaden en pequeñas cantidades para mejorar, modificar y complementar las características de la pintura. Durante su fabricación se utilizan los dispersantes, anti-natas y antiespumantes. En el periodo de almacenamiento necesitan de estabilizadores, bactericidas y agentes tixotrópicos y por último en la aplicación son muy útiles los niveladores de la película, secantes y fungicidas.

Existen muchas razones para pintar y recubrir, las hay del orden funcional, psicológico, social, higiénicas y de seguridad.



Básicamente la pintura tiene dos funciones principales que cumplir:

PROTECCION: Dentro de las funciones de protección están por ejemplo: Facilitar la limpieza, proporcionar higiene, dar seguridad, evitar la corrosión, daños mecánicos, protección al intemperismo, cambios de temperatura, agentes químicos, retardar el fuego y prevenir filtraciones entre otras.

DECORACION: Las funciones de decoración las hay tales como: impartir color a un espacio, proporcionar confort, influir en lo psicológico, modificar la percepción de los objetos dar textura o impartir brillo, etc.



6.2. LIMPIEZA DE PIEZAS METALICAS .

6.2.1. Preparación de la superficie:

Para pintar una superficie metálica deberá seleccionarse la pintura y prepararse la superficie conforme al objetivo que se persigue. Para asegurar trabajos de muy buena calidad y maximizar a largo plazo la durabilidad de los acabados y recubrimientos, las superficies a proteger deberán estar:

- Secas y sin problemas de humedad
- Sin partes huecas o en proceso de pulverización
- Libres de pintura vieja o en mal estado
- Limpias de grasa, moho, óxido y cualquier sustancia contaminante
- Lijadas en las zonas excesivamente densas y pulidas
- Libres de salitre o tratadas para neutralizar la alcalinidad intensa
- Sin grietas fisuras o cavidades
- Niveladas y libres de asperezas
- Selladas y preparadas previamente

La limpieza tiene diferentes grados o profundidades estas pueden ser desde muy superficial hasta muy profunda, a metal blanco se pueden limpiar utilizando desde un trapo con thinner, cepillo, carda neumática o eléctrica espátula o equipo de limpieza con **SAND BLAST**: Esta operación se realiza con un equipo de sopleteo que consiste en un baño a presión a base de abrasivo de arena silica con una malla de 30-60 a una presión de 100 psi.



6.3. TIPOS DE PINTURA

Existen en el mercado muchos tipos de pinturas. Para este estudio nos limitaremos a las más comunes utilizadas en estructuras metálicas, Los tipos de pintura pueden clasificarse de diferentes maneras, pero la más común es por su composición básica (Vehículo)

- Acrílicas 100%
- Alquidálicas
- Epóxicas
- Poliuretanos
- Vinílica base solvente
- polisiloxanos

Existen muchos otros tipos especiales pero son mucho menos comunes como; látex, alquitrán de hulla bitúminosas, intumescentes, retardantes de fuego etc.



Tabla 6.1. En la tabla siguiente se muestran las propiedades y usos de las pinturas más comunes que existen en el mercado utilizadas para recubrir estructuras metálicas

VEHICULO	CARACTERISTICAS	PREPARACION DE SUPERFICIE	USOS TÍPICOS
Primarios anticorrosivos de Minio puro	<p>Primario alquidial recomendado para sistemas anticorrosivos en todo tipo de superficies de fierro.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Excelente poder anticorrosivo • Buena adherencia a superficies de fierro • Sirve de base para aplicación de esmaltes alquidáticos. 	La superficie debe estar seca, limpia, libre de polvo, grasa y óxido.	Se recomienda para sistemas anticorrosivos en todo tipo de superficies de fierro, como base para la aplicación de esmaltes de aceite, en lugares húmedos, costas y climas tropicales.
Primario inorgánico base acuosa	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Autocurante base acuosa • Recubrimiento a base de Zinc 100% inorgánico • Alto contenido de sólidos • Fácil aplicación • Excepcional adherencia al acero • puede ser usado como primario de taller para producción en serie 	Redondee las soldaduras, filos y puntas agudas, elimine las salpicaduras de soldaduras, Sopletee con abrasivo seco de arena sílica a metal blanco	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuras metálicas • Tuberías • Exterior de tanques • Estructuras marinas • Cubiertas y superestructuras de barcos • Plataformas marianas y prácticamente cualquier superficie metálica.
Acrílicas 100%	<p>Pinturas que resisten los ataques alcalinos mejor que las vinílicas.</p> <p>Para aquellas áreas en las que se requiere un producto de alta duración para evitar repintados frecuentes.</p>	La superficie deberá estar seca, libre de polvo, grasa, óxido y todo tipo de contaminantes.	Puede aplicarse sobre superficies de fierro, madera, yeso o concreto.
Epóxicas.	<p>En algunos casos pueden funcionar como primario y acabado tienen la ventaja de poderse aplicar a la superficie con un mínimo de limpieza, tienen un amplio rango de resistencia química y mecánica puesto que son resistentes a los ácidos, álcalis sales y humedad. Proporcionan recubrimiento denso y duro.</p>	El chorro de abrasivo es usualmente el método más efectivo y más económico. Usar esmeril para eliminar las escamas de laminación gruesas o defectos de laminación propios de la placa o estructura.	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones industriales • Intemperismo marino • Exterior de tanques • Plataformas marinas • Tuberías • Interior de tanques para almacenamiento de agua.



Poliuretanos	Resistencia a la intemperie y a una gran diversidad de agentes químicos buena flexibilidad impermeabilidad, dureza secado rápido y un acabado brillante, es uno de los recubrimientos más versátiles del mercado.	Prepárese la superficie de acuerdo con el primario seleccionado, la superficie deberá estar limpia, seca y libre de aceite, o cualquier otro contaminante antes de aplicarse	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento industrial • protección de pisos • Acabado decorativo • Acabado con excelente resistencia al calor sobre sistemas epóxicos.
Alquidáticas	Generalmente estos esmaltes son usados para la protección anticorrosiva ambiental en áreas que no se consideran fuerte o severamente corrosivas.	Deberá estar seca, libre de polvo, óxido y todo tipo de contaminantes	Se usa para la protección en superficies como muebles metálicos, estructuras de fierro y herrería en general
Vinílicas base solvente	Son productos especiales con excelente resistencia química y secado rápido Son inertes en casi todas las sustancias inorgánicas como ácidos, sales, álcalis y también al agua, aceite, grasa y materiales similares.	Prepárese la superficie de acuerdo con el primario seleccionado, la superficie deberá estar limpia, seca y libre de aceite, o cualquier otro contaminante antes de aplicarse.	Protegen contra derrames salpicaduras y vapores corrosivos al acero estructural, interior de tanques de agua, Aluminio, galvanizados y acero previamente preparado
Polisiloxanos	Los polisiloxanos son productos patentados de alta tecnología que poseen las propiedades de un epóxico y de un poliuretano de grandes cualidades. El polisiloxano ofrece resistencia a la intemperie, mejor retención del color y brillo a través del tiempo. Su retención de brillo y color así como su resistencia a la corrosión y los componentes químicos es superior a la de un recubrimiento epoxy-poliuretano.	El comportamiento del recubrimiento, en general, es proporcional al grado de preparación de la superficie, se requiere del uso de un primario específico. la superficie deberá estar limpia, seca y libre de aceite, o cualquier otro contaminante antes de aplicarse, incluyendo depósitos de sal	<ul style="list-style-type: none"> • Acero estructural • Puentes • Marina • Tanques • Plantas industriales • Química y petroquímica • Exterior de carros de ferrocarril • Barcazas y plataformas marinas.

Tabla 6.1. (Continuación)



6.4. ESPECIFICACIONES DE PINTURA.

Es importante que la pintura esté en las condiciones apropiadas para la aplicación, las siguientes recomendaciones se deben seguir antes de empezar a pintar

- Las pinturas deben almacenarse a una temperatura moderada es decir de 15° a 30°C. además el material mas viejo se debe rotar de tal manera que este se utilice primero
- Es recomendable mezclar la pintura con objeto de incorporarla completamente y lograr que sea homogénea .
- Para su aplicación con brocha, rodillo o cepillo se recomienda diluir la pintura hasta en un 15% máximo. En los sistemas de aplicación de equipo AIRLESS será de 10 a 15% dependiendo del equipo.
- Filtre la pintura si hay evidencia de natas, asentamientos, partículas de pigmento o cualquier materia extraña, ya que las partículas pueden tapan el equipo al atomizar la pintura. La temperatura de la pintura debe estar entre 15° y 30°C.

6.5. APLICACION DE LA PINTURA.

Las pinturas se pueden aplicar por medio de brocha de pelo, cepillo, rodillo o sistemas de aplicación con equipo Airless. Los mejores resultados de la pintura se obtienen aplicando dos manos, dejando secar la primera mano 30 a 60 minutos antes de aplicar la segunda. Existen varios factores que influyen directamente en el rendimiento de las pinturas, entre ellos esta el sellar previamente la superficie, el tipo de sustrato, la pintura anteriormente colocada y otros.

También dependerá de las características de la pintura aplicada, es decir el rendimiento puede variar de un tono a otro, por el tipo de cargas y resinas (Vehiculo).



Es muy importante conocer los requisitos indispensables para obtener los resultados óptimos de la aplicación de una pintura o recubrimiento. Dichos requisitos son:

- Que la pintura por aplicar sea la adecuada al tipo de superficie y resista las condiciones ambientales y de trabajo a las que estará expuesta.
- Que la superficie reciba la preparación necesaria
- Que el sistema de aplicación sea el indicado, lo cual debe incluir el equipo para pintar o aplicar, cantidad de material, tipo de solventes para rebajar la pintura y número de manos recomendadas.

Para complementar la aplicación de una pintura o recubrimiento debemos contar con la siguiente información adicional; tiempo de secado entre una mano y otra, tiempo de secado completo de la pintura, sugerencias para el uso de herramientas auxiliares así como recomendaciones para el manejo de solventes y removedores con el objeto de evitar riesgos de incendios, contaminación intoxicación, etc.



6.6. PRUEBAS PARA PINTURA.

No es conveniente esperar a tener toda la superficie que se quiera cubrir para probar como quedó el trabajo de pintura, se pueden ir haciendo pruebas parciales a medida que se avanza en el trabajo.

Hay más de 100 pruebas a pinturas descritas en los métodos de prueba por la **A.S.T.M.** (Sociedad Americana para Pruebas de Materiales); por ejemplo, una pintura acrílica lleva al menos 15 pruebas diferentes entre las que destacan los siguientes:

- Viscosidad
- Peso Específico
- Poder cubriente
- Ph
- Rendimiento
- Tiempo de secado
- Finura
- Acabado
- Ciclos de lavabilidad, entre otras.

Para evaluar resultados se utilizan “Probetas”, muestras o aplicaciones en parte de la superficie real a trabajar. Desde luego que las pruebas dependen mucho de parámetros o condiciones diferentes tales como:

- Sustrato donde se aplica
- Tipo de la pintura
- Método de aplicación
- Calidad y propiedades deseadas



- Tiempo y equipo disponible para pruebas

Dentro de todas las pruebas y para los fines usuales que se persiguen hay algunas que son determinantes, rápidas, de fácil ejecución y que casi no requieren de equipo. Entre estas hay cinco pruebas muy simples pero muy recomendables de hacer:

1. Adherencia

Utilice una navaja y cinta adhesiva.

2. Resistencia al rayado

Con una pequeña navaja o cuchillo

3. Flexibilidad

Empleando una cartulina enrollada sobre un mandril (por ejemplo un bolígrafo)

4. Dureza

Es muy útil un lápiz de dibujo de punta dura

5. Lavabilidad

Con esponja y jabón.



7. PROCESO DE MONTAJE

PRELIMINARES:

Se deben iniciar los trabajos lo más rápidamente posible, para preparar un plan de montaje seguro, eficiente y económico; dicho plan debe estar dirigido a expedir al máximo el trabajo de campo dentro de los límites de la seguridad. Por lo general habrá un tipo específico de equipo que sea el más adecuado para el proyecto que se está estudiando, pero en ocasiones puede haber diferentes equipos de diferentes tipos que pueden ser igualmente seguros, económicos y eficientes; entonces su especificación dependerá del equipo y el costo de suministrarlo.

7.1. VISITA AL LUGAR DE LA OBRA:

Se deberá efectuar una visita previa al lugar de la obra para revisar ciertos puntos que son necesarios para el inicio de esta. Es necesario examinar las condiciones del terreno ya que este puede determinar el tipo de equipo que debe usarse, cuando se está decidiendo el tipo de equipo que se usará se requiere hacer un examen de muchas de las características del trabajo; las cimentaciones y las condiciones del terreno pueden ser factores determinantes, ya que en muchas obras el lugar está tan lleno de zanjas o zapatas que una grúa no puede moverse con seguridad.

Existen otros puntos que se deberán revisar tales como:

- 1.-El área que va a ocupar la estructura
- 2.-Verificar niveles y medidas
- 3.- Ubicación de anclajes
- 4.-Método de montaje a utilizar de acuerdo con las características del terreno
- 5.-Investigar los datos particulares de las especificaciones y dibujos
- 6.-Conocer accesos y las posibles obstrucciones u obstáculos para la entrega, descarga y suministro de materiales, montaje y uso del equipo
- 7.-Debe confirmarse el lugar para las casetas para herramientas.

7.2. INSTRUCCIONES PARA EL CAMPO:

En estas se deben destacar las notas especiales que aparecen en los diagramas de montaje o en los dibujos de detalle y cualquier modificación especial que requiera trabajo de campo y que debe hacerse antes de montar algún material; se debe remarcar la importancia de las precauciones que se indican en los dibujos del plan de montaje.



Si antes del montaje deben hacerse algunos ensambles, estos se deben indicar con detalle, en caso de que no estén incluidos en los planos o dibujos de montaje.

Cuando se incluye pintura es necesario especificar que se debe dar un retoque a las partes dañadas durante el traslado, descarga y transporte.

7.3. SELECCION DEL METODO DE MONTAJE

El método seleccionado requiere de la rapidez requerida y del equipo disponible, ya sea propio, o que se tenga que comprar o rentar, siempre hay que utilizar el método que implique menos riesgo para el personal y el equipo; la prevención de accidentes es de gran importancia puesto que una relación mínima de accidentes propicia una producción máxima y un costo mínimo. La velocidad de montaje que se espera lograr debe estar en relación con la velocidad a la que el fabricante podrá producir y cargar, así como con la velocidad a la cual el transportista podrá entregar el material fabricado y con la velocidad de descarga y de montaje que se tendrá con el equipo del montador.

7.3.1. Montaje con grúa.

Las grúas para montaje se pueden seleccionar cuando en el lugar de la obra se espera encontrar un terreno con condiciones adecuadas para la operación de grúas móviles, ya sea; en caso de que existan zanjas o aberturas, es necesario asegurarse de que se puedan construir pasos o puentes para soportar la grúa; También es necesario confirmar si habrá zapatas, cimentaciones o muros que puedan interferir con los movimientos de las grúas y si habrá obstáculos elevados tales como líneas de corriente eléctrica, telefónica.

Este equipo se podrá utilizar si la estructura no sobrepasa el alcance de los mástiles de las grúas montadas sobre camión, y si el peso de las piezas que se izarán está dentro de la capacidad de dichas grúas.



7.4. Obra civil.

En la edificación de toda estructura metálica se requiere cierta obra de albañilería. Se deben observar los siguientes puntos para que esta no interfiera con el montaje de la estructura:

- 1.- Verificar que no exista ningún obstáculo para el desarrollo de esta tales como: muros, cimentaciones anteriores etc.
- 2.- Planear la excavación de cepas para zapatas o drenaje sin que estas interfieran el movimiento de las grúas
- 3.- Establecer los lugares mas propicios para el depósito de abundamientos de tierra y colocación de materiales
- 4.- Establecer un programa de obra para que no exista interferencia entre el desarrollo de la obra civil y el montaje de la estructura.
- 5.- Se debe tener especial cuidado al realizar el trazado para la excavación de cepas para zapatas, verificar en planos su correcta ubicación y los niveles que deberán tener, ya que los niveles incorrectos y mala ubicación pueden afectar el desarrollo correcto de la obra.
- 6.- En el caso de zapatas fabricadas en obra se deberá verificar la correcta colocación de acero y colado y principalmente su correcta nivelación y escuadre.
- 7.- En el caso de zapatas prefabricadas se deberán colocar y escuadrar de acuerdo a planos de cimentación



7.5. SEGURIDAD

Para que una obra trabaje con máxima seguridad se deben definir y llenar ciertos requisitos fundamentales; todas las personas que intervengan en la obra deben estar conscientes de que las medidas de seguridad deben observarse en forma continua, y toda persona debe cooperar para mantenerlas.

Se debe inculcar al personal la idea de que la seguridad es parte de la obra, del plan de montaje, de las herramientas y de el equipo y de que existen mecanismos de protección para que se utilicen, y que se requiere de mano de obra que opere con seguridad; los cascos, gafas y cinturones de seguridad y todos los artículos suministrados para ayudar a que la obra se opere con seguridad deben ser utilizados de manera correcta y como una norma.

7.5.1. Supervisión:

Al grupo de supervisión pertenece hacer cumplir las normas de seguridad y estar siempre alerta para identificar los posibles riesgos de trabajo; debe ser capaz de distinguir cuando hay o no seguridad en la mano de obra y en el trabajo realizado; el grupo de supervisión debe estar entrenado para convencer a los obreros de que es indispensable efectuar el trabajo con seguridad; al personal de reciente contratación se le debe vigilar con cuidado y, cuando sea necesario, se le debe explicar o demostrar los métodos de trabajo seguros.

7.5.2. Personal :

Debe hacerse que los hombres que realizan el trabajo práctico tengan conciencia de las medidas de seguridad, entrenándolos con los métodos de trabajo seguros y en el uso seguro de las herramientas y equipo; deben adiestrarse para lograr los beneficios del uso de los cascos de seguridad, guantes y gafas, demostrarles cómo usarlos en la forma adecuada para obtener la máxima protección



7.6. TRANSPORTE:

Para los perfiles mayores, particularmente los armados, el diseñador debe obtener la información correspondiente al problema de transporte tal como:

1. Longitudes máximas
2. Anchos admisibles
3. Alturas mínimas bajo puentes, líneas de transmisión
4. Tipo de camino por el cual se va a circular

7.6.1. Esfuerzos provocados durante el transporte:

Durante el transporte se le provocan a las estructuras esfuerzos de diversa índole, se provocan esfuerzos al cargar las estructuras al acomodarlas sobre el camión, durante el transporte y al descargarlas. Es por esto muy importante que el manejo se haga con mucho cuidado, que se acomoden y asienten con precaución que se sujeten al vehículo de transporte mediante amarres adecuados, ya que se pueden tener deformaciones en algunos elementos de la estructura o la estructura completa.

Las principales deformaciones que se presentan se deben a aplastamiento; que es un fenómeno local que se presenta en el punto de aplicación de cargas concentradas y apoyos, se deberá de cuidar que estas deformaciones no sean permanentes.

7.6.2. Descarga.

En caso de utilizar una grúa móvil para el montaje no sólo es importante el peso de las entregas, su correcto amarre tanto al transportarlas como al colocarlas en el lugar de la obra sino que se coloquen directamente en el lugar más cercano a donde será su posición definitiva y



de acuerdo a su nomenclatura para su armado, sería ideal que con cada una de las entregas se cubriera sólo el área que puede alcanzar el mástil de la grúa desde cierta posición. Cuando la estructura es larga y no muy alta y si se va a usar una grúa, toda el área debe dividirse para efectos de embarque y montaje de manera que las entregas puedan descargarse y montarse con las menores maniobras posibles de la grúa.

7.7. MONTAJE

Los métodos usados en el montaje de estructuras de acero varían según :

1. El tipo y tamaño de la estructura
2. las condiciones del lugar
3. disponibilidad de equipo
4. Preferencias del montador

Sin embargo las consideraciones más importantes que se deben tomar en cuenta al desarrollar un plan de montaje son:

1. La seguridad de los trabajadores
2. la seguridad de los materiales.
3. la economía
4. la rapidez en el montaje .

7.7.1. Planos de Montaje:

Se deberá hacer un plano de montaje el cual debe contener:

1. Orden en que se deben montar las piezas.
2. Las diversas piezas que se deben unir mediante una conexión



3. El elemento de la armadura o estructura que se debe tomar para hacer las conexiones.
4. Detalles de las conexiones
5. Que tipo de Soldadura
6. Medidas
7. Colocación de las piezas para hacer la conexión
8. Longitud de soldadura, ancho de garganta, etc.

7.7.2. Secuencia de operación:

- 1.- Empalmar la armadura en caso de que se requiera (Soldando o atornillando).

En este paso se debe tener cuidado de que las piezas están perfectamente bien asentadas, alineadas y al mismo nivel, para que se logre una conexión de acuerdo a las especificaciones de los planos de montaje. Sin olvidar resanar la pintura ya que las piezas pueden ser dañadas por causas diversas.

- 2.- Subir la pieza a su lugar definitivo:

En esta etapa de montaje se pueden ocasionar esfuerzos en algunos miembros que excedan los producidos por las cargas de trabajo, como sería la inversión de esfuerzos, como es el caso de tensión a compresión. Estos se pueden evitar con un correcto amarre de las estructuras al momento del izaje

- 3.- Plomearla y contraventearla Hacer contravientos provisionales. Se emplearán contravientos temporales para resistir las cargas a las que pueda quedar sometida la estructura, incluyendo las producidas por equipo y su operación,. Los contravientos permanecerán en su lugar todo el tiempo que se requiera por razones de seguridad.



4.- Sujetarla a los anclajes.

Es de gran importancia que la primera armadura quede perfectamente bien plomeada y contraventeada ya que esta regirá la colocación de las subsecuentes.

5.- Subir la siguiente armadura

6.- sujetarla a la anterior por medio de struts y largueros teniendo cuidado que quede bien plomeada, sujetarla a los anclajes.

Este proceso debe continuar hasta dejar montadas todas las armaduras, después se rigidizarán y se harán los contraventeos y arrostros necesarios.

7.7.3. Plomeo:

Para confirmar la verticalidad de las columnas se baja una plomada ligera colgada de un cordel, o una plomada pesada colgada, del nivel superior al nivel inferior; esta plomada se coloca a una distancia determinada de la cara o de el alma de la columna, por medio de una regla marcada y el montador que esta en el nivel inferior mide la distancia que hay en el cordel a la misma cara de la columna si esta distancia es la misma que en el nivel superior y en ambas direcciones se considera que la columna esta a plomo si es mayor o menor se aprietan o aflojan respectivamente los templadores para jalar la parte superior de la columna hasta que estén a plomo. Para la realización más exacta de este proceso se puede realizar también por medio de aparatos de medición (transito)

7.8. ARRIOSTRAMIENTOS:

Las estructuras o los marcos para naves, pueden resistir satisfactoriamente las cargas verticales y horizontales que les sean aplicadas en el plano de la armadura. Sin embargo, para lograr que una serie de armaduras o marcos, permanezcan normales al plano de las estructuras,



debe instalarse un sistema conveniente de contraventeos y arriostramientos laterales entre armaduras, puesto que éstas tienen una resistencia lateral muy pequeña. Estos se pueden dividir en dos grandes grupos: Arriostramientos de pared.

Los arriostramientos llamados de techo u horizontales son extremadamente importantes en el diseño de edificios con grúa. Los más económicos diseños pueden ser obtenidos utilizando un sistema rígido de arriostramientos de techo no importando que colocación de marco se proyecte.

El uso de estos arriostramientos de techo crea cargas distribuidas. Las columnas sometidas a cargas adyacentes que utilizan estos arriostramientos distribuyen la carga uniformemente entre las dos columnas.

En el caso de los arriostramientos llamados de pared o verticales su función principal es prevenir troceduras en columnas, y transmitir las fuerzas longitudinales de grúas a la línea de los arriostramientos

7.8.1. Función:

En los arriostramientos, el objetivo es armar con las estructuras contraventeos y largueros, grandes armaduras en el plano horizontal, y tienen por objeto:

1. Reducir las relaciones de esbeltez
2. Evitar deformaciones laterales
3. Evitar desplomes
4. Absorber fuerzas laterales (Viento, Sismo)



7.9. CONEXIONES:

Los perfiles y placas laminadas que componen una estructura de acero se mantienen unidos por medio de conectores como son los tornillos o por medio de soldadura, que se pueden fundir y unir las partes para formar una unidad integral o unirlos en forma intermitente como los conectores. Los conectores y la soldadura se utilizan en los procesos de fabricación en taller para fabricar miembros y también en la erección en campo para conectar los distintos miembros y unirlos para formar el marco estructural completo. Si un miembro es demasiado grande para ser transportado como unidad, también se debe utilizar las conexiones de campo para empalmar los segmentos del miembro, estos empalmes se mantienen a un mínimo, debido al costo relativamente más grande de hacer conexiones de campo.

7.9.1. Conexiones atornilladas:

El montaje de estructuras de acero por medio de tornillos de alta resistencia es un proceso que además de ser muy rápido requiere mano de obra menos especializada que en el caso de la soldadura.

Los tornillos de alta resistencia se colocan en agujeros con diámetro de 1.6 mm mayor que el de los pernos, las partes que forman la conexión atornillada, a dichos, agujeros se les llama agujeros oversize .

7.9.2. Apriete:

En el caso de tornillos de alta resistencia se debe usar un procedimiento aprobado. Este puede consistir en apretar cada tornillo hasta una posición ajustada, es decir, apretando a mano cada tornillo hasta una posición ajustada, es decir, apretando a mano o con llave de impacto hasta el momento en que el dado deja de girar; a continuación se le da una media vuelta, tres



cuartos de vuelta o una vuelta completa más a la tuerca. Esto dependiendo del diámetro y longitud de dicho tornillo.

7.10. TECHUMBRES:

Existen diferentes tipos de cubiertas en cuanto a su forma geométrica se refiere. Mencionaremos solo algunas de las más comunes:

Los tipos de cubierta más comunes son:

- Cubierta de una y dos aguas
- Cubierta de cuatro aguas
- Cubierta curva.

Existen varios tipos de láminas y fabricantes, que podemos clasificar de la siguiente manera:

1. Galvanizada
2. Pintada
3. Acrílica

Estas láminas pueden ser rectas o curvas y se fabrican de varias dimensiones tanto de espesor como de ancho. Los perfiles acanalados trapezoidales son los de mayor uso para la construcción de tipo industrial ya que poseen una elevada capacidad de carga y un diseño que permite utilizarlos tanto en techos como en muros (Faldones).



7.10.1. Proceso de colocación .

1. Para iniciar el techado se prepara la lámina y los herrajes con los que se habrá de sujetar.
2. Se hace la preparación correspondiente a los alineamientos que se le dará a las hilas de láminas al momento de su colocación. Dando por hechos que los largueros están perfectamente alineados longitudinal y transversalmente y tienen los niveles adecuados de acuerdo a su pendiente.
3. **Escuadre:** Es necesario colocar la primera lámina en una de las esquinas inferiores del techo considerando como referencia los ejes que deben cruzar las esquinas, esto se hace tirando un hilo a lo largo de el larguero y otro paralelo a las armaduras verificando su perpendicularidad.
4. **Alineación:** Estando colocada la primera lámina se traslapará las siguiente lámina tomando como referencia la primera. Mientras menos pendiente se tenga mayor deberá ser el traslape.
5. **Fijación:** Es muy importante que cada una de las láminas que se hayan instalado se fijen completamente para evitar que una ráfaga intensa de viento pueda volar las láminas.

7.11. BAJADAS DE AGUA:

1. Estas son indispensables par un buen funcionamiento del techo y su diseño depende de varios factores como: precipitación pluvial del lugar, áreas tributarias
2. El techo deberá tener la pendiente correcta para que el agua corra rapidamente a los canalones y estos también deben tener pendiente
3. En la colocación de los canalones estos deben quedar con la pendiente hacia la bajada de agua, remachados y soldados cuidadosamente.



8. PUENTES:

Puente, es una estructura en una vía de comunicación que sirve para salvar un curso de agua, una depresión del terreno u otra vía de comunicación

Los principales tipos de puente con estructura de acero son los siguientes:

1. - Con viguetas o vigas simplemente apoyadas
2. - Vigas continuas
3. - Vigas Gerber
4. - Vigas Presforzadas .

5.- Armaduras

- a) .- De paso inferior
- b) .- De paso superior
- c) .- De paso a Través

6.- Cajones

7.- Estructuras Espaciales

8.- Puentes colgantes

9.- Puentes atirantados

1.- Los puentes con viguetas o vigas simplemente apoyadas consisten en un conjunto de viguetas del tipo comercial producidas en línea por las laminadores sobre las cuales se cuela una losa de concreto armado.

Cuando se usan los perfiles comerciales regularmente se trata de puentes de claros pequeños.

Para cubrir claros más grandes se usan viguetas de tres placas soldadas de peralte mayor al de las viguetas comerciales y sobre la misma se cuela la losa de concreto armado.

Antiguamente estas viguetas se hacían con remaches en vez de soldadura y se formaban con canales y placas, o bien con ángulos y placas.

2.- Puentes con vigas continuas es una variación de los anteriores, y se utilizan vigas de acero que pasan continuas a través de los apoyos de la sub estructura con objeto de cubrir claros que los cubiertos con vigas simplemente apoyadas sin aumentar desproporcionalmente el peralte .

3.- Vigas Gerber o articuladas constituye una variedad de los puentes con vigas continuas, siendo su mayor utilización cuando se tienen claros contiguos de diferentes dimensiones.



Para cubrir el claro mayor se prolongan las viguetas que cubren el claro menor y se liga una vigueta a través de una articulación para terminar de cubrir el claro.

4.- Vigas presforzadas; son vigas de acero soldadas a las cuales se les presfuerza para aprovechar mejor la sección y poder reducir peralte. No es una practica muy usual, pues con los procedimientos usados hasta la fecha han resultado antieconómicos.

5.- Armaduras; podemos distinguir fundamentalmente tres tipos de puentes de armaduras en función de la colocación de la superficie de rodamiento con respecto a la armadura .

Cuando la losa o superficie de rodamiento se encuentra en la parte inferior de la armadura, este puente se llama paso inferior.

Cuando la losa o superficie de rodamiento se encuentra sobre la armadura este se llama de paso superior.

Cuando la superficie de rodamiento se encuentra entre la cuerda superior e inferior de la armadura, se llama paso a través.

6.-Cajones.- Estos puentes se forman con elementos delgados y atiesados formando una gran sección cerrada sobre la cual se cuele una losa de concreto, o bien se le coloca una superficie de rodamiento del tipo asfáltico, en el caso de puentes carreteros, o bien la estructura de la vía en caso de puentes para ferrocarril.

7.- Estructuras espaciales.- son armaduras tridimensionales de paso superior.

8.-Puentes atirantados.- Regularmente se usan secciones cajón o armaduras de paso superior, las cuales son suspendidas por sistemas de cables que se anclan a grandes pilas. Hay varios tipos de atirantamiento como son los sistemas de tirantes paralelos y a los lados de la calzada, o bien con tirantes al centro de la superficie de rodamiento.



9.-Puentes colgantes.- En la mayoría de estos casos se usan armaduras que son suspendidas de la catenaria que forman los cables.

8.1. TECNICAS CONSTRUCTIVAS:

1.- Remaches y tornillos.- Los primeros puentes de acero se hacían utilizando remaches y tornillos para logra la unión entre los diferentes elementos, en la actualidad los remaches han dejado de usarse y los tornillos han tenido usos muy específicos y restringidos.

2.- La soldadura ha logrado tener una importancia fundamental en la construcción moderna, pues aún en el acero de refuerzo de los puentes de concreto se utiliza para hacer uniones a tope de varillas de diámetros grandes y cuando los traslapes de varillas menores son muy numerosos y bloquean la separación de las mismas, se puede usar soldadura de filete para reducir la longitud del traslape.

Al realizar la soldadura para elementos de puentes debe considerarse el uso de soldadura de comportamiento dúctil ya que puede estar sujeta a esfuerzos alternados de tensión y compresión o por lo menos está sujeta a variaciones de magnitud de los esfuerzos a los que trabaja. Lo anterior es ocasionado por las cargas móviles.

Para soldaduras de campo se deberán hacer con arco eléctrico - manual (Salvo que la importancia de la obra implique instalaciones especiales).

Es conveniente señalar que las máquinas para soldar conocidas como rectificadoras de corriente (Máquinas eléctricas) son en términos generales mejores que las de generador, por lo cual es recomendable que si se requieren dos o más soldaduras en campo se haga un equipo con un generador que alimente a las máquinas eléctricas.



8.2. PUENTES CON VIGUETAS O VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS.

Este tipo de puentes representa el procedimiento más sencillo y rápido de construir un puente, pues no requiere de una fabricación de los elementos metálicos, sino que se adquieren con los distribuidores o fabricantes de perfiles laminados; tratándose de elementos de producción en línea; o bien se fabrican las vigas que señalan los planos del proyecto respectivo observando las especificaciones de soldadura, calibre y calidad de las placas o elementos metálicos. Cuando se trata de vigas de más de 12 metros de longitud debe preverse la forma de transporte con el fin de no complicar el mismo

Hay pues necesidad de planear el trabajo desde un principio para equilibrar el tiempo, costo y seguridad los trabajos de fabricación transporte y ensamble en campo.

Precaución fundamental al cortar las vigas en taller es señalarlas con efecto de evitar confusiones en obra.

El montaje es de los mas sencillo y deberá hacerse con grúa si se encuentra una disponible cercana a la obra, en caso contrario deberá hacerse utilizando plumas, polipastos y malacates manuales para cable de acero (Tirfords).

Una vez realizado el montaje deberá colocarse la cimbra sostenida en las mismas trabes o vigas de acero evitando totalmente la obra falsa. Regularmente el proyecto debe prever la condición de trabajo de cimbrado y colado sin obra falsa pero deberá asegurarse de esta situación, ya que las fallas del patin de compresión puede presentarse si no se tomaron las dimensiones necesarias durante el proyecto. En la generalidad de los casos es más económico rápido y seguro hacer de las vigas elementos autoportante para las condiciones de colado.



8.3. PUENTES CON VIGAS CONTINUAS.

En términos generales la fabricación y transporte obedece a los mismos principios de los descritos anteriormente, sin embargo cuando se habla de puentes con vigas continuas se está tratando de un puente de varios claros y deberá preverse el orden en que se transporten y ensamblen los tramos del puente.

8.4. PUENTES CON ARTICULACION. (VIGA GERBER).

Este es un caso de puentes con vigas continuas. Ya que se trata de vigas con uno o los dos extremos en voladizo donde se colocará una articulación (Apoyo móvil que permite giro y desplazamiento) para recibir una viga que tendrá como apoyos las articulaciones mencionadas.

Deberá tenerse cuidado también en el orden de colado y necesariamente en el orden de montaje, ya que los tramos “suspendidos” tendrán que montarse posteriormente a los tramos con parte en voladizo.

Un recurso muy utilizado para el montaje de los tramos “suspendidos” es el de colocarlos abajo de su lugar definitivo e izar las plumas, poleas y malacates.

8.5. VIGAS PRESFORZADAS.

Se han utilizado con objeto de reducir en los puentes los esfuerzos producidos por la carga permanente y a través de un pos tensado se liberan para aumentar la capacidad de la sección para recibir los esfuerzos de la carga móvil. El pos tensado se realiza con cable y gatos iguales a los usados para concreto, variando únicamente los dispositivos de anclaje.



8.6. ARMADURAS.

En la actualidad ha disminuido considerablemente el uso de armaduras para puentes, sin embargo, es una de las estructuras de acero más versátiles y con grandes ventajas sobre otros sistemas .

El proceso debe iniciarse con la ingeniería de detalle que nos produce finalmente los planos de taller que vienen siendo planos constructivos donde se indica con toda exactitud y magnificando los detalles, las secciones y ensambles de los mismos que proyectó el calculista.

Posteriormente deben fabricarse; midiendo cuidadosamente; las piezas que constituyen la armadura.

Para efectos del montaje debe considerarse toda la maniobra pues hay varias alternativas para realizar la colocación de la armadura en su sitio final. Las principales formas para realizar el montaje son las siguientes :

Armado en Sitio: A través de plumas y cables se van colocando cada uno de los elementos que conforman la armadura; una vez colocado dos o más elementos que integran un nudo, éste se sujeta al sistema de plumas a través de cables para que el nudo en cuestión ocupe el lugar en el espacio que será el definitivo y así en forma consecutiva se van colocando uno por uno de los elementos hasta formar la armadura proyectada .

Lanzado.- Consiste en construir la armadura o conjunto de armaduras que formarán la estructura del puente antes de colocarla en su lugar. Esta construcción puede realizarse en la obra en la vecindad de uno de los apoyos, o bien parcialmente en taller y terminada en obra

Empujado.- Este es una variante del proceso de lanzado con la diferencia que permite lanzar en cantiliver toda la armadura. Regularmente se usan armaduras auxiliares provisionales que bien pueden ser delanteras (Nariz) o bien que posteriormente sirven como anclas.



Izado.- Este se usa cuando se tienen grandes ríos, un proceso recomendable es la utilización de un chalan sobre el cual se montan las armaduras y se colocan abajo de sus apoyos procediendo posteriormente a izarlas y colocarlas en su sitio.

Para las maniobras de izaje se pueden usar cables en polipastos y plumas o bien mecanismos con gatos hidráulicos semejantes a los usados para cables de presfuerzos.

Cajones.- Este tipo de estructuras ha sido cada vez más usado en virtud de las técnicas para soldar tan confiables con las que contamos en la actualidad

La fabricación de los cajones debe hacerse en taller; ya sea en un taller colocado a pie de obra o bien en un taller remoto donde después de fabricar el cajón se desarme en las piezas adecuadas para poder transportarse al lugar de la obra donde se volverá a ensamblar.

El montaje se realiza con métodos similares a los que se describieron para armaduras.

Estructuras Espaciales.- Este tipo de estructuras para puentes ha sido desarrollado primero y fundamentalmente en México, aún cuando ya se trabaja en proyectos de este tipo en Japón, Francia, Estados Unidos e Inglaterra.

La estructura es una armadura tridimensional de acero con nudos soldados y una superficie de rodamiento regularmente de concreto en puentes definitivos y de madera ó rejilla en puentes provisionales, En los puentes hechos en México la losa de concreto es un elemento estructural resistente como parte de la armadura.

Los elementos básicos que conforman la estructura tridimensional son pirámides de base rectangular.

Puentes Atirantados.- Este tipo de puentes implica el cubrir grandes claros pues de lo contrario no resultaría económico. Es por tanto una obra de gran costo.



Regularmente se usan secciones de cajón de acero con piso o superficie de rodamiento de acero también y recubierta con una carpeta asfáltica. La forma del cajón debe tener formas aerodinámicas para amortiguar la acción del viento que es un requisito muy importante que se debe considerar en el diseño. Las secciones cajón serán montadas en dovelas que una vez colocadas en su sitio se ligarán con soldadura y se les colocarán los tirantes para sujetarlas en la forma más próxima a su sitio definitivo. La geometría se va corrigiendo con el retensado de los tirantes.

Puentes Colgantes.- Fueron los precursores de los puentes atirantados pero aparentemente son más económicos los atirantados por lo que han caído en desuso los puentes colgantes.

El procedimiento constructivo consiste en colocar los cables y posteriormente ir colocando las armaduras construidas en secciones (Dovelas) y ligándose posteriormente entre ellas.



ABREVIATURAS.

- **AISC.** American Institute of Steel Construction.
- **AISC.M.** AISC Manual of Steel Construction.
- **AISC.S .** AISC Specification for the Design, Fabrication and Erection of structural steel for Buildings.
- **AISI.** American Iron And Steel Institute.
- **ASTM.** American Society For Testing and Materials
- **NOM.** Norma Oficial Mexicana.



Referencias.

■ Bruce G. Johnston. (1998), Diseño básico de estructuras de acero. Printece Hall, México. D.F.

■ Calderón Alejandro. (1991), Puentes. III Curso internacional de construcción, México; D.F.

■ James M. Fisher, Donald R. Buettner.(1979) American Institute of Steel Construction; Chicago Ill.

■ Manual AHMSA para construcción en acero. (1991), Ed. de Monclova, Monclova Coahuila; México.

■ Manual de construcción en acero IMCA. (1993), Ed. LIMUSA, México; D.F.

■ Melí Roberto. (1990), Diseño estructural Ed. LIMUSA, México; D.F.

■ Plazola Cisneros Alfredo. (1991), Normas y costos de construcción Ed. LIMUSA, México, D.F.

■ William G. Rapp. (1978), Montaje de estructuras de acero en la construcción de edificios, Ed. LIMUSA, México; D.F.

■ Zarate Rocha Luis. (1991), Fabricación, transporte, montaje y colocación de edificios y naves industriales. III Curso internacional de construcción, México; D.F.
