

143



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UNA METODOLOGIA  
BASADA EN LA EXPERIENCIA PERSONAL PARA APOYO EN LA  
SUPERVISION DE CONSTRUCCIONES CON ESTRUCTURA  
METALICA"

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A :  
**M A N U E L T A B O A D A V I R G E N**



ASESOR DE TESIS: ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO

MEXICO, D. F.

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



VERDAD NACIONAL  
AVANZAMA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/136/00

Señor  
MANUEL TABOADA VIRGEN  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. OSCAR E. MARTINEZ JURADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UNA METODOLOGIA BASADA EN LA EXPERIENCIA PERSONAL PARA APOYO EN LA SUPERVISION DE CONSTRUCCIONES CON ESTRUCTURA METALICA"**

- INTRODUCCION
- I. INFORMACION BASICA UTILIZADA EN LAS TAREAS DE SUPERVISION DE ESTRUCTURA METALICA
  - II. PROCEDIMIENTO BASICO PARA IMPLEMENTAR LA SUPERVISION
  - III. COORDINACION DE LA INFORMACION EN LAS SUPERVISION DE LOS PROCESOS DE FABRICACION Y MONTAJE
  - IV. EJEMPLO DE UNA SUPERVISION EN LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA METALICA
- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES  
BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd Universitaria a 23 de noviembre de 2000.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.

### *Mi agradecimiento eterno...*

*.. a Dios por haberme permitido llegar a culminar este importante momento en mi vida.*

*... a mi madre por desear y luchar en darme otro destino, por sus desvelos que acompañaron los míos, por hacerme sentir que en ningún momento caminaba solo.*

*Para ti mamá, mi amor y este trabajo fruto de un sueño.*

*.. a mi padre, ejemplo de que todo puede cambiar con la voluntad y el coraje que Dios nos brinda, y que nunca será demasiado tarde para intentarlo.*

*.. a mis hermanas (Maria Elena y Rosalba) por su apoyo en los momentos difíciles y por su amor que será siempre mi soporte. Ruego a Dios las colme de bendiciones.*

*... a mis sobrinos (Daniel, Mariana y Ana Patricia) esperanza hecha realidad.*

*... a mis amigos, por el simple y grandioso motivo de serlo*

# I N D I C E

## *INTRODUCCION*

i

<b>1. INFORMACION BASICA UTILIZADA EN LAS TAREAS DE SUPERVISION DE ESTRUCTURAS METALICAS</b>	
1.1 CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS	1
1.2 DISEÑO ESTRUCTURAL	7
1.3 DETALLADO DE ESTRUCTURAS	10
1.4 CONEXIONES	18
1.5 DESCRIPCION GENERAL DE LOS METALES MAS COMUNES	20
1.6 TIPOS DE ACERO	23
1.7 TIPOS DE ELECTRODOS	36
1.8 PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS Y DESTRUCTIVAS	44
1.9 ESPECIFICACIONES Y NORMAS QUE SE APLICAN	60
<b>2. PROCEDIMIENTO BASICO PARA IMPLEMENTAR LA SUPERVISION</b>	
2.1 CAMPO DE APLICACION	67
2.2 INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE ACERO	69
2.3 METODOLOGIA	85
2.3.1 ESTUDIO DEL PROYECTO ESTRUCTURAL	86
2.3.2 REVISION DE LOS ALCANCES DE OBRA RELATIVOS A LA ESTRUCTURA METALICA	87
2.3.3 REVISION DE LOS PLANOS DE FABRICACION	90
2.3.4 EVALUACION DE LA CALIDAD DE PRODUCCION DEL TALLER DE FABRICACION	91
2.3.5 PROGRAMA DE TRABAJO DEL CONSTRUCTOR (FABRICACION Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA)	92
2.3.6 MATERIAL A EMPLEARSE EN OBRA	93
2.3.7 FABRICACION DE ESTRUCTURA METALICA	95
2.3.8 EMBARQUE DE LOS ELEMENTOS FABRICADOS	99
2.3.9 ALMACENAMIENTO EN OBRA DE LOS ELEMENTOS FABRICADOS	99
2.3.10 MONTAJE DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	100
2.3.11 PROCESOS DE SOLDADURA	101
2.3.12 PROTECCION DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	107
2.3.13 MANEJO DE BITACORA	108

<b>3.</b>	<b><i>COORDINACION DE LA INFORMACION EN LA SUPERVISION DE LOS PROCESOS DE FABRICACION Y MONTAJE</i></b>	
3.1	MANEJO DE INFORMACION	111
3.2	REPORTE DE AVANCE DE FABRICACION	113
3.3	INFORMACION REFERENTE AL CONTROL DE CALIDAD	115
3.4	REPORTE DE AVANCE DE MONTAJE Y MATERIAL RECIBIDO EN OBRA	137
3.5	REPORTES DE MODIFICACIONES AL PROYECTO ESTRUCTURAL	139
3.6	USO DE NUEVAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA AGILIZAR EL MANEJO DE INFORMACION	139
<b>4.</b>	<b><i>EJEMPLO DE UNA SUPERVISION EN LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA METALICA</i></b>	
4.1	DESCRIPCION DE LA OBRA	149
4.2	PLANOS DE PROYECTO	163
4.3	PLANOS DE FABRICACION	163
4.4	PLANOS DE MONTAJE	172
4.5	FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA	172
4.6	CONTROL DE CALIDAD	181
4.7	MANEJO DE BITACORA	182
4.8	INFORME DE LA SUPERVISION	187
	<b><i>COMENTARIOS Y CONCLUSIONES</i></b>	<b>222</b>
	<b><i>BIBLIOGRAFIA</i></b>	<b>228</b>

# **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

**E**n México existe amplia experiencia en el diseño y construcción de estructuras de acero, por lo que la participación de esta rama en la economía del país es un parámetro importante para valorar el crecimiento económico de la nación.

De manera general, los factores que determinan el desarrollo de las estructuras metálicas de acero de un país a otro, se resumen en: costo de la materia prima (acero estructural en sus diversas modalidades e insumos: tornillería, soldadura, pintura, disponibilidad de perfiles laminados (placa, perfiles estructurales, comerciales y perfiles formados en frío o lámina doblada), costo de la mano de obra, disponibilidad de mano de obra calificada, existencia de talleres especializados en la fabricación de estructuras metálicas, normas y especificaciones para el diseño en acero, promoción del uso del acero en la construcción, iniciativa de los arquitectos para proyectar en acero y ubicación del país en zona sísmica o asísmica.

Lo anterior nos da un panorama en el cual se puede situar el desarrollo del tema de tesis, cuya pretensión es conjuntar una serie de experiencias laborales en la supervisión de construcciones con estructura metálica para desarrollar una metodología básica que llegará a ser útil y referencia inicial a los profesionales recién egresados que inicien su desarrollo laboral en esta área. Esta metodología pretende *asentar las bases para llevar el control de calidad y la normatividad en que se sustenta tanto la fabricación como el montaje de estructura metálica*. Importante es señalar que esto podría ser el punto de partida para profundizar y particularizar en los casos que así se requiera y de acuerdo a la amplia información que sobre el tema existe.

La tesis cuenta con cuatro capítulos, el primero de ellos presenta la información básica utilizada en las tareas de supervisión, considerando la clasificación de las estructuras metálicas dependiendo de los fenómenos naturales (viento y sismo), las ventajas que ofrece al ser considerada como alternativa constructiva.

Para el análisis, diseño, fabricación y montaje se describen también la clasificación que reciben las estructuras metálicas. El diseño, detallado y conexiones se mencionan de forma general, tomando en cuenta que esta actividad involucra a los metales como



materia prima, sobretodo el acero, tornillería y electrodos, todos ellos materiales utilizados en la Industria de la Construcción.

El control de calidad se refiere principalmente a los métodos de inspección más utilizados. Para pruebas no destructivas se presentan la inspección visual, inspección con ultrasonido, inspección con rayos X, aplicación de líquidos penetrantes y partículas magnéticas, dentro de las pruebas destructivas se tiene: ensaye a flexión, ensaye a la tracción, ensaye para determinar la resistencia en uniones soldadas, análisis químico, etc.

Dentro del capítulo dos se pretendió conjuntar una serie de experiencias para conformar una metodología que ordene y de forma a cada una de las actividades que la supervisión realiza, principalmente aplicable a estructura metálica. Las principales etapas involucradas para conformar la metodología son: el proyecto, los materiales utilizados, la fabricación y el montaje.

Esta metodología es aplicable a cualquier tipo de construcción en acero, los procesos involucrados son los mismos, aún considerando que la ingeniería debe adaptarse a las necesidades y condiciones reales del proyecto, no obstante modificar los principales criterios establecidos en la metodología sería un requisito y hacer entrega al contratante de resultados parciales durante el desarrollo de la obra. No se puede entender el trabajo de una supervisión sin el apoyo de un laboratorio o sin la participación de personal en los procesos de fabricación o montaje.

En el capítulo tres se presenta la descripción de los formatos utilizados en las tareas que la supervisión realiza en cada uno de los procesos ya mencionados, se trata de presentarlos por cada una de estas actividades. La participación de profesionales dedicados a la supervisión es de suma importancia, ya que son ellos los que deben solicitar y establecer un orden en el manejo de la información y las actividades realizadas, esto debe redundar en la seguridad y la reducción de sobrecostos que ocasionaría ejecutar reparaciones futuras o la disminución de los servicios que el proyecto ofrecía.

Cuando por desconocimiento o premeditadamente el contratante ordena la cancelación de cualquier actividad que una buena supervisión realiza, se debe estar

consciente que el control de calidad sufre deficiencias. El asumir la responsabilidad correspondiente a cada uno de los participantes evitará conflictos, incertidumbres y mayores problemas en la ejecución del proyecto.

En el capítulo cuatro se presenta la aplicación de la metodología en las tareas de la supervisión, en esta ocasión relacionada a la construcción de una nave de tipo industrial.

Cuando algún punto de la metodología no fue aplicado se hace mención del motivo que ocasionó la omisión.

La obra presentada esta ubicada en el estado de Puebla y gracias a la colaboración desinteresada de las empresas participantes, se logro contar con información relacionada a los criterios de diseño, tipos de acero propuestos por el proyectista, los procesos de soldadura aplicados y pruebas de inspección destructivas y no destructivas utilizadas.

Finalmente se trato de plantear la necesidad de aplicar a las tareas de supervisión la utilización de nuevas tecnologías computacionales, las cuales nos permiten actualmente el manejo de un gran volumen de información y la velocidad de transmisión que nos ofrecen, hacen posible la reducción de tiempo en el procesamiento de problemas y la elección de una mejor solución, incrementando la eficiencia de la supervisión en el control de calidad.

# **CAPITULO 1**

**INFORMACION BASICA UTILIZADA EN LAS  
TAREAS DE SUPERVISION DE  
ESTRUCTURAS METALICAS**

## 1. INFORMACION BASICA UTILIZADA EN LAS TAREAS DE SUPERVISION DE ESTRUCTURA METALICA

La información que a continuación se presenta no tiene la finalidad de suplir las fuentes principales debido a que ello no sería posible por lo abundante y diversa.

Como se menciona en la introducción, el objetivo de esta tesis es brindar un panorama general de la participación de profesionales dedicados a la supervisión y en particular a los egresados que por alguna razón tuvieran la necesidad de participar en estas tareas.

### 1.1 CLASIFICACION DE ESTRUCTURAS

Para este fin se tomaron los conceptos que clasifican a las estructuras en general y también se procuro resaltar la clasificación que es de interés para el tema. Para el desarrollo de las actividades de la supervisión esta información debe ser proporcionada por el estructurista con la finalidad de tomar las medidas pertinentes en obra y no resulte afectada la misma.

#### **Ventajas de las estructuras construidas con acero**

- 1.- Las estructuras avisan, al tomar grandes deformaciones antes de producirse el fallo definitivo. El material es homogéneo y la posibilidad de fallos humanos mucho más reducida que en estructuras construidas con otros materiales.
- 2.- Ocupan poco espacio. Las columnas estorban muy poco a la distribución y las plantas se utilizan al máximo. Los peraltes de las vigas son reducidos y sus anchos aún menores.
- 3.- Las estructuras metálicas no padecen fenómenos reológicos que, salvo las deformaciones térmicas, hayan de ser tenidos en cuenta. Conservan indefinidamente sus excelentes propiedades.
- 4.- Las estructuras metálicas admiten reformas. La vida cambia, los criterios varían, así como las necesidades y los usos; las estructuras metálicas pueden adaptarse con facilidad a las nuevas circunstancias. Su refuerzo es, en general, sencillo y rápido.
- 5.- Las estructuras metálicas se construyen deprisa. Una vez vencidas todas las dificultades y dudas, cuando se decide la construcción, el propietario quiere y necesita que la ejecución sea lo más rápida posible.
- 6.- Si es preciso demoler una estructura metálica, todavía en sus últimos momentos, produce un último beneficio: el de su valor residual.

### **Clasificación de estructuras según su destino**

Para fines de diseño por viento, las estructuras se clasifican de acuerdo a su destino y a las características de su respuesta ante la acción del viento.

Las solicitaciones que se adopten para el diseño por viento de una estructura deben ser en función del grado de seguridad aconsejable para ella. Este a su vez, depende de la gravedad de las consecuencias de una eventual falla, y de cómo varía el costo de la estructura en función de su resistencia.

Atendiendo a la seguridad aconsejable, las estructuras se clasifican como se indica a continuación:

#### **Grupo A**

Pertenecen a este grupo aquellas estructuras que, en caso de fallar, causarían pérdidas directas o indirectas excepcionalmente altas en comparación con el costo necesario para aumentar su seguridad. Tal es el caso de plantas termoeléctricas, casa de máquinas, compuertas, obras de toma, torres de transmisión, subestaciones, centrales telefónicas, estaciones terminales de transporte, estaciones de bomberos, hospitales, escuelas, estadios, salas de espectáculos, templos, museos y locales que alojen equipo especialmente costoso en relación con la estructura.

#### **Grupo B**

Pertenecen a este grupo estructuras en las que el cociente entre el costo de una falla y el costo de incrementar la resistencia es de magnitud moderada.

Este es el caso de presas, plantas industriales, bodegas ordinarias, gasolineras, comercios, restaurantes, casas para habitación privada, hoteles, edificios de apartamentos u oficinas, bardas cuya altura excede de 2.5 m y todas aquellas estructuras cuya falla por viento pueda poner en peligro a otras construcciones de este grupo o del A.

#### **Grupo C**

Pertenecen a este grupo estructuras en las que no es justificable incrementar su costo para aumentar su resistencia, ya que su falla por viento no implica graves consecuencias, ni puede normalmente, causar daños a estructuras de los dos grupos anteriores. Ejemplos: bardas con altura menor de 2.5 m, bodegas provisionales para la construcción de obras pequeñas, etc.

### **Casos especiales**

En obras muy especiales, como las plantas nucleares, el cociente de pérdidas por falla entre el incremento en costo debido a un incremento en resistencia es tan alto, que estas estructuras quedan fuera de la clasificación que antecede.

### **Clasificación de las estructuras por las características de sus respuestas ante viento**

Atendiendo a la naturaleza de los principales efectos que el viento puede ocasionar en las estructuras, éstas se clasifican en cuatro tipos:

#### **Tipo 1**

Abarca estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento. Se incluyen explícitamente las siguientes construcciones:

- a) Edificios de habitación u oficinas con altura mayor de 60 m.
- b) Bodegas, naves industriales, teatros, auditorios y otras construcciones cerradas, techadas con sistema de arcos, traveses, armaduras, losas, cascarones u otros sistemas de cubiertas rígidas; es decir, que sean capaces de tomar las cargas debidas a viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las cubiertas flexibles, como las de tipo colgante, a menos que mediante la adopción de geometría adecuada, la aplicación de preesfuerzo o el empleo de otra medida conveniente se logre limitar la respuesta estructural dinámica.
- c) Puentes y viaductos constituidos por losas, traveses, armaduras simples o continuas, o arcos.

#### **Tipo 2**

Pertencen a este tipo las estructuras cuya esbeltez o dimensiones reducidas las hace especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración, y cuyos períodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes. Se cuentan en este tipo las torres atirantadas o en voladizo para líneas de transmisión, arbotantes para iluminación, antenas, tanques elevados, bardas, parapetos, anuncios y, en general, las estructuras que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluyen las estructuras con período fundamental mayor de 2 segundos y las que explícitamente se mencionan como pertenecientes al tipo 3.

### **Tipo 3**

Estas estructuras reúnen todas las características de las del tipo 2, salvo que la forma de su sección transversal propicia la generación periódica de vórtices o remolinos con ejes paralelos a la mayor dimensión de la estructura. Los vórtices ocasionan fuerzas transversales periódicas, susceptibles de sufrir amplificaciones dinámica excesiva. Se incluyen en este grupo estructuras aproximadamente cilíndricas o prismáticas, tales como chimeneas, cables en líneas de transmisión, puentes o tuberías colgantes, con períodos naturales menores de 2 s.

### **Tipo 4**

Son de este tipo las estructuras que presentan problemas aerodinámicos especiales. Entre ellas se hallan las siguientes:

- a) Formas aerodinámicamente inestables: líneas de transmisión en zonas sujetas a heladas, antenas parabólicas, etc.,
- b) Estructuras flexibles con varios períodos naturales próximos entre sí: cubiertas y puentes colgantes.

### **Clasificación de las estructuras según su capacidad para resistir temblores**

Otra forma de clasificar a las estructuras es la que se basa en el impacto que puedan tener los movimientos telúricos, para ello se tiene la siguiente clasificación:

#### **Grupo A**

Edificios gubernamentales y de servicios públicos (como plantas de bombeo, centrales eléctricas y telefónicas, estaciones de bomberos y otros) aquellos cuyo funcionamiento es especialmente importante a raíz de un temblor (como hospitales); aquellos cuyo contenido es de gran valor (como museos), y aquellos con área total construida superior a  $400\text{m}^2$ , donde existe frecuente aglomeración de personas (como escuelas, estadios, salas de espectáculos, templos, estaciones terminales y similares).

#### **Grupo B**

Construcciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A, las que se subdividen en:

- a) **Subgrupo B1.** Construcciones de más de 30 m. de altura o con más de 6 000 m<sup>2</sup> de área total construida ubicada en la zona I y II según se define en el RCDF y construcciones de más de 15m. de altura o 3 000 m<sup>2</sup> de área total construida en zona III.
- b) **Subgrupo B2.** Las demás de este grupo

### **Tipos de estructura metálica**

Se permiten los tres tipos básicos de estructura de acero que se enumeran más adelante. En cada caso, el análisis, diseño, fabricación y montaje de la estructura deberán estar de acuerdo con el elegido.

**El tipo 1** es aquel cuyas conexiones son suficientemente rígidas para asegurar que no se modificaran los ángulos que forman los ejes de los miembros.

Para que una estructura pueda considerarse dentro de este tipo, es necesario que las conexiones extremas de los elementos que la forman sean capaces de transmitir, como mínimo, el momento resistente de dichos elementos.

**La construcción del tipo 1** se permite de manera incondicional y se aceptan dos métodos diferentes de diseño. Si se satisfacen los requisitos necesarios para obtener un comportamiento adecuado en el intervalo plástico, se pueden proporcionar miembros de marcos continuos o porciones continuas de marcos, tomando como base su máxima resistencia predecible, para resistir las cargas de diseño especificadas multiplicadas por los factores de carga prescritos. En caso contrario, las construcciones tipo 1 se diseñarán para resistir los esfuerzos producidos por las cargas especificadas de diseño, suponiendo que los momentos se distribuyen de acuerdo con la teoría elástica.

**El tipo 2** es aquel cuyas conexiones no tienen capacidad para desarrollar momento, sino únicamente fuerza cortante y que permiten las rotaciones relativas entre los extremos de los distintos miembros.

Las conexiones de elementos estructurales diseñadas dentro del tipo 2 deberán ser flexibles, y no serán capaces de desarrollar más de 20% del momento resistente del elemento.

**La construcción tipo 2** se permitirá para vigas secundarias, y se aceptará en los marcos principalmente que la rigidez de la estructura en conjunto y de cada uno de los marcos que la constituyen, considerado por separado, suministrada por muros, contravientos, juntas



rígidas o una combinación de los tres elementos, sea suficiente para soportar las fuerzas horizontales que les correspondan.

El tipo 3 es aquel cuyas conexiones poseen una capacidad conocida para desarrollar momento, y cuya rigidez es intermedia entre las del tipo 1 y tipo 2. La construcción de este tipo de estructura se permitirá únicamente cuando las conexiones sean capaces de soportar momentos de intensidad conocida, sin que se sobrepasen los esfuerzos admisibles en remaches, pernos o soldaduras.

### **Esquemas estructurales**

Fundamentalmente, todos los tipos estructurales están formados por columnas, que se apoyan sobre la cimentación; trabes, que cargan sobre las columnas, y losas armadas, que transmiten sus cargas a las trabes. Algunas trabes también llamadas vigas, pueden transmitir su reacción, por uno o por sus dos extremos, no a una columna sino a otra trabe. También puede ocurrir que alguna columna no llegue a la cimentación, bien porque esté colgada, bien porque descansa en un elemento en flexión (trabe).

Las diversas formas en que pueden quedar enlazadas las trabes y las columnas dan lugar a los diferentes tipos de estructura.

### **Estructuras totalmente isostáticas**

Es el tipo de construcción más utilizado. Es quizá el mayor rendimiento en taller y montaje y, por consiguiente, el de menor costo por kilogramo de acero de obra terminada. En este tipo de estructura las columnas están sometidas fundamentalmente a compresión y las vigas se articulan sobre ellos, no importando cuál sea su dirección en el plano horizontal, por lo que este tipo es de la mayor flexibilidad en lo que se refiere a las necesidades arquitectónicas. Los soportes de las diversas plantas por su forma de enlace, pueden considerarse también como articulados unos con otros y en la base.

Las estructura así concebida, es un mecanismo por lo que, para oponerse a los esfuerzos horizontales producido por sismos, viento, u otras causas, han de disponerse unos elementos estructurales capaces de resistir estas sollicitaciones.

El cálculo de las trabes se realiza en la hipótesis de viga articulada en sus dos extremos, los nudos puedan transmitir un cierto momento flector.

### **Estructuras con vigas continuas**

Cuando sea posible, es generalmente recomendable adoptar una disposición de viga continua, porque se obtienen considerables economías de acero y reducciones de flecha notables.

Las mayores complicaciones de cálculo y de ejecución en taller y montaje, con el consiguiente aumento del precio del kilogramo de estructura terminada, queda en muchos casos, compensada por la economía de peso.

### **Estructuras de marcos con nudos rígidos**

En este tipo de estructuras los soportes y vigas que concurren en un punto forman un nudo rígido. Es decir, las tangentes a las directrices de las diversas piezas (columnas o vigas) mantienen ángulos invariables, después de la deformación.

Este tipo de estructura, además de tener la ventaja de que pueden los marcos resistir los esfuerzos horizontales en la dirección de su plano, suele ser de más rendimiento, para grandes luces, que sus equivalentes de nudos articulados o de vigas continuas.

Entre los inconvenientes de su empleo está el que, en estas estructuras, tiene mayor repercusión la existencia de asentamientos diferenciales.

## **1.2 DISEÑO ESTRUCTURAL**

Existen diversas formas de concebir la estructura resistente y el proyectista de la misma debe saber cuál es, en cada caso, la más conveniente. En su decisión deberán pesar diversos factores, entre los que se mencionan los siguientes:

- La forma y las dimensiones del terreno. Además, si éste, por hallarse enclavado en una zona urbana, es de forma irregular, será difícil que pueda proponérsele una estructura de marcos planos y en cambio ser muy sencilla una estructura totalmente isostática; esto mismo puede ocurrir, también, cuando la distribución arquitectónica del edificio es muy complicada.
- El terreno de cimentación, con la posibilidad de que se produzcan o no importantes asentamientos diferenciales.
- El uso a que vaya a ser destinado el edificio.
- La velocidad de ejecución.

- La situación económica

Como resultado de este proceso, se elaboran los planos de estructurales, que sirven de base para la elaboración de los planos de taller. En general el procedimiento de diseño sigue básicamente la siguiente secuela:

Estudios preliminares y de factibilidad

Anteproyecto

- Selección del tipo de estructura, material básico y modelaje
- Evaluación de las cargas y acciones actuantes en la estructura

Proyecto definitivo

- Obtención de acciones internas (momentos flexionantes, cortantes y deformaciones)
- Dimensionamiento de miembros y conexiones estructurales
- Revisión de las condiciones de servicio (deformaciones, vibraciones, etc.)
- Detallado

Para muchas estructuras típicas se pueden omitir los estudios de factibilidad. El anteproyecto es simplemente un diseño simplificado que da la idea de dimensiones aproximadas de los miembros estructurales.

Un diseño racional en acero se basa en una amplia disponibilidad de perfiles estructurales en el mercado, sistema estructural eficiente, uso adecuado del material (claros convenientes), desarrollo de la ductilidad del acero, velocidad constructiva, diseño económico, al obtener estructuras prefabricadas más livianas que las de concreto (aprovechamiento óptimo del acero), facilidad para fabricar las conexiones, reducción de la aplicación de soldadura en campo, mayor empleo de conexiones atornilladas, fabricación y montajes precisos, ingeniería de detalle completa, utilización de elementos idénticos para reducir el número de marcas en la estructura (se reduce el costo de fabricación y se cometen menos errores), diseño de conexiones a momento de vigas columnas en los marcos resistentes a fuerza laterales, etc. En el diseño de una estructura de acero debe considerarse también la protección anticorrosiva y contra fuego.

En el diseño, deben tomarse en cuenta varios factores que pueden hacer que la estructura de acero tenga un comportamiento no dúctil, debido a la presencia de algún fenómeno de

inestabilidad: pandeo local, pandeo lateral o pandeo lateral por flexo torsión o pandeo de conjunto. Así mismo, deben considerarse otros factores que influyen en el comportamiento dúctil del acero: alto contenido de carbono, bajas temperaturas, estados triaxiales de esfuerzos, velocidad de aplicación de carga (impacto), fatiga y fallas de tipo frágil.

Las propiedades que definen la respuesta sísmica de una estructura son resistencia, rigidez, amortiguamiento, ductilidad y capacidad de disipar o absorber energía. El arte de diseñar contra sismos no consiste en construir estructuras capaces de resistir las fuerzas horizontales (aunque esta capacidad es parte de un buen diseño), sino también implica obtener sistemas estructurales que se caractericen por contar con una adecuada combinación de estas propiedades. Cabe señalar que las estructuras de acero poseen bajo amortiguamiento. El amortiguamiento de estructuras soldadas es de aproximadamente 2.7% y el de estructuras atornilladas es un poco mayor. Una rigidez suficiente de la estructura evita deformaciones excesivas mayores que las prescritas en las normas de diseño vigentes, este aspecto es muy importante en estructuras de acero, principalmente en la dirección de menor momento de inercia.

Cualquier intento de clasificación o subdivisión del proceso de diseño resulta hasta cierto punto arbitrario. Sin embargo, es útil para entender su esencia, considerar tres aspectos fundamentales: la estructuración, el análisis y el dimensionamiento.

**Estructuración.** En esta parte del proceso se determinan los materiales de los que se va a estar constituida la estructura, la forma global de ésta, el arreglo de sus elementos constitutivos y sus dimensiones y características más esenciales. La correcta elección del sistema o esquema estructural depende más que de ningún otro aspecto la bondad de los resultados. En esta etapa es donde desempeñarán un papel preponderante la creatividad y el criterio.

**Análisis.** Se incluyen bajo esta denominación las actividades que llevan a la determinación de la respuesta de la estructura ante las diferentes acciones exteriores que pueden afectarla.

- a) Modelar la estructura, o sea idealizar la estructura real por medio de un modelo teórico factible de ser analizado con los procedimientos de cálculo disponibles.
- b) Determinar las acciones de diseño.

- c) Determinar los efectos de las acciones de diseño en un modelo de estructura elegido.

**Dimensionamiento.** En esta etapa se define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad adoptados. Además, se elaboran los planos y especificaciones de construcción de la estructura.

El análisis de la secuencia temporal con que se realiza el diseño de una estructura permite distinguir las fases siguientes:

- 1) Planteamiento de soluciones preliminares.
- 2) Evaluación de soluciones preeliminares.
- 3) Diseño detallado.
- 4) Transferencia de los resultados del diseño.
- 5) Supervisión.

### 1.3 DETALLADO DE ESTRUCTURAS

Una vez seleccionada la opción más conveniente, se procede a definirla hasta su detalle, realizando de manera refinada todas las etapas del proceso; aún aquí es necesario con frecuencia recorrer más de una vez las diversas etapas del proceso, ya que algunas de las características que se habían supuesto inicialmente pueden tener que modificarse por los resultados del dimensionamiento y hacer que se repita total o parcialmente el análisis.

Un buen diseño nunca estará completo si no existe una comunicación entre el diseñador y el fabricante de estructuras metálicas. El detallado incluye la elaboración de los planos de taller con base en los planos estructurales que prepara el diseñador. Los planos de taller, deberán contener detalles completos y precisos de la estructura y sus conexiones, así como de los anclajes y todo aquello que pueda dar lugar a diferentes interpretaciones.

#### 1.3.1 Planos de diseño

Estos han de contener el diseño completo con medidas, secciones y localización relativa de los diversos miembros. Se acotarán los niveles de piso, centros de columnas y proyecciones. Han de dibujarse a una escala suficientemente grande para mostrar en forma adecuada la información. En ellos se indicará el tipo o tipos de construcción según su destino, y contendrán además los datos de las cargas supuestas, de las fuerzas cortantes,

momentos y fuerzas axiales que han de ser resistidos por todos los miembros y conexiones; asimismo, contendrán todos los datos requeridos para la preparación adecuada de los planos de taller.

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

Cuando se requiera de las armaduras y vigas tengan contra flecha, se indicará en los planos de diseño, también deberán contener y especificar las características especiales que llegase a presentar la estructura ... , estas condiciones por ejemplo serían:

- Utilización de algún producto para anclaje que no ataque químicamente el acero.
- Especificaciones particulares para la utilización de alguna serie en especial de electrodos.
- Recomendaciones generales para apuntalamiento, o colocación de elementos auxiliares para realizar la fabricación o montaje.

### 1.3.2 Planos de taller

Antes de iniciar propiamente la fabricación de la estructura, deberán prepararse los planos de taller. Estos deberán contener la información completa para la fabricación de los elementos de la estructura, incluyendo la localización, tipo y tamaño de todos los remaches, tornillos y soldaduras. Se hará la distinción entre sujetadores y soldaduras de taller y de campo. Se elaborarán de acuerdo con las más modernas prácticas y se tendrá en cuenta la rapidez y economía en la fabricación y en el montaje.

Se indicarán en los planos de diseño y de taller las juntas, o grupos de juntas, en las que la secuencia y técnica de aplicación de la soldadura requieran de especial atención para minimizar las soldaduras con restricción a la deformación y para evitar las distorsiones excesivas, esto debido a que cualquier metal que se suelda está sujeto a calentamiento y enfriamiento disparejos. Las longitudes de soldadura indicadas en los planos de diseño y de taller serán las longitudes efectivas.

Los símbolos de soldadura empleados en los planos de diseño y de taller, de preferencia serán los de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) o la Norma Oficial Mexicana para Estructuras de Acero.

Podrán emplearse otros símbolos adecuados siempre y cuando se expliquen en forma completa en los planos de diseño o de taller.

Como se encuentra normalizada esta actividad, se tiene un código de líneas utilizadas en la elaboración de los planos de taller. Ver tabla 1-1


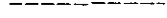


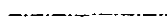




### 1.3.3 Símbolos de soldadura

En la soldadura se utilizan determinados signos en los planos de ingeniería para indicar al soldador las reglas que debe seguir. Estos gráficos se llaman símbolos de soldadura y una vez que se entienden el lenguaje de los símbolos es muy fácil leerlos.

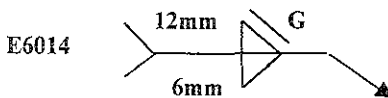
Los símbolos de soldadura que se utilizan en la industria de la construcción para representar detalles de diseño que ocuparían demasiado espacio en el dibujo si tuvieran escritos con todas sus letras. Por ejemplo, el ingeniero o el diseñador desea hacer llegar la siguiente información al taller de fabricación:

- El punto en donde se debe hacer la soldadura.
- Que la soldadura va a ser de filete en ambos lados de unión.
- Un lado será una soldadura de filete de 12 mm (1/2") y el otro, una soldadura de filete de 6 mm (1/4").
- Ambas soldaduras se harán con un electrodos E6014.
- La soldadura de filete 12 mm (1/2") se esmerilará con máquina hasta que desaparezcan todas las acumulaciones y exceso de metal de la soldadura.

Para dar toda esta información, el ingeniero o diseñador pone el símbolo en el lugar correspondiente en el plano y transmite la información al taller de soldadura (figura 1-2).

Muestra de trazo	Descripción	¿Qué muestra?
Línea visible o del objeto 	Gruesa, continua	La línea continua indica El contorno de elemento.
Línea oculta 	Mediana, discontinua o punteada	La línea discontinua indica una línea oculta, o sea el lado de un elemento que no se puede ver.
Línea de acotación 	Delgada, con puntas de flechas	Esta línea se utiliza para acotar las dimensiones o el tamaño del objeto
Línea de extensión 	Delgada, continua	Esta línea se extiende alejada del objeto en los puntos que se van a medir
Línea de centros 	Delgada, discontinua, con guiones largos y cortos	Este tipo de líneas se utilizan para indicar los ejes principales, secundarios o de los puntos de trabajo.
Línea de plano de corte 	Mediana a gruesa, continua o discontinua	Las líneas de plano de corte se emplean para indicar que el elemento tiene un corte imaginario en cierta sección. Las flechas indican la cara de la sección que se ha cortado.
Línea de corte largo 	Mediana, continua; símbolo de corte	Esta línea se llama de corte e indica que un objeto es mucho más largo de lo que aparenta.
Línea de corte corta 	Gruesa, ondulada	Indica un corte pequeño (corto)
Línea de guía 	Delgada, continua	Esta línea señala una parte o acotación específica en un plano o dibujo.

**TABLA 1-1 Líneas que se utilizan en el dibujo de los planos estructurales y de fabricación**



**Figura 1-2 Un símbolo de soldadura que resume toda información que se tendría que manifestar en cada dibujo en los planos de taller**



Los símbolos de soldadura son tan esenciales en el trabajo del soldador como depositar un cordón o llenar una unión. A continuación se explica brevemente las partes de que se compone un símbolo estándar de soldadura.

### **Partes del símbolo de soldadura**

Los símbolos de soldadura deben de cumplir con ciertas características las cuales se enumeran a continuación, además de mostrarse la figura 1-3 explicativa:

1. La línea de referencia siempre será la misma en todos los símbolos. La flecha del símbolo muestra la ubicación de la soldadura. Si el símbolo de soldadura está debajo de la línea de referencia, la soldadura se hará en el lado de la unión hacia el cual apunta la flecha. Si el símbolo de soldadura esta encima de la línea de referencia, la soldadura se hará en el lado de la unión opuesto al lado al que apunta la flecha.
2. La flecha puede apuntar en diferentes direcciones y es factible que sea una línea quebrada.
3. Hay muchos símbolos de soldadura, cada uno correspondiente a una soldadura particular.
4. Las acotaciones (dimensiones) se ponen a la izquierda del símbolo de soldadura.
5. Se agregan acotaciones (dimensiones) adicionales a la derecha del símbolo si la unión se va a soldar por puntos, como en el caso de la soldadura de filete. La primera acotación adicional señala la longitud de la soldadura; la segunda dimensión adicional señala la distancia entre centros de la soldadura.
6. La cola quizá no contenga información especial y, a veces, se puede omitir.

Hay una gran variedad de símbolos complementarios, cada uno con un significado diferente.

Las figuras 1-4, 1-5 y 1-6 muestran los símbolos básicos para la soldadura y sus aplicaciones, se debe recordar que son solo simples ilustraciones y que probablemente incluirían mucho mayor información si fueran parte de un plano real.

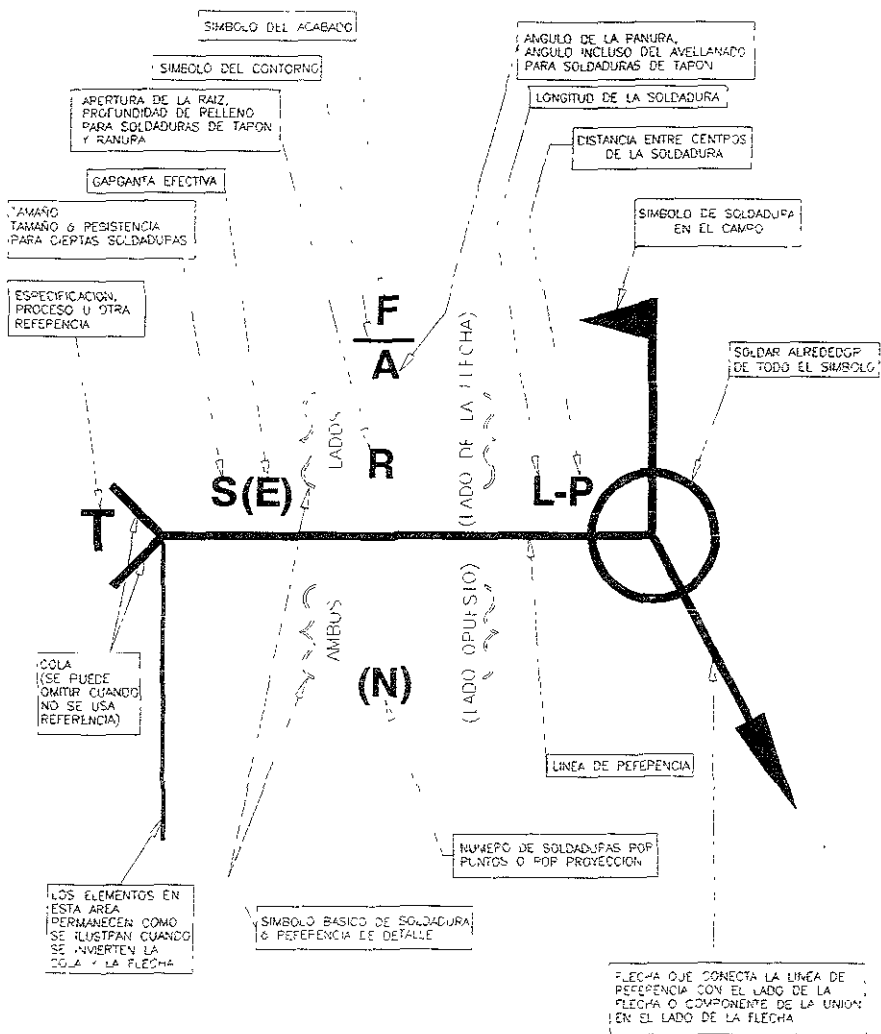
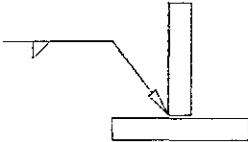
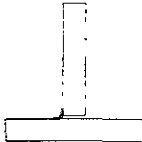
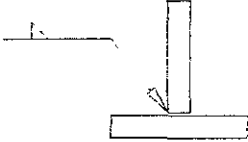
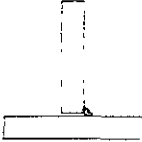
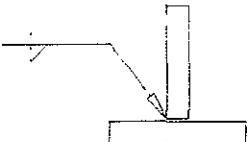
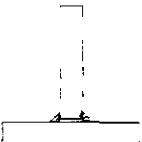
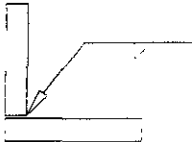
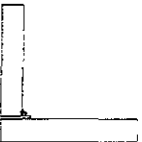

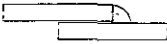

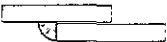
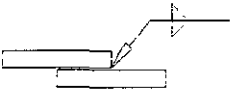



Figura 1-3 Posición de los elementos de un símbolo

SIMBOLO	RESULTADO
	
	
	
	

**Figura 1-4 Símbolos para uniones T**

**Figura 1-5 Símbolos para uniones traslapadas**

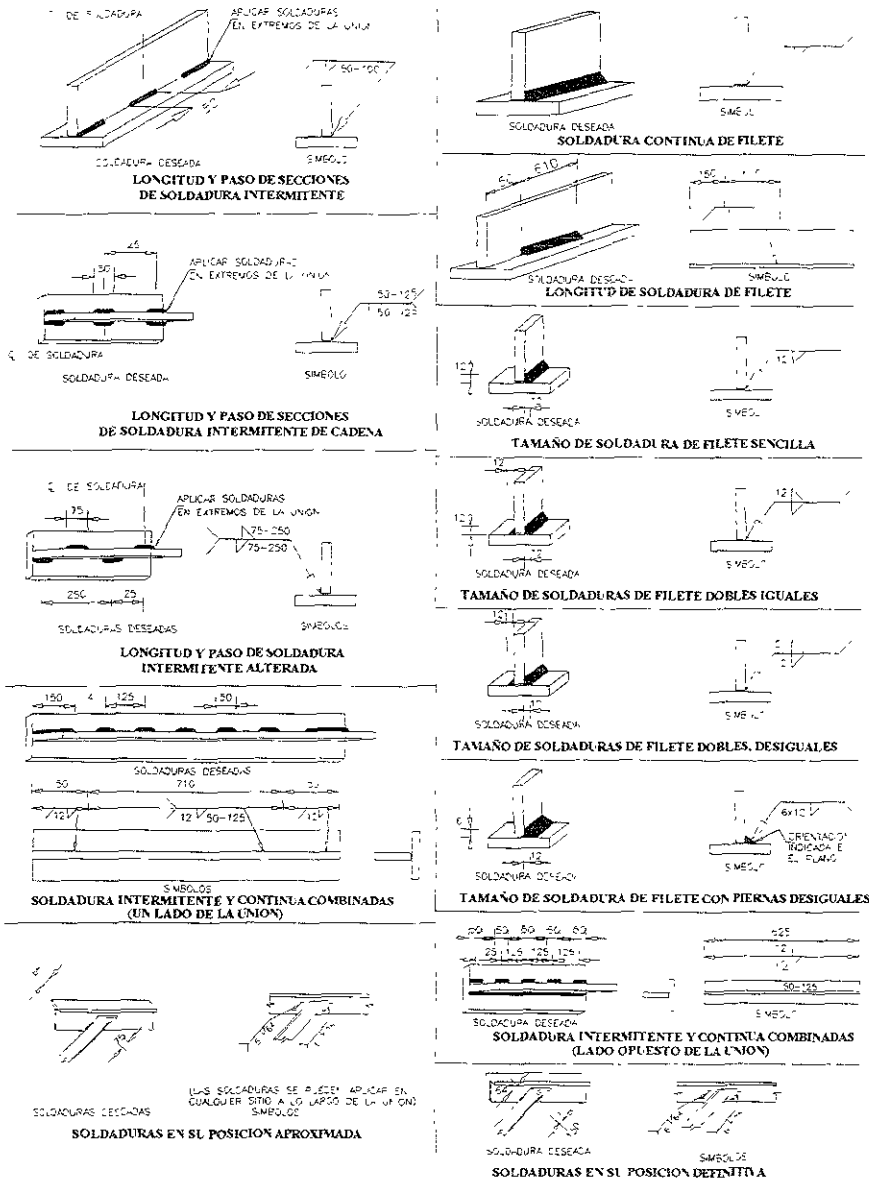


Figura 1-6 Ejemplos típicos de símbolos para soldaduras de filete

## 1.4 CONEXIONES

Las estructuras dependen de las conexiones entre los elementos de carga, ya que mediante estas, las cargas se transfieren de un elemento a otro. Existen tres tipos comunes de conexiones:

1. Remaches.
2. Atornillada.
3. Soldada.

El diseño y fabricación de las conexiones, es uno de los aspectos trascendentales y más difíciles de resolver en un proyecto resuelto con estructura de acero. Las conexiones deben ser capaces de transmitir cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flexionantes. Algunas veces. Las juntas se diseñan para transmitir un sólo tipo de acción, mientras que en otras ocasiones, como suele ocurrir en los casos en que se desea establecer continuidad entre los elementos unidos, la junta debe tener capacidad para transmitir una combinación de diferentes efectos, por ejemplo: cortante y momento flexionante.

La experiencia en la construcción de estructuras soldadas ha demostrado que las conexiones entre vigas y columnas de sección transversal "I" (laminadas o soldadas), que son secciones abiertas, son más fáciles de hacer que la conexión de una columna tipo cajón y una viga de sección transversal "I". En las secciones "I" se tiene acceso para depositar la soldadura por varios lados, mientras que en las secciones en cajón existe mayor dificultad al tener completamente cerrados, pero sus propiedades geométricas son más favorables que las secciones "I".

Las conexiones atornilladas presentan las siguientes ventajas: proceso en frío, rapidez en el atornillado, menos mano de obra especializada, facilitan la inspección visual y la sustitución de los tornillos que se han dañado o la reposición de estos.

Las conexiones soldadas son sencillas y económicas, debido a que se eliminan elementos de unión, se obtienen estructuras más rígidas o continuas y requieren menos trabajo en taller. Sus desventajas principales son: mayor supervisión en obra, aplicación de calor durante el proceso de soldadura, requieren mano de obra calificada y dificultan la inspección visual.

En el diseño moderno de estructuras de acero en México, se busca tener una alta redundancia en marcos rígidos, conexiones a momento, para poder compensar las ahora conocidas incertidumbres de posibles fracturas frágiles en la conexión viga-columna tradicional.

**Las juntas bien diseñadas deben cumplir adicionalmente con los siguientes requisitos:**

**Sencillez.** Cuando más sencilla es una junta, menos posibilidades existen de que la conexión resulte con defectos, puesto que se tienen menos puntos críticos y zonas potenciales de falla. El hecho de que esto pueda efectuarse con un mínimo de personal especializado. Es necesario procurar no solamente que la junta en si sea sencilla sino también que las preparaciones, que son necesarias hacer en las piezas no sean complicadas.

**Continuidad.** El empleo de juntas asegura un grado de continuidad, supone el empleo de material en los elementos estructurales que forman parte de la estructura debido a la posibilidad de proyectarla como continua.

**Economía.** El costo de las juntas puede representar una parte importante del costo total de la estructura de acero, de manera que, es de interés mantenerlo dentro de los límites razonables. Por lo tanto el proyectista debe cuidar escrupulosamente los diferentes factores que determinan el costo de una junta. Los principales materiales que se integran el costo de las conexiones son:

- **Costo de los elementos que forman la junta:** soldadura, tornillos, placas o retazos de perfiles laminados (ángulo de asiento o mensula, perfiles T, etc.).
- **Costo de la mano de obra** necesaria para fabricar la junta con las preparaciones que requieran los elementos que la forman.
- **Costo del equipo de montaje** cuando el tipo de junta obliga a que la pieza sea sostenida mientras se efectúan las uniones en campo.

**Precisión geométrica aceptable.** Es necesario que las conexiones cumplan con requisitos mínimos de precisión geométrica, con el fin de que permitan la unión de los elementos que integran una estructura, sin necesidad de hacer ajustes, que siempre elevan el costo del montaje de manera importante. No obstante las juntas deben diseñarse con tolerancias, ya que por mucho cuidado que se ponga en la fabricación, tanto de estas como de los elementos prefabricados que van a unir, siempre existen pequeños errores de dimensión.

Por otra parte, si la junta requiere un ajuste demasiado afinado las operaciones de montaje se complican.

**Estabilidad durante el montaje.** De manera general, se recomienda diseñar las juntas, de modo que permitan cierto grado de sujeción durante el montaje. De no ser así, es necesario emplear equipo de izaje para sujetar las piezas prefabricadas, mientras se efectúan las uniones, con el siguiente aumento de tiempo de montaje, costo de la mano de obra, material y equipo auxiliar.

Las juntas deben ser diseñadas, de tal manera que se pueda garantizar que no ocurrirán fallas en ellas, ya que las articulaciones plásticas deben presentarse en las trabes. Por ejemplo, si se tienen columnas formadas por cuatro placas soldadas, es necesario que se coloquen placas interiores, soldadas en los cuatro costados, para que la junta no se distorsione al momento de la aparición de los esfuerzos elevados.

### 1.5 DESCRIPCION GENERAL DE LOS METALES MAS COMUNES

Los metales se dividen en dos categorías: metales ferrosos, los cuales contienen hierro, y metales no ferrosos, los cuales no lo contienen. En la tabla 1-7 se incluyen algunos de cada categoría:

Metales ferrosos	Metales no ferrosos	
Hierro	Aluminio	Plata
Hierro fundido	Cobre	Latón
Acero	Plomo	Bronce
Aleaciones de acero	Estaño	Oro
Hierro galvanizado	Níquel	Platino
Lamina estañada (hoja lateada)	Zinc	Peltre

TABLA 1-7 Algunos metales clasificados en ferrosos y no ferrosos.

Cuando un metal puro o simple se procesa y hornea, se tiene como resultado un metal base. Si a este metal base se le adicionan otros elementos y metales, las características del producto resultante son totalmente diferentes y serán aprovechadas en diversas áreas de la industria, la Industria de la Construcción aprovecha principalmente los tipos de acero que se logran producir.

### 1.5.1 Metales ferrosos

El metal ferroso es el que contiene o se forma con hierro y otros elementos. El hierro es el más común y útil de los metales.

El **arrabio o hierro de primera fusión** que se obtiene del alto horno, se utiliza poco para procesos de manufacturas porque es quebradizo y tiene muchas impurezas.

El **hierro puro** se obtiene al eliminar las impurezas del arrabio. El hierro puro tiene poco uso en los procesos de manufactura, excepto para formar aleaciones, porque es demasiado blando. Sin embargo, es esencial para producción de acero.

El **hierro forrado** se produce con la adición de chatarra y mineral de hierro al arrabio y, luego, al calentar la mezcla en un horno especial. Esta mezcla se trabaja dentro del horno para formar bolsas grandes del metal. Cuando se sacan, se martillan y se laminan de modo que una parte de la escoria quede atrapada dentro del metal.

El **hierro forjado** es blando y se puede doblar y trabajar para darle muchas formas, tales como herraduras, cadenas, rejas y barandillas ornamentales. Sin embargo, este metal ha sido sustituido en su totalidad por el acero dulce para la fabricación de estos productos.

El **hierro fundido o coiado** se produce al agregar carbono y otros ingredientes al hierro fundido. El método de fundición determina el tipo de hierro fundido que se obtenga. Hay tipos diferentes de hierro fundido.

El acero es un metal ferroso duro y fuerte y se hace a partir de hierro refinado, al cual se han agregado otros elementos para producir muchas clases de acero. El carbono es el ingrediente principal que se agrega al hierro fundido para producir acero. Algunas de sus variedades son las siguientes:

- El **acero de bajo carbono (acero dulce)** tiene pequeñas cantidades de carbono. Se utiliza en la manufactura de cadenas, clavos, tubos, perfiles y formas estructurales.
- El **acero de mediano carbono** tiene más cantidad de carbono que el acero dulce y se utiliza en la fabricación de ejes para vehículos y para máquinas.
- El **acero de alto carbono** tiene un contenido todavía mayor de carbono que los dos anteriores. Se utiliza en muelles y resortes para automóviles, yunques y hojas de sierra.



- **El acero de muy alto carbono** tiene más carbono que los tres anteriores, pero menos que el hierro fundido. Se utiliza para hacer cinceles, cuchillas y limas.
- **El acero fundido** es acero colado o vaciado en moldes en lugar de darle determinada forma.

Los aceros de aleación se producen al agregarles otros elementos. Por ejemplo, se añaden níquel y cromo para producir acero inoxidable. El tungsteno se agrega para producir herramientas de corte con mucho filo. El manganeso se agrega para hacer herramientas de corte muy duras.

### 1.5.2 Metales no ferrosos

**El aluminio** en su estado puro es como el hierro puro, de muy poco valor para la fabricación. Sin embargo, cuando se le agregan otros elementos o metales, tiene millares de aplicaciones que van desde piezas para aviones o vehículos, hasta “papel” para envolver alimentos.

**El cobre** se emplea en los utensilios de cocina y equipo eléctrico. Cuando se forma una aleación con el estaño, se produce el metal llamado bronce. Cuando se forma una aleación con el zinc se produce el metal llamado latón.

**El plomo** es uno de los metales más antiguos conocidos por el hombre. Se utiliza, entre otras cosas, para producir tipos para imprenta, soldadura blanda y pigmentos para pinturas.

**El zinc** en aleación con el cobre produce latón. También se hacen con zinc piezas fundidas en molde de presión para vehículos y el revestimiento galvanizado que protege los metales.

**El níquel** se utiliza en la manufactura de aceros inoxidables, metal Monel (aleación de níquel y cobre) y monedas.

**El estaño** se utiliza para recubrir acero dulce, en la producción de hojalata para hacer envases y, en aleación con el cobre, para producir bronce.

**El magnesio** es similar en aspecto al aluminio, pero mucho más ligero. Uno de sus usos principales es en la fabricación de componentes de aviones.

**El oro puro** es demasiado blando para ser utilizado solo; para empleo comercial se usa en aleación con otros metales. Estos metales de la aleación producen variaciones en las características del oro, por ejemplo, el color. La finura del oro por lo general se mide en quilates. El oro puro es de 24 quilates.

La plata pura se emplea muy raras veces. Las monedas, cuchillería y joyería se hacen siempre con aleaciones de plata.

La plata fina (Sterling) por ley debe contener, cuando menos, 0.97 partes de plata.

### 1.5.3 Puntos de fusión aproximados de los metales

Los metales se funden a diferentes temperaturas. En la siguiente tabla 1-8 se indican los puntos de fusión de los metales más comunes.

METAL	PUNTO DE FUSION (°C) (°F)
Estaño	2325-449
Plomo	343-629
Zinc	419-786
Aluminio	648-1150
Bronce	882-1620
Latón	926-1699
Plata	960-1760
Cobre	1082-1980
Hierro fundido	1232-2300
Metal Monei	1343-2440
Acero de alto carbono	1371-2500
Acero de mediano carbono	1426-2600
Acero inoxidable	1426-2600
Níquel	1449-2650
Acero de bajo carbono	1510-2700
Hierro forjado	1593-2850
Tungsteno	3410-6084

**TABLA 1-8 Puntos de fusión para diversos materiales**

## 1.6 TIPOS DE ACERO

Testimonios que datan, por lo menos, de hace 5 000 años muestran que las aleaciones de hierro eran ya conocidas y empleadas en aquel entonces. Incluso es posible que el hierro hubiera sido empleado con anterioridad, pero a causa de su tendencia a oxidarse y

descomponerse se ha perdido todo indicio. No obstante, en circunstancias y condiciones especiales, relativamente escasas, ciertas piezas escaparon a la oxidación y hoy son objeto de estudio.

Todas las pruebas de que se disponen permiten suponer que los antiguos aceros nunca fueron licuados en su proceso de obtención. Es decir, el acero se obtenía en el estado plástico valiéndose de forjas, en las cuales el combustible era carbón de leña. La escoria que contenían muchos óxidos de hierro, se separaba del metal con martillo.

Los modernos procedimientos para la obtención del acero bruto en estado líquido se inventaron hace ciento veinte y cinco años, como es el caso del procedimiento Siemens-Martin, en el cual se obtiene acero líquido sin gastar calor adicional, utilizando solo el calor desprendido de la oxidación de las impurezas contenidas en el arrabio. Posteriormente vino el desarrollo de nuevos procesos como: el Bessemer, el Thomas, los Convertidores al Oxígeno y, más recientemente, el denominado Horno de Arco Eléctrico.

### 1.6.1 Clasificación del acero

El acero puede ser clasificado de muchas y muy variadas formas, a continuación se dan algunas de ellas:

**Clasificación por el proceso de fabricación.-** Esta clasificación se da según el proceso por medio del cual el acero fue fabricado; así se tiene que hay:

- Acero Siemens-Martin,
- Acero Bessemer,
- Acero de Convertidor al Oxígeno,
- Acero de Horno de Arco Eléctrico, etc.

**Clasificación por su destino.-** Esta clasificación se da según el destino para el cual el acero será empleado, de esta manera se tiene:

- Acero para Construcción,
- Acero Herramienta,
- Acero para Forja,
- Acero para Chapa, etc.

**Clasificación en cuanto a su carácter de solidificación en las lingoteras.-** Esta clasificación está en función del grado de oxidación que tenga el acero, así se puede decir

que un acero efervescente es el resultado de un desprendimiento abundante de gases. Por lo que se tiene:

- Acero Calmado,
- Acero Semicalmado,
- Acero Efervescente.

Los términos de bajo, mediano y alto carbono en relación con el acero se usan para indicar, en una forma muy general, el contenido de carbono del acero. Sin embargo, la producción de acero es ya casi una ciencia exacta y es un proceso de manufactura rigurosamente controlado. Existen diversos métodos para identificar o clasificar aceros. Algunas de las asociaciones que los han establecido son la SAE (Society for Automotive Engineers), ASTM (American Society for Testing and Materials ) y el AISI (American Iron and Steel Institute) y todas tienen clasificaciones para acero. Con el método utilizado por cada una es similar, veremos el utilizado por la SAE. Este sistema esta basado en el análisis químico del acero (ver tabla 1-9) en donde se usa un sistema de numeración de cuatro dígitos. El primer dígito indica el tipo de acero:

1.- Acero al carbono	6.- Acero al cromo-vanadio
2.- Acero al níquel	7.- Acero al tungsteno
3.- Acero al níquel-cromo	8.- No hay clasificación
4.- Acero al molibdeno	9.- Acero al silicio-manganeso
5.- Acero al cromo	

**TABLA 1-9 Clasificación del acero mediante su composición química**

El **segundo dígito** indica el porcentaje de aleación en el acero, por ejemplo 10XX. El cero indica que no hay elemento de aleación, es decir que es acero al carbono simple.

El **tercero y cuarto dígitos**, juntos indican el contenido de carbono del acero. En el 1010, por ejemplo, el segundo 10 señala que el acero tiene 10/100 de 1% de carbono. Entonces, el acero 1010 se clasificaría como acero al bajo carbono y es el que se utiliza para alojar el núcleo en la mayor parte de los electrodos de acero para soldadura.

### 1.6.2 Producción de hierro y acero

Para producir acero, se necesitan tres materiales básicos: mineral de hierro, carbón y piedra caliza. Para poder fundir el hierro contenido en el mineral, se necesitan temperaturas muy elevadas. El carbón, que es el combustible básico, no puede producir estas temperaturas, si primero no se lo convierte en coque lo cual se hace en un horno de coquización.

A fin de comprender la importancia de los metales que se adicionan en la fundición y fabricación de acero, se presenta la tabla 1-10.

ELEMENTO	PROPOSITO
Aluminio	Desoxidación, purificación
Boro	Endurecimiento
Carbono	Endurecimiento
Cobalto	Endurecimiento, resistencia
Cobre	Endurecimiento, resistencia, contra herrumbre
Cromo	Endurecimiento, resistencia, contra herrumbre
Fósforo	No se agrega al acero, pues ya esta presente como impureza. Sin embargo, una pequeña cantidad mejora la resistencia, su facilidad de maquinado
Manganeso	Endurecimiento y tenacidad
Molibdeno	Endurecimiento contra oxidación
Níquel	Tenacidad, resistencia, ductilidad
Silicio	Resistencia; da calidad magnética
Titanio	Resistencia a altas temperaturas
Tungsteno	Endurecimiento, tenacidad
Vanadio	Endurecimiento, tenacidad

**TABLA 1-10 Materiales que se adicionan para adquirir las características requeridas al acero estructural**

El primer paso para la producción del acero es en el alto horno, en donde se cargan capas alternadas de mineral de hierro, coque y piedra caliza por la parte superior de una estructura cilíndrica de gran altura, revestida con ladrillos refractarios. Se insufla aire súper calentado hacia arriba en el alto horno conforme va bajando la mezcla del mineral de hierro, coque y piedra caliza. El calor resultante separa el hierro del mineral. El hierro líquido se acumula en el fondo del alto horno y se forma una capa de escoria encima del hierro se extraen a

intervalos periódicos. El hierro se envía a los hornos de aceración y la escoria se convierte en material utilizado en la industria de la construcción.

Hay muchos tipos de hornos para producir acero, tales como el convertidor Bessemer, el horno eléctrico, el horno de hogar abierto y el horno de oxígeno. Cada uno es construcción y características distintas, pero su producto final básico es el acero. Se controla con mucho cuidado la mezcla de hierro fundido, chatarra, piedra caliza y otros elementos para producir el tipo de acero deseado. Cuando el ya esta listo, se cuele (a veces se llama vaciado) en moldes y se deja enfriar. Cuando los moldes ya están fríos, se abren y queda una pieza maciza de metal llamado lingote. Después, se recalientan los lingotes a una temperatura uniforme en un foso de recalentamiento antes de enviarlos a los trenes llamados genéricamente de laminación.

En los trenes de laminación, se utilizan rodillos que funcionan a presiones muy altas para convertir los lingotes recalentados en lupias, tochos y planchas. Las lupias suelen ser de sección transversal cuadrada igual que los tochos, pero estos son mucho más pequeños. Las planchas tienen forma rectangular. La siguiente operación tiene lugar en el laminado de varilla y barras o en el laminado de placas y tierras.

En el laminador de varilla, la presión de los rodillos reduce a los tochos a una varilla de diámetro muy pequeño que, después, se transforma en alambre, tuercas, pernos, tornillos y clavos. En el laminador de barras, se producen formas o perfiles tales como hierro angular, perfil T, perfil o barra Z, barras redondas y cuadradas.

En el laminador de planchas, se producen planchas y placas de diversas anchuras y espesores para barcos, elementos estructurales, locomotoras, tubos grandes y tanques. El acero que se debe laminar a menor espesor reduce en laminadores de tiras calientes y se utiliza en carrocerías de ferrocarril, tuberías y artefactos eléctricos y, también se envía a laminadores en frío.

En algunos de estos trenes de laminación se trabaja con presiones y velocidades sumamente elevadas. Por ejemplo, en el laminador en frío no es raro utilizar presiones de 20 685 k Pa.

(2995 psi), velocidad de entrada de 185 m/min. (600 ft/min.) y velocidades de salida del laminador hasta de 1040 m/min.

### 1.6.3 Principales elementos en la producción del acero

**Carbono.** El hierro puro es blando y maleable, además tiene escaso valor comercial por su baja resistencia a la tracción y poca dureza. Sin embargo el hierro puro es el material básico para el acero y el hierro fundido. Cuando se agregan pequeñas cantidades de carbono ocurren cambios importantes en las propiedades mecánicas del hierro. El que tiene un contenido de carbono hasta de 0.3%, se llama acero dulce. Con 0.3% a 0.6% de carbono, se llama acero simple al carbono. Con 0.6% a 1.7% se denomina acero de alto carbono. El hierro fundido es el que contiene más de 1.7% de carbono.

**Manganeso.** El carbono no es el único elemento que se utiliza en la producción de acero. El manganeso también es un ingrediente esencial porque produce más solidez y elimina la porosidad por gas. Lo más importante es que se combina con el azufre para formar sulfuro de manganeso (MnS). No es raro un contenido de manganeso hasta de 1%, aunque el normal es entre 0.4 y 0.8%. El manganeso también le dará mayor resistencia a la tracción y más dureza al acero, sin detrimento de ductilidad.

**Cromo.** Se agrega al acero para aumentar la dureza y la resistencia a la abrasión.

**Níquel.** Se agrega para dar resistencia a los choques y se emplea el cromo para formar una gran variedad de aceros inoxidables.

**Silicio.** No influye en forma directa en las propiedades mecánicas del acero, pero suele estar presente en pequeñas cantidades, hasta de 0.4% y se combina con el oxígeno del acero para formar dióxido de silicio, que flota a la parte superior del metal fundido durante la producción y extrae el oxígeno del acero. Si se emplea en cantidades mayores de 0.4%, significa que se agrega como aleación para darle propiedades magnéticas al acero al bajo carbono, lo cual impide que se le formen costras a altas temperaturas.

**Oxígeno.** Forman óxidos de hierro con el hierro fundido, lo cual es indispensable porque los óxidos hacen que el acero débil, quebradizo y poroso. Por esta razón se agregan elementos como el silicio para que actúen como desoxidantes.

**Azufre.** Forma sulfuros, que hacen que el acero sea muy quebradizo a altas temperaturas. Esto se denomina quebradizo o fragilidad en caliente y significa que el acero no se puede

forjar o trabajar sin riesgo de agrietamiento. Una de las razones para la adición del manganeso en la producción de acero es eliminar o controlar el contenido de azufre.

**Fósforo.** La presencia del fósforo en el acero alterará mucho su ductilidad, o sea que se volverá quebradizo en frío. Los límites de azufre y fósforo se controlan con mucho cuidado en la producción de acero comercial.

#### 1.6.4 Subproductos de la producción de acero

Con el acero se puede manufacturar una gran variedad de productos. Además, hay muchos otros bien conocidos que tienen como ingredientes básicos algunos de los subproductos de la producción de acero.

Durante el proceso de coquización, se desprenden nubes de un gas color café oscuro. Este gas contiene valiosos productos químicos que se pueden recuperar.

Uno de los primeros productos de esos gases es el **alquitrán bruto**. Este alquitrán de hulla es un material negro, espeso y muy viscoso que se puede utilizar para el tratamiento de las redes de los pescadores o como inhibidor de corrosión y también en materiales para techados y paneles de muro.

La **creosota** se puede extraer del alquitrán y se usa como preservativo para la madera. El alquitrán, después se puede separar en otros de diversas viscosidades para pavimentos, materiales para techados, electrodos, recubrimientos de metales y materiales protectores para obras de albañilería y tuberías.

Los ácidos del alquitrán de hulla se emplean como base de las **resinas** para hacer plásticos, pegamentos, laminados y también, como removedores de pintura, limpiadores de metales, soluciones antisépticas y productos farmacéuticos.

La **naftalina** en su estado puro, se emplea como repelente de insectos, como la polilla. También se puede utilizar para preparar resinas para pinturas y plásticos.

Además del alquitrán y sus ácidos, también se puede recuperar un aceite delgado de los gases del coque. Este aceite, después de la destilación y tratamiento químico, produce los siguientes líquidos incoloros:

**Benzol.** Se utiliza para hacer hule (caucho) sintético, plásticos, fibras textiles, Nylon, colorantes, detergentes, analgésicos, herbicidas y productos químicos para fotografía.



**Toluol.** Se utiliza en lacas de alta calidad para pintar automóviles, preservativos para alimentos, determinados colorantes, fármacos, blanqueadores, explosivos y algunas gasolinas de aviación.

**Xilol.** Se utiliza como adelgazador y diluyente para resinas plásticas, pinturas, barnices y algunas fibras sintéticas como el Dacron.

Cuando el **amoniaco** de los gases se convierte en amoniaco anhidro, se utiliza como fertilizante químico y acondicionador del acero. Después de extraer todos estos subproductos, el gas restante se puede volver a aprovechar como **combustible** en la planta siderúrgica.

Incluso la **escoria** de los altos hornos no se desperdicia. Se tritura, se clasifica por tamaño y se eliminan todas las partículas de hierro. La escoria se utiliza después para hacer materiales aislantes para edificios, gravilla para techados, como balasto en las vías de ferrocarril y como agregado en el concreto y asfalto. El agua de desecho se recircula y se eliminan los ácidos y partículas de hierro. Estas partículas se utilizan para cintas magnéticas y otros usos. El hierro en polvo, las escamas e incluso el acero de desperdicio se vuelve a utilizar en el proceso.

### 1.6.5 Identificación de los metales

Para examinar e identificar todos los metales, la industria tiene laboratorios bien equipados, maquinaria costosa y técnicos especialistas. Los soldadores pueden emplear métodos más sencillos y, con la practica, llegan a identificarlos muy bien. Una sola prueba a veces puede determinar el metal. Pero se suele requerir más numero de pruebas para estar seguro. Las pruebas más comunes son las siguientes:

**Color.** La mayoría de las personas conocen los colores de los metales comunes: Tabla 1-11

**Masa.** Con solo poner una pieza de aluminio en un plato de una balanza y una pieza de plomo de las mismas dimensiones en el otro, se puede decir que el plomo tiene mayor masa. Sin embargo, las diferencias en las masas de otros metales no son tan claras. A continuación se enumeran (ver tabla 1-12) algunos metales comunes, en orden ascendente de masa de mínima a máxima.

**Prueba a la flama.** Otra prueba que se puede hacer es la reacción de los metales al calor. Los diferentes metales tienen distinta reacción al aplicarles una fuente de calor.

METAL	COLOR
Cobre	Rojo
Latón	Amarillo
Bronce	Dorado
Hierro fundido	Gris
Acero inoxidable	Plateado
Aluminio	Blanco

**TABLA 1-11 Se muestra los colores más identificables de algunos materiales**

1. Aluminio	7. Plata
2. Zinc	8. Plomo
3. Estaño	9. Oro
4. Hierro	10. Platino
5. Níquel	
6. Cobre	

**TABLA 1-12 Diferencias de masas de mínima a máxima**

Comparando una pieza de aluminio y una de magnesio del mismo tamaño. Salvo que se utilice equipo especial, el color y la masa de ambas piezas serían muy similares. Pero, si se sacan algunas limaduras de cada una y se le aplica la flama del soplete, las limaduras de aluminio se fundirán y las de magnesio arderán con una blanca e intensa.

**Prueba con imán.** Es sencilla prueba y determina en un instante si el metal es ferroso o no ferroso. Aplicando un imán al metal. Si el imán atrae el metal, se puede tener la seguridad de que es ferroso.

**Prueba de la chispa.** Otro método para identificar metales es esmerilando y observar la chispa que despiende el metal.

A continuación se presenta las diferentes pruebas físicas que en determinado momento podrían ser útiles para determinar en obra si existiese la duda, el tipo de metal que se pretende utilizar, para esto se presentan las tablas 1-13 y 1-13A.

En la tabla 1-14 se pretende mostrar la diversidad de clasificaciones que de acuerdo a ASTM se tiene de aceros que se utilizan en la industria y en la fabricación de estructura metálica frecuentemente se construye con acero tipo estructural A-36, aunque los aceros de alta resistencia también tienen una gran participación en estructuras que estarán sometidas a una gran cantidad de cargas de servicios.

<b>METAL PRUEBA</b>	<b>Acero al manganeso</b>	<b>Acero inoxidable</b>	<b>Hierro fundido</b>	<b>Hierro forjado</b>
<b>Aspecto</b>	Superficie funda mate	Plateado brillante y terso	Gris oscuro, señales de arena del molde	Gris claro terso
<b>Magnetismo</b>	No magnético	Depende del análisis exacto	Fuertemente magnético	Fuertemente magnético
<b>Cinzel</b>	Sumamente duro para el cinzel	Viruta continua, color brillante liso	Virutas pequeñas de unos 3 mm. no es fácil de cincelar quebradizo	Viruta continua, bordes lisos, blando y se corta y cincela con facilidad.
<b>Fractura</b>	Grano grueso	Depende del tipo, brillante	Quebradizo	Aspecto fibroso gris brillante
<b>Llama</b>	Se funde rápido, se pone rojo brillante antes de fundirse	Se funde rápido, se pone rojo brillante antes de fundirse	Se funde despacio se pone rojo apagado antes de fundirse	Se funde rápido se pone rojo brillante antes de fundirse.
<b>Chispa</b> Para mejores resultados, usar equipo de esmerlado de cuando menos 1500 m/min	Saltan en abanico blanco intenso	1. Níquel, forma negra cerca de la piedra 2. Molibdeno, flechas en forma de lengua (solamente) 3. Vanadio, lenguas largas de punta de lanza (solamente)	Líneas portadoras continuas (contienen muy poco carbono)	Líneas largas color paja (prácticamente libres de estallidos o ramificaciones)

**TABLA 1-13 Pruebas físicas que se pueden efectuar en obra para determinar si un material es ferroso o no ferroso**

<b>METAL PRUEBA</b>	<b>Acero de bajo carbono</b>	<b>Acero de mediano carbono</b>	<b>Acero de alto carbono</b>	<b>Acero de alto azufre</b>
<b>Aspecto</b>	Gris oscuro	Gris oscuro	Gris oscuro	Gris oscuro
<b>Magnetismo</b>	Fuertemente magnéticos	Fuertemente magnéticos	Fuertemente magnéticos	Fuertemente magnético
<b>Cinzel</b>	Viruta continua, filos lisos, se cincela con facilidad	Viruta continua filos lisos, se cincela con facilidad	Duro de cincelar, puede dar viruta continua	Viruta continua, bordes lisos, se cincela con facilidad
<b>Fractura</b>	Gris brillante	Gris muy claro	Gris muy claro	Grano fino gris brillante
<b>Llama</b>	Se funde rápido, se pone rojo brillante antes de fundirse	Se funde rápido, se pone rojo brillante antes de fundirse	Se funde rápido se pone rojo brillante antes de fundirse	Se funde rápido se pone rojo brillante antes de fundirse.
<b>Chispa</b>  Para mejores resultados, usar equipo de esmerilado de cuando menos 1500 m/min	Líneas portadoras amarillas largas (aproximadamente 0.20% o menos de carbono)	Líneas amarillas con ramas muy claras (aproximadamente 0.20% o menos de carbono)	Líneas amarillas estallidos numerosos y muy claros. Estallidos en estrella (aproximadamente 0.45% de carbono)	Líneas esponjosas chispas en forma de cigarro

**TABLA 1-13A Pruebas físicas que se pueden efectuar en obra para determinar si un material es ferroso o no ferroso (Continuación)**

Clasificación de acuerdo a la ASTM (American Society for Testing and Materials)	Tipo de acero
A-36	Acero estructural
A-53 grado B	Tubería de acero soldada y sin costura
A-242	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación
A-440	Acero estructural de alta resistencia
A-441	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación de manganeso y vanadio.
A-500	Tubería estructural de acero al carbón formada en frío, soldada y sin costura.
A501	Tubería estructural de acero al carbón, formada en caliente, soldada y sin costura
A-514	Placa de acero de aleación de alta resistencia a la fluencia, templada por inmersión y apropiada para soldar.
A-529	Acero estructural con esfuerzo de fluencia mínimo de 2950 kg/cm <sup>2</sup> (42 000 psi).
A-570, Grados D y E	Lámina y solera de acero al carbón, laminadas en caliente, calidad estructural.
A-572	Aceros de calidad estructural, de alta resistencia y baja aleación de columbio y vanadio.
A-588	Acero estructural de alta resistencia y baja aleación, con esfuerzo de fluencia mínimo de 3515 kg/cm <sup>2</sup> (50000 psi) hasta 10.2 cm (4 pulg) de espesor.
A-618	Tubería estructural soldada y sin costura de alta resistencia y baja aleación formada en caliente.

**TABLA 1-14 Aceros que con más frecuencia se utilizan en la industria y en la fabricación de estructuras metálicas**

La forma en que se determina el tipo de acero que se utiliza se basa en los informes certificados de pruebas de molino o de las pruebas hechas por el fabricante o por un laboratorio de pruebas, de acuerdo con la Norma ASTM A6 y con la especificación particular, si esta existe, constituyen evidencia suficiente de conformidad con alguna de las especificaciones ASTM ya mencionadas. Además, si se solicita, el fabricante suministrará una garantía escrita de que el acero estructural proporcionado reúne los requisitos del grado especificado.

Puede emplearse acero no identificado, que no tenga imperfecciones superficiales, para piezas o detalles de poca importancia, donde las propiedades físicas precisas del acero y soldabilidad no afecten la resistencia de la estructura.

Para los elementos de conexión como son los remaches estos cumplirán la especificación para remaches estructurales, ASTM A-502, Grado 1 o 2.

La certificación del fabricante será evidencia suficiente de su conformidad con las especificaciones.

Los pernos de acero de alta resistencia cumplirán una de las siguientes especificaciones ASTM. Los demás pernos, sujetadores y pasadores estarán de acuerdo con la especificación ASTM A-307. La certificación constituirá suficiente evidencia de que los pernos satisfacen las especificaciones.

A-325	Pernos de alta resistencia para juntas de acero estructural, incluyendo tuercas apropiadas y rondanas aceradas simples endurecidas.
A-490	Pernos templados por inmersión, de acero de aleación, para juntas de acero estructural.

**TABLA 1-15 Características de diferentes calidades de tornillos que se utilizan en conexiones atornilladas**

## 1.7 TIPOS DE ELECTRODOS

La soldadura es un proceso de unir en el que se aplica calor para hacer dos piezas de metal se unan metalúrgicamente. El calor se puede aplicar con una llama de gas, un arco eléctrico o una combinación de calentamiento por resistencia eléctrica y presión.

El proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido es uno de los métodos de soldadura más importante y común, ya que con el se puede soldar de distintos tipos y espesores, en todas las posiciones y con una inversión mínima de equipo. Dentro del proceso de soldadura, los electrodos constituyen el material de aportación.

### 1.7.1 Producción

Aunque en la actualidad se fabrican electrodos con recubrimientos de mediano a grueso, los de recubrimiento grueso son los que más se utilizan.

El **recubrimiento** de los electrodos se suele aplicar por inmersión o por extrucción. El método más popular es el de extrusión, en el cual se aplica un recubrimiento en forma de pasta al alambre desnudo. Luego, el alambre cubierto con pasta se hace pasar a presión (extruye) a través de un pequeño dado formador circular, que reduce el recubrimiento al tamaño correcto para ese tipo particular de electrodo. Después, se van cortando los electrodos con una guillotina pequeña al tamaño deseado y se secan en estufas. Luego, se empaquetan y embarcan para su distribución.

Los dados utilizados en el proceso de extrusión se deben examinar a intervalos frecuentes y con todo cuidado para ver si tiene desgaste o daños, porque cualquiera que esté ligeramente ovalado, producirá electrodos con recubrimiento más grueso en una parte de la circunferencia. Esto producirá un consumo desigual del electrodo, porque un lado se consumirá más pronto que el otro. Ello puede ser de graves consecuencias en soldaduras que necesitan examen con rayos X, pero ocurre rara vez, ya que todos los electrodos se producen en condiciones y con control de calidad muy estrictos.

### Características

El alambre del núcleo de un electrodo, en casi todos los casos, se hace con el mismo metal que el de las piezas que se van a soldar. Por ejemplo, el acero dulce se soldaría

con un electrodo con el alambre del núcleo hecho con acero dulce. El alambre sería de aluminio para soldar un metal base aluminio; para el cobre, se emplearía alambre de núcleo de cobre, etc. La combinación de los elementos utilizados para el recubrimiento produce las características especiales de cada tipo de electrodo.

La finalidad del alambre del núcleo es conducir la energía eléctrica al arco y suministrar el metal de relleno o aporte adecuado.

### **Recubrimientos**

El recubrimiento tiene muchas funciones, si no lo hubiera, el metal fundido se combinaría con el oxígeno y el nitrógeno del aire. Por tanto, es necesario proteger tanto el metal de aporte del electrodo como el metal base fundido que se suelda; éste es la mezcla del metal base fundido y el metal fundido del electrodo que, cuando se solidifica forma la soldadura en sí. El arco se puede proteger con una envoltura de un gas inerte, el cual no producirá una reacción química con el metal fundido. El recubrimiento de los electrodos suministra el gas protector. Este es el proceso de soldadura con metal y arco protegido (SMAW).

El recubrimiento reduce al mínimo la contaminación con el aire atmosférico, porque produce una protección.

Algunos de los elementos utilizados en los recubrimientos son magnesio, silicatos de aluminio y talco, todos ellos son **formadores de escoria**. Los fluoruros de calcio, carbonatos de calcio, ferro manganeso, ferro silicio y ferro titanio son **agentes fundentes**. El silicato de sodio se utiliza como **agente aglutinante**. La celulosa, que forma un gas, protege la zona de la soldadura.

### **Funciones de los recubrimientos**

Las principales funciones de los recubrimientos de los electrodos son:

- a. Reducir al mínimo la contaminación del metal de soldadura con el oxígeno y el nitrógeno atmosféricos.
- b. Compensar las pérdidas de ciertos elementos durante la transferencia del metal a través del arco, porque el recubrimiento incluye aleaciones.



- c. Concentrar el arco en una zona específica porque forma una taza o copa en la punta del electrodo, que se debe a la fusión más lenta del recubrimiento.

### **Escoria**

El recubrimiento también forma escoria en la parte superior del metal fundido que se suelda, la cual protege al metal fundido durante el enfriamiento y también ayuda a configurar la soldadura. Se elimina después de que se ha enfriado la soldadura. La escoria, además de formar una capa protectora sobre la soldadura, también debe poseer las siguientes características:

- a. Tener un punto de fusión más bajo que el del metal que se suelda. De lo contrario, hay el peligro de que la escoria se solidifique antes que el metal de aporte depositado.
- b. Tener una densidad, en su estado fundido, que sea menor que la del metal de soldadura, para que pueda flotar en la superficie.
- c. Debe tener suficiente viscosidad para que no fluya sobre una superficie muy grande. Sirve para evitar la contaminación del metal de la soldadura con el aire atmosférico.
- d. No debe contener elementos que produzcan reacciones indeseables con el metal de soldadura.
- e. Se dilatará, pero en forma distinta a la del metal de soldadura, para que se pueda desprender de éste cuando esté frío.
- f. Tener una tensión de superficie que impida la formación de glóbulos grandes.

#### **1.7.2 Identificación**

Debido a que hay diferentes tipos de electrodos en el mercado, puede haber confusión al seleccionar el correcto para el trabajo que se va a hacer. Por ello, la AWS (American Welding Society) estableció un sistema de numeración, que se utiliza en la industria de la soldadura. Por ejemplo, en la especificación AWS A-5.1 para acero dulce y de bajo contenido de aleación se utilizan los números E6014, E10014, E6011.

Estos números se interpretan como sigue:

- 1- La letra E indica que el electrodo es para soldadura con acero.

- 2- Los dos números siguientes (si se usan cuatro dígitos) o tres (si se usan cinco dígitos) multiplicados por 1000, indican la resistencia a la atracción del metal del electrodo en libras por pulgada cuadrada.
- 3- El penúltimo número indica la posición en la cual se puede usar el electrodo. Ésta puede ser **plana**, **vertical** o **sobre la cabeza**. La posición plana está dividida además en horizontal y hacia abajo. En este caso, el número 1 indicaría que el electrodo se puede usar en todas las posiciones. El número 2 indicará que el electrodo sólo se puede utilizar en la posición plana (horizontal o hacia abajo).
- 4- El último número indica las características eléctricas del electrodo, por ejemplo, si es para ca, cc directa o inversa. Sin embargo, este último número ha dejado de ser confiable debido a los tipos de electrodos que se emplean en la actualidad.

Un electrodo **E7024**, por ejemplo, tendría las siguientes características:

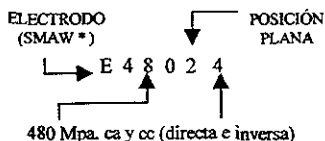
<b>E</b>	Electrodo para soldadura con arco
<b>70</b>	Multiplicado por 1 000 es igual a una resistencia a la tracción de 70 000 psi
<b>2</b>	Posición plana (horizontal o hacia abajo)
<b>4</b>	ca y cc (directa o inversa)

Por tanto, un electrodo **E7024** es para soldadura con arco. Tiene una resistencia a la tracción de 70 000 psi y sólo se debe usar en posición horizontal, hacia abajo o ambas. Se puede usar con ca y cc. Cuando se usa con cc, se puede emplear con polaridad directa o inversa, aunque algunos fabricantes recomiendan sólo polaridad inversa cuando se trabaja con cc.

### **El código de numeración de CSA**

La norma del CSA (Canadian Standards Association) para los electrodos de acero dulce y de bajo contenido de aleación es la W48-1 M-1980, que tiene características casi idénticas con la norma AWS A5.1. La diferencia está en que la CSA utiliza el SI y la AWS todavía emplea las medidas inglesas para indicar la resistencia a la tracción de un

electrodo. La AWS expresa la resistencia a la tracción en libras por pulgada cuadrada (psi). La CSA utiliza kilo pascuales (kPa) o mega pascuales (Mpa). En el caso del electrodo E7024, 70 000 psi se convierten en 480 000 kPa o 480 Mpa. Con la especificación CSA, el E7024 se vuelve E48024, pero en ambos casos los requisitos que debe cumplir el electrodo son los mismos.



\* SMAW (arco metálico sumergido)

En la tabla 1-16 se presentan las clasificaciones AWS y CSA de los electrodos para SMAW (Arco Metálico Sumergido).

AWS A-5.1	CSA W48-1 M 1980	
Clase	Código antiguo	Código métrico y en S.I.
E6010	E6010 W48.1	E41010 W48.1-M
E6011	E6011 W48.1	E41011 W48.1-M
E6011	E6011 W48.1	E41011 W48.1-M
E6012	E6012 W48.1	E41012 W48.1-M
E6012	E6012 W48.1	E41012 W48.1-M
E6013	E6013 W48.1	E41013 W48.1-M
E6013	E6013 W48.1	E41013 W48.1-M
E7014	E7014 W48.1	E48014 W48.1-M
E7024	E7024 W48.1	E48024 W48.1-M

En el código de CSA, "M" significa métrico o SI

**TABLA 1-16 Clasificación de electrodos por AWS y CSA**

Aunque todavía no se han publicado todas las normas en sistema métrico, es probable que las siguientes conversiones se apliquen para determinar las medidas de los electrodos.

**Longitud del electrodo:** milímetros en vez de pulgadas

<b>Pulgadas</b>	9	12	14	18	28	36
<b>mm</b>	225	300	350	450	700	1000

**Diámetro del electrodo:** milímetros en vez de pulgadas

<b>Pulgadas</b>	1/16	5/64	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16
<b>mm</b>	1.6	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	6.0	8.0

Muchos fabricantes tienen sus propias marcas o nombres comerciales y números para sus electrodos, pero todos los envases y electrodos deben tener marcado el número de AWS o de CSA en lugar visible. Por ejemplo, el electrodo E7024 (E48024 si está hecho en Canadá) tiene diversos nombres comerciales, como Rocket 24, Easyarc 12, L.A.7024, etc., o según sea su fabricante (Infra, West Arco, etc.), pero todos deben cumplir con las especificaciones de AWS A 5.1 y de CSA W 48.1 y se debe especificar en el envase y el electrodo.

Para la utilización de electrodos todas las juntas de soldaduras deben estar precalificadas con excepción de todas las juntas de penetración completa o parcial que se aceptan sin calificación según las normas AWS D.1.1.

Pueden emplearse formas y detalles de juntas o procesos y procedimientos de soldaduras distintos de los anteriores, siempre que hayan sido calificados de acuerdo con los requisitos de AWS D.1.1.

Deberán emplearse los electrodos y fundentes especificados en la tabla 1-17 para hacer **soldaduras de penetración completa** diseñadas con los esfuerzos permisibles del metal base. No se recomienda soldar acero tipo A-440.

También se agrega la tabla 1-17A que presenta el tipo de electrodos y fundentes para la aplicación de **soldaduras de filete o penetración parcial**

METAL BASE <sup>2</sup>	PROCESO DE SOLDADURA		
	Arco eléctrico con electrodo recubierto	Arco sumergido	Arco con gas
ASTM A36. ASTM A-53 Grado B, ASTM A-375, ASTM A-500, ASTM A-501, ASTM A-529 ASTM A-570 Grados D y E	AWS A5.1 o A5.5,  60XX o E70XX <sup>2</sup>	AWS A5.17 F6X o F7X. EXXX	AWS A5.18 E70S.X o E70U.1
ASTM A-242, ASTM A-441, ASTM A-572 Grados 42 a 60 ASTM A-588 <sup>3</sup>	AWS A5.1 o A5.5, E70XX *	Grado F80	Grado E80S
ASTM A572 Grados 65	AWS A5.5 E80XX *	Grado F80	Grado E80S
ASTM A514 con espesor sobre 64 mm (2 ½ pulg)	AWS A5.5 E100XX *	Grado F100	Grado E100S
ASTM A514 con espesor de hasta 64 mm (2 ½ pulg)	AWS A5.5 E110XX *	Grado F100	Grado E110S

Se permite el uso de metal de aportación que tenga las propiedades mecánicas inmediatamente superiores en la tabla.

1. Cuando las soldaduras vayan a revelarse de esfuerzos, el metal de aportación depositado no contendrá más de 0.05 por ciento de vanadio.
2. En juntas que involucren metales base de distinta resistencia a la fluencia, pueden emplearse los metales de aportación aplicables a la menor resistencia a la fluencia.
3. Para aplicaciones arquitectónicas que empleen el material expuesto a la intemperie y sin pintar, el metal de aportación depositado tendrá una resistencia a la corrosión atmosférica y características de coloración semejantes del metal base empleado. Se seguirá la recomendación del fabricante del acero.

\* Clasificaciones de bajo contenido de hidrógeno.

**TABLA 1-17 Electrodo para utilizarse en soldaduras de penetración completa**

Esta tabla muestra el tipo de electrodos que se utilizan de acuerdo a los esfuerzos solicitados en la soldadura.

Tipos de esfuerzo	Esfuerzo permisible	Electrodo requerido	Metal base
Tensión o compresión paralela al eje de cualquier soldadura de penetración completa.	Igual que para el metal base *		
Tensión perpendicular a la garganta efectiva ** de una soldadura de penetración completa.	Igual que el esfuerzo permisible de tensión del metal base *		
Compresión perpendicular a la garganta efectiva ** de una soldadura de penetración parcial o completa.	Igual que el esfuerzo permisible de compresión del metal base *		
Esfuerzo cortante en la garganta efectiva ** de soldaduras de filete, independientemente de la dirección de aplicación de la fuerza: tensión normal * al eje, en garganta efectiva, de una soldadura de penetración parcial; esfuerzo cortante en el área efectiva de una soldadura de tapón o de ranura. Los esfuerzos Dados se aplicarán también a soldaduras hechas con el electrodo especificado en aceros con esfuerzo de fluencia mayor que el metal base especificado en esta tabla. El esfuerzo permisible, sin tomar en cuenta la clasificación del electrodo empleado, no deberá exceder el dado en la tabla para el metal base menos resistente que vaya a unir.	1265 kg/cm <sup>2</sup> (18.00 ksi)	AWS A5.1 electrodos E60XX.  AWS A5.17, combinación de fundente y electrodo F6X EXXX. AWS A5.20, electrodos E60T-X	A500 Grado A A570 Grado D
	1475 kg/cm <sup>2</sup> (21.00 ksi)	AWS A5.1 o A5.5, electrodos E70XX.  AWS A5.17, combinación de fundente y electrodo F7X EXXX.  AWS A5.18, electrodos E70S-X o E70U-1.  AWS A5.20, electrodos E70T-X.	A-36 A-53 grado B A-242 A-375 A-441 A-500 grado B A-501 A-529 A-570 grado F A-572 grado 42 A-60 A-588
	1685 kg/cm <sup>2</sup> (24.00 ksi)	AWS A5.5, electrodos E80XX, arco sumergido o arco con electrodo y gas, grado 80.	A572 grado 65
	1900 kg/cm <sup>2</sup> (27.00 ksi)	AWS A5.5, electrodos E90XX, arco sumergido, o arco con electrodo y gas, grado 90.	A514 con espesor mayor de 64 mm (2 ½ pulg)

	2100 kg/cm <sup>2</sup> (30.00 ksi)	AWS A5.5, electrodos E100XX, arco sumergido, o arco con electrodo y gas, grado 100	A514 con espesor mayor de 64 mm (2 ½ pulg)
	2320 kg/cm <sup>2</sup> (33.00 ksi)	AWS A5.5, electrodos E110XX, arco sumergido, o arco con electrodo y gas, grado 110.	A514 con espesor hasta de 64 mm inclusive.

**Notas a la tabla 1-17A.**

- \* Se empleará el electrodo o fundente especificado en la tabla anterior a esta.
- \*\* Para garganta efectiva de soldaduras de filete y de penetración parcial.
- o Las soldaduras de filete o de penetración parcial que unen los elementos componentes de miembros compuestos, tales como conexiones entre alma y patín, pueden diseñarse sin tomar en cuenta el esfuerzo de tensión o compresión, en los elementos, paralelos al eje de las soldaduras.  
Tabla comparativa para utilizar el tipo de electrodo en función del tipo de esfuerzo y el acero a soldar.

Con materiales A242, A441, A514, A572 y A588 sólo deben usarse electrodos con bajo contenido de hidrógeno.

**TABLA 1-17A Electrodo para utilizarse en soldaduras de filete o penetración parcial**

### 1.8 PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS Y DESTRUCTIVAS

El desarrollo de la soldadura ha sido paralelo al de otros conocimientos que son afines como la mecánica, la física, la electrónica, la química y varias otras ciencias que han servido para poder efectuar pruebas con equipo y materiales de diversas características, dentro de las que encontramos las pruebas no destructivas y las destructivas.

Las pruebas no destructivas son aquellas que no dañan el trabajo de soldadura ni las partes soldadas, y si en cambio, proporcionan una información veraz y confiable sobre la calidad del trabajo de soldadura efectuada. Las pruebas no destructivas se clasifican para calificar la calidad de la soldadura y sus defectos.

La primera prueba de cualquier unión es la inspección visual, con la cual se determina su aspecto. Una buena unión soldada debe tener aspecto limpio, ondulaciones uniformes, muy poca prominencia (relieve) y sin agujeros. Si la unión pasa la primera

prueba, se debe continuar el examen para tener la seguridad que es una unión fuerte y buena en su totalidad. Las uniones se someten a pruebas no destructivas y destructivas.

### 1.8.1 Pruebas no destructivas

A continuación se describen algunas de las pruebas no destructivas que se utilizan en la industria.

**Pruebas visuales:** Se pueden hacer a simple vista o con el uso de aparatos como una lupa, calibrador, etc., para inspeccionar si la soldadura tiene defectos.

**Prueba con estetoscopio o de sonido:** El inspector golpea la soldadura con un martillo pequeño y escucha con el estetoscopio. El sonido le indica si la soldadura tiene defectos. Esta prueba es similar a la que hace un médico con el estetoscopio para escuchar los sonidos del tórax humano. Se necesitan muchos años de experiencia para hacer esta prueba con exactitud. En la actualidad, se emplea el equipo para pruebas sónicas.

**Pruebas con rayos X o rayos gamma:** Se toman fotografías radiografías de la soldadura. Los defectos se ven en una forma muy similar a la cual se aprecian los huesos rotos en una radiografía de un ser humano. Este método se suele utilizar en tubos y calderas grandes.

**Pruebas con líquidos penetrantes:** Estos colorantes o tintes vienen en botes pequeños en aerosol, con su estuche y se pueden llevar a cualquier parte. El colorante es un excelente método para detectar grietas superficiales que no se aprecian a simple vista.

**Pruebas magnéticas:** Las pruebas magnéticas son de dos tipos:

1. Se espolvorea hierro pulverizado en la soldadura. Después, se establece una carga magnética a través de la soldadura; las partículas de hierro se acumulan en las grietas o fallas.
2. Se mezclan limaduras de hierro con petróleo; se limpia y se pule la superficie de la soldadura y se aplica esta mezcla con una brocha. Se magnetiza la soldadura con una fuerte corriente eléctrica. Si hay una grieta o una falla en la soldadura,



las partículas de hierro se adherirán en los bordes de la grieta y producirá una línea oscura como del diámetro de un cabello.

### **1.8.2 Pruebas destructivas en el taller**

Si la soldadura va a ser parte de un conjunto o estructura de dimensiones considerables, se pueden efectuar pruebas destructivas en muestras o probetas, similares a la unión soldada real. En una prueba destructiva se dobla, tuerce o se trata de separar por tracción (estiramiento) la soldadura para determinar si hay fallas. Estas son pruebas sencillas que se pueden efectuar en cualquier taller de soldadura sin necesidad de un equipo costoso. El método más sencillo para hacerla es sujetar la unión en la parte superior de un yunque con pinzas y fijarla en un tornillo de banco. La unión se debe sujetar lo más cerca posible de la soldadura. Después de fijarla como se describió, se le dan golpes con un martillo para probar la soldadura.

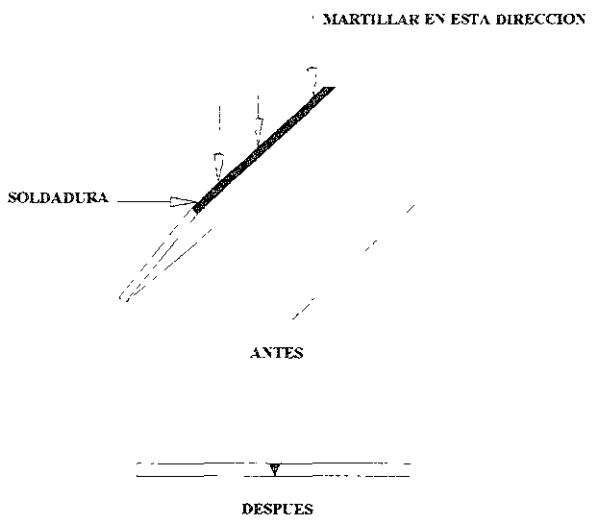
Las cinco uniones básicas se pueden probar en el taller en las siguientes forma:

- La unión a escuadra se debe martillar hasta que quede plana (figura 1-18).
- La unión a tope se debe doblar hasta que quede en forma de “U” (figura 1-19).
- La unión T se debe martillar hasta que se parezca a una unión T (figura 1-20).
- La unión traslapada se debe martillar la pieza vertical hasta que quede horizontal (figura 1-21).
- La unión de canto se debe abrir y doblar hasta que forme una unión en “U”, similar a la de la unión a tope (figura 1-22).

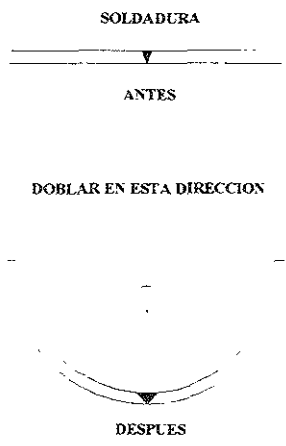
### **Pruebas destructivas para uniones a tope**

Las muestras de uniones a tope o de ranura para prueba, con frecuencia se hacen en placa o tubo.

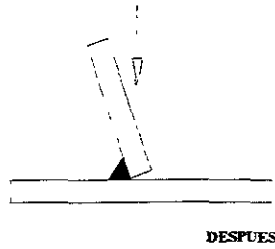
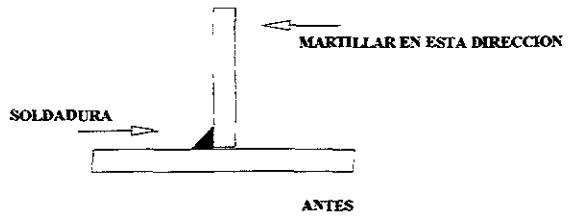
En la figura 1-23 se ilustra un método usual para sacar muestras o probetas de una placa soldada y en la figura 1-24 uno para obtenerlas de un tubo soldado. En las figuras 1-25 y 1-26 se ilustra la posición en la cual se deben soldar las piezas de prueba para calificar



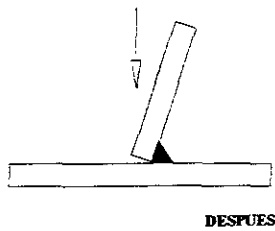
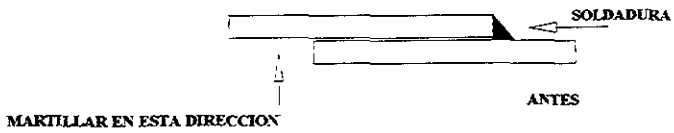
**Figura 1-18 Prueba de una unión a escuadra**



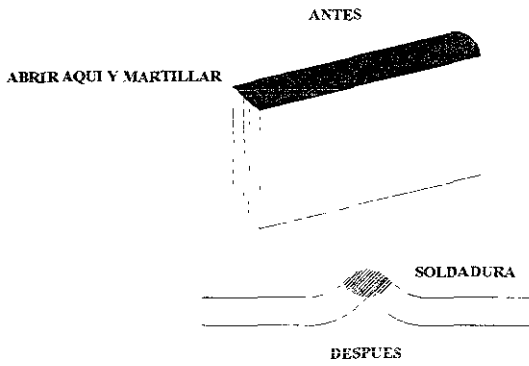
**Figura 1-19 Prueba de una unión a tope**



**Figura 1-20 Prueba de una unión T**

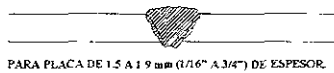


**Figura 1-21 Prueba de una unión traslapada**



**Figura 1-22 Prueba de una unión de canto**

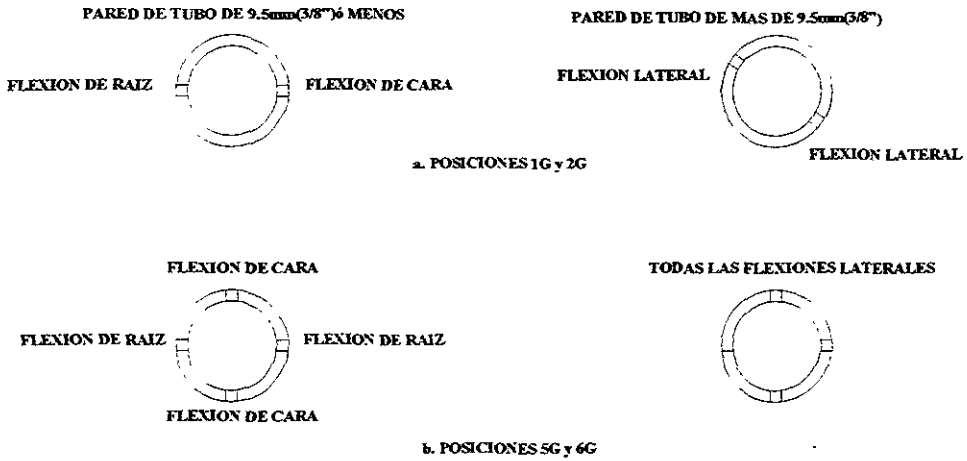
DESECHAR	ESTA PIEZA
SECCION REDUCIDA	MUESTRA PARA TRACCION
FLEXION DE PAIZ	MUESTRA
FLEXION DE CAPA	MUESTRA
FLEXION DE PAIZ	MUESTRA
FLEXION DE PAIZ	MUESTRA
SECCION REDUCIDA	MUESTRA PARA TRACCION
DESECHAR	ESTA PIEZA



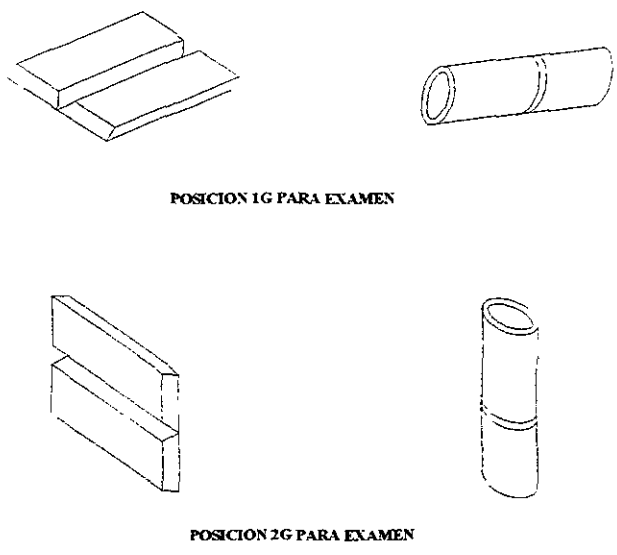
DESECHAR	ESTA PIEZA
FLEXION LATERAL	MUESTRA
SECCION REDUCIDA	MUESTRA PARA TRACCION
FLEXION LATERAL	ESTA PIEZA
FLEXION LATERAL	ESTA PIEZA
SECCION REDUCIDA	MUESTRA PARA TRACCION
FLEXION LATERAL	MUESTRA
DESECHAR	ESTA PIEZA



**Figura 1-23 Para sacar muestras ó probetas de una placa soldada**



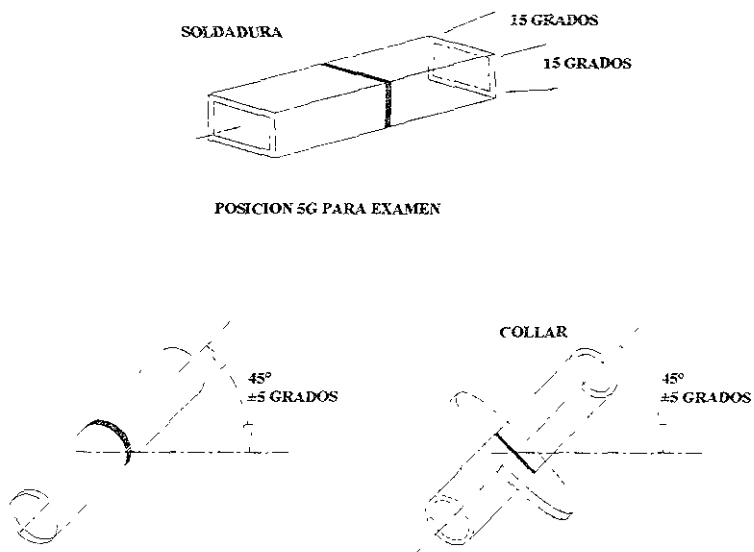
**Figura 1-24 Piezas para prueba de un tubo soldado**



**Figura 1-25 Posiciones para examen de calificacion en soldaduras a tope en tubos y placas**



**Figura 1-25 ( Continuación )**



**Figura 1-26 Posiciones para exámen con tubos**

a un soldador. Las pruebas más comunes que se efectúan en estas muestras son flexión en la raíz, flexión en la cara, flexión lateral, resistencia a la tracción, y pruebas de tracción reducida y de impacto. La muestra para las pruebas de flexión o dobladura requieren una cuidadosa preparación y en una industria deben cumplir con las especificaciones de la estructura o componentes reales que se van a soldar.

Para efectuar las pruebas de flexión en la raíz, en la cara y flexión lateral, se utiliza la prueba de flexión con plantilla. Cuando se trata de metales macizos, con esta prueba se mide la ductilidad del metal base cuando se le somete a tensión y compresión. En los exámenes de pericia de un soldador se emplea para verificar la resistencia de la soldadura depositada en la cara y raíz de ella. Cualquier defecto en la raíz o en la cara de la soldadura aparecerá en forma de grieta. La probeta se corta y prepara según instrucciones específicas y, para obtenerla se puede cortar una sección a través de la soldadura para probar la cara y la raíz de la misma. La probeta también se puede cortar a lo largo de la soldadura para que conste por completo del metal depositado. En la figura 1-27 se ilustra una probeta ya preparada.

#### **Prueba de flexión con plantilla**

El aparato para prueba mostrado en la (figura 1-27A) se construye de acuerdo con las especificaciones de las piezas que se van a probar, el principio es el mismo para todas las pruebas. El aparato suele ser hidráulico. Se eleva el troquel probador o macho y la pieza que se va a probar se coloca a través de los hombros del troquel hembra. Luego, se baja el formador y se aplica una presión constante a la probeta. Por lo general, ésta se dobla hasta que los brazos están paralelos ver figura 1-27B. Después se examina si la pieza tiene grietas.

#### **Prueba de resistencia a la tracción**

La resistencia a la tracción es la capacidad de un material para soportar la separación cuando éste se estira. La prueba se utiliza para probar metales y soldaduras. En la figura 1-28A se muestra una pieza preparada para la prueba de tracción reducida. Otra probeta para la prueba de tracción es la muestra 505 como se

presenta en la figura 1-28B. Para las pruebas de soldadura, la probeta se hace en su totalidad con el metal de soldadura.

Los dos extremos de la máquina utilizada para la prueba de tracción están equipados con mordazas para agarrar la probeta. Un extremo es movable y se acciona en forma lenta y estable para ejercer tracción uniforme en la probeta. La fuerza aplicada se observa en un cuadrante. En el momento en que se separa el metal, la aguja del cuadrante se detiene y señala la carga exacta en el momento de la separación.

### **Pruebas de soldaduras de filete**

En la figura 1-29 se ilustra una prueba usual de soldadura de filete. Se verá que la soldadura se debe unir en la mitad de la pieza de prueba o probeta. Esta detención y arranque probarán la capacidad del operario para unir un cráter que, por su puesto, podría ocasionar una grieta debido a la reducción de la sección transversal de la zona de la soldadura en esa sección.

En la figura 1-30 se ilustran las cuatro posiciones básicas para probar soldadura de filete y en la figura 1-31 se muestran los perfiles aceptables en una soldadura de filete y algunos de los defectos que se aprecian a simple vista, incluso antes de efectuar alguna prueba mecánica.

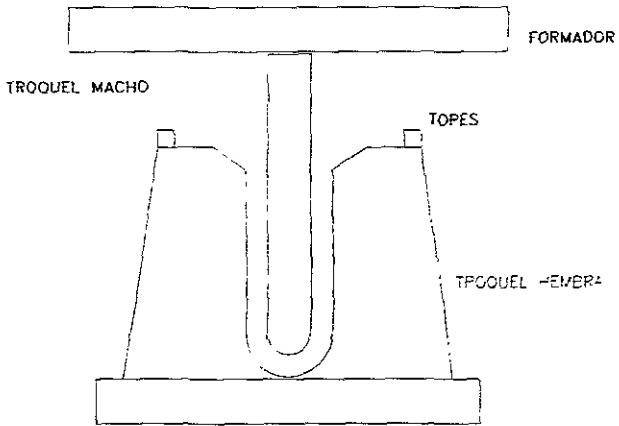
### **Pruebas de las soldaduras en la industria**

En la industria, los métodos para probar las soldaduras son más minuciosos y complejos. Se requieren mayores cuidados porque muchas de las estructuras y conjuntos lo van a usar el público en general, como son puentes, buques, tubos para vapor a alta presión, locomotoras, edificios de oficinas, etc. Las soldaduras defectuosas pueden ocasionar una falla estructural con posible pérdida de vidas.

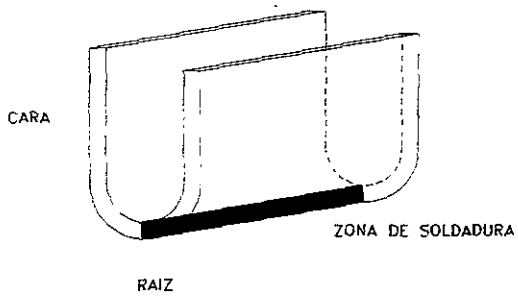
Existen numerosas entidades gubernamentales y privadas responsables de los procedimientos de pruebas en diferentes áreas de la industria. Aunque puedan variar sus métodos y procedimientos para probar, todas las pruebas tienden a lograr el mismo resultado final: una soldadura buena y resistente, libre de todo defecto.



ZONA DE SOLDADURA



**Figura 1-27A Aparato para prueba**



**Figura 1-27B Probeta con brazos paralelos.**

**Figura 1-27 La prueba de flexión con plantilla**

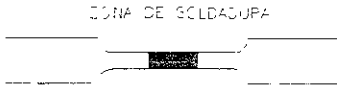


Figura 1-28A Probeta para prueba de tracción reducida

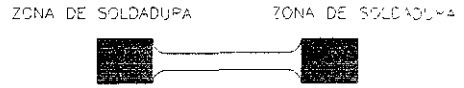
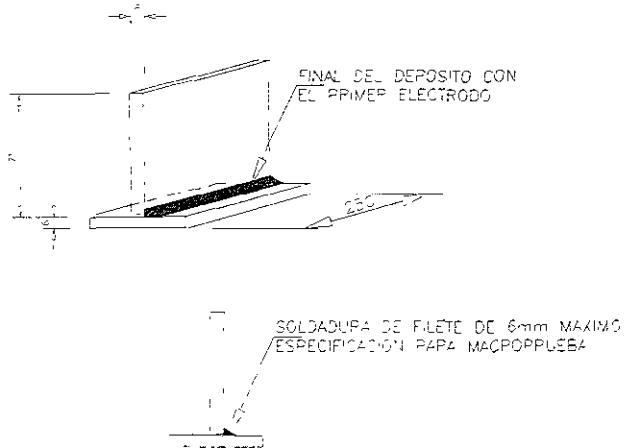


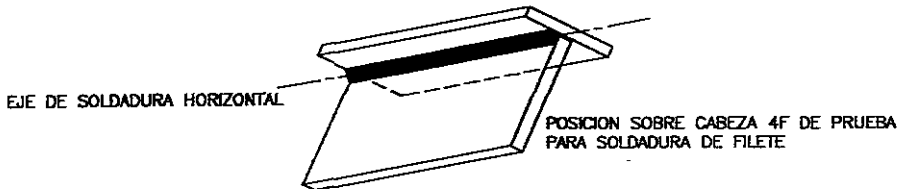
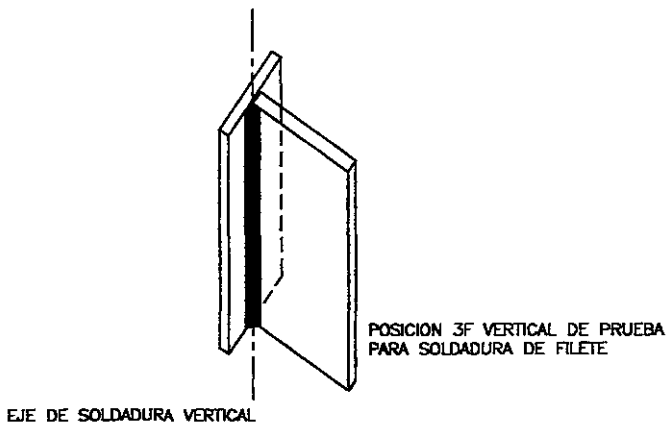
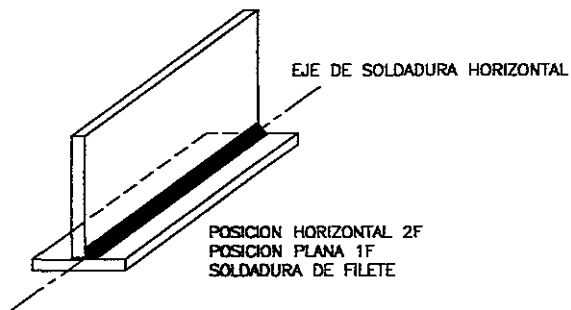
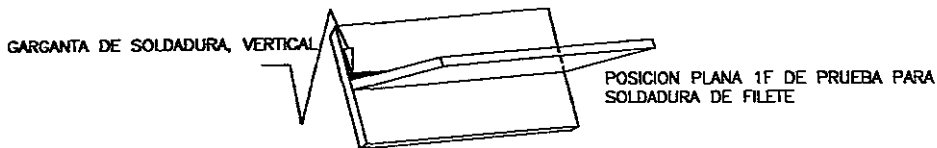
Figura 1-28B Muestra para prueba de tracción

## Figura 1-28 Probetas utilizadas para la prueba de tracción



- PRUEBA DE FRACTURA.** Los defectos máximos permisibles, como escoria, falta de fusión etc. 20% ó 50mm. Las señales de agrietamiento del filete serán suficientes para el rechazo.
- MACROPRUEBA.** El filete debe mostrar fusión hasta la raíz de la soldadura, pero no nesasariamente más allá de ella. La convexidad ó concavidad del filete no excederán de 1.5 mm. Ambas piernas de la soldadura no variarán más de 1.5mm de longitud.

## Figura 1-29 Examen típico para una soldadura de filete

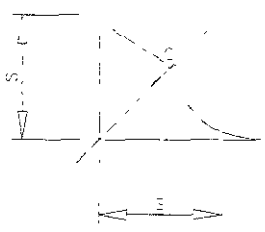


**Figura 1-30 Las cuatro posiciones básicas para probar soldaduras de filete**

PERFILES DE SOLDADURA



PERFILES DESACABLES DE SOLDADURA DE FILETE



LA CONEXIÓN NO DEBE EXCEDER DE  $0.15 \times 0.75mm$

PERFILES ACEPTABLES DE SOLDADURA DE FILETE



PERFILES DEFECTUOSOS DE SOLDADURA DE FILETE

**Figura 1-31 Normas para perfiles que deben cumplir las soldaduras de filete seccionales para exámenes de calificación**

## **Guía de referencia de los principales métodos de prueba no destructivas de soldaduras**

### **Método para inspección: VISUAL**

**Equipo requerido:** Lupa, calibrador de tamaño de soldadura, regla de bolsillo, regla larga, normas para mano de obra.

**Permite la detección de:** Fallas de superficie (grietas, porosidad, cráteres sin llenar inclusiones de escoria. Combadura, falla de soldadura, exceso de soldadura, cordones mal formados, desalineación, ajuste incorrecto.

**Ventajas:** Bajo costo, se puede aplicar con el trabajo en proceso y permite corregir los defectos, da indicación de procedimientos incorrectos.

**Limitaciones:** Aplicable sólo a defectos de superficie, no da una indicación permanente.

**Observaciones:** Siempre debe ser el método primario de inspección, sin que importen las técnicas requeridas, es la única inspección de tipo "productivo". Es una función de todos los que en alguna forma contribuyen a hacer la soldadura.

### **Método de inspección: RADIOGRAFICA.**

**Equipo requerido:** Máquinas comerciales de rayos X y gamma especiales para inspeccionar soldaduras, piezas de fundición y forjadas, película y aparato revelador, equipo fluoroscópico para observación.

**Permite la detección de:** Fallas microscópicas internas: grietas, porosidad, sopladuras, inclusiones no metálicas, penetración incompleta en la raíz, socavado, escurridas y quemaduras.

**Ventajas:** Cuando se fotografía la indicación, queda un dato permanente en la película. Cuando se observa en una pantalla fluoroscópica, es un método de bajo costo para la inspección interna.

**Limitaciones:** Requiere destreza para escoger los ángulos de exposición, operar el equipo e interpretar las indicaciones. Requiere precauciones de seguridad. No suele ser adecuado para la inspección de soldadura de filete.

**Observaciones:** Muchos códigos y especificaciones requieren la inspección con rayos X. Útil para la calificación de soldadores y de procesos de soldadura. Debido al costo, su uso se debe limitar a las áreas en las cuales los otros métodos nos dan la seguridad de los resultados.

**Método de inspección: PARTICULAS MAGNETICAS**

**Equipo requerido:** Equipo comercial especial, polvos magnéticos; en forma seca o húmeda

**Permite la detección de:** Excelente para detectar discontinuidades en la superficie, en especial grietas.

**Ventajas:** Es más fácil de usar que la inspección radiográfica, permite una sensibilidad controlada, método de bajo costo.

**Limitaciones:** Aplicable sólo a materiales ferromagnéticos, requiere destreza en la interpretación de indicaciones normales, difícil de usar en superficies ásperas.

**Observaciones:** Los defectos alargados paralelos al campo magnético quizá no den indicaciones; por esta razón se debe aplicar el campo en dos direcciones en ángulo recto entre si.

**Método para la inspección: LIQUIDOS PENETRANTES**

**Equipo requerido:** Equipos comerciales que incluyen colorantes o liquido fluorescente y los reveladores; equipo para la aplicación del revelador, una fuente de luz ultravioleta si se usa material fluorescente.

**Permite la detección de:** Grietas de superficie que no se detectan a simple vista, excelente para localizar filtraciones por las soldaduras.

**Ventajas:** Se aplica en materiales magnéticos y no magnéticos, fácil de usar y a bajo costo.

**Limitaciones:** Sólo se detectan defectos en la superficie, no es eficaz en piezas calientes.

**Observaciones:** En recipientes de pared delgada, revelará fugas que no se pueden localizar con las pruebas de aire a presión. Las condiciones sin importancia en la superficie (humo, escoria) pueden dar indicaciones engañosas.

**Método de inspección: ULTRASONICO**

**Equipo requerido:** Equipo comercial especial, sea del tipo de impulsos y eco o de transmisión. Patrones estándar de referencia para interpretación de patrones de RF o de video.

**Permite la detección de:** Fallas en la superficie y debajo ella, incluso las demasiado pequeñas para detectarlas con otros métodos. Especial para detectar defectos similares a laminaciones debajo de la superficie.

- **Ventajas:** Muy sensible, permite explorar uniones inaccesibles a la radiografía.

**Limitaciones:** Requiere mucha especialización para interpretar los patrones de impulsos y ecos. No se puede obtener con facilidad un registro permanente.

**Observaciones:** El equipo de impulsos y eco está muy perfeccionado para inspeccionar soldaduras. El equipo del tipo de transmisión simplifica la interpretación de patrones, en los casos en que se puede usar.

**1.9 NORMAS QUE COMUNMENTE SE APLICAN**

Hay muchos códigos y especificaciones relacionados con la soldadura. Para comprender adecuadamente esos reglamentos y saber cuando usarlos se sugiere tener en cuenta las industrias que emplean especificaciones de soldadura. Algunos productos están protegidos por códigos y especificaciones sobre soldadura. Para propósitos de clasificación de los códigos existentes se elaboran listas de acuerdo con los productos manejados.

Los productos que se ajustan a ciertas especificaciones de soldadura son los siguientes:

1. Recipientes a presión
2. Reactores nucleares
3. Tuberías
4. Puentes y edificios
5. Barcos
6. Tanques y recipientes de almacenamiento
7. Ferrocarriles
8. Aeroplanos e industria aeroespacial
9. Equipo de construcción y agrícola

- 10. Maquinaria industrial
- 11. Industria automotriz

Las especificaciones que se aplican a productos semejantes son parecidas en lo concerniente a la soldadura. En algunos casos las calificaciones de una especificación se pueden aceptar por otra para los mismos productos. La mayoría de fabricantes y contratistas generalmente producen construcciones soldadas que son semejantes o que se rigen por los mismos tipos generales de especificaciones. Se está tratando de implantar especificaciones más uniformes y de hacer más fácil el intercambio de calificaciones entre distintas especificaciones. A continuación presentamos una lista de productos soldados, así como de las especificaciones que se les pueden aplicar.

### **Recipientes a presión**

En estados Unidos el fabricante de recipientes a presión y de todo tipo de artículo que se defina como recipiente a presión y de todo tipo de artículo que se defina como recipiente a presión queda bajo las especificaciones del Código ASME (American Society of Mechanical Engineers) para calderas y recipientes a presión. Este código consiste en 11 secciones:

- Sección I Calderas de potencia
- Sección II Especificaciones de materiales ferrosos  
Especificaciones de materiales no ferrosos  
Especificaciones de materiales varillas de soldadura, electrodos y materiales de aporte
- Sección III Componentes de plantas de energía nuclear
- Sección IV Calderas de calefacción
- Sección V Pruebas no destructivas
- Sección VI Reglas recomendadas para el cuidado y el funcionamiento de calderas de calefacción
- Sección VII Reglas recomendadas para el cuidado de calderas de potencia
- Sección VIII Recipientes a presión, divisiones I, II y III



Sección IX	Calificaciones de soldadura
Sección X	Recipientes a presión de plástico reforzado con fibra de vidrio
Sección XI	Reglas para inspección de sistemas de enfriamiento de reactores nucleares dentro del servicio

Todos los productos fabricados bajo las directrices de esos códigos también se pueden fabricar bajo los reglamentos de diferentes países, estados y provincias que se refieran o reimpriman distintas secciones del código de calderas y recipientes a presión. En general, la sección IX se usa universalmente a través de Estados Unidos de América y en otras partes del mundo como el método para calificar procedimientos y soldadores para trabajo en recipientes a presión.

### **Reactores Nucleares**

Los reactores nucleares, sus componentes y los materiales usados en las plantas de energía están regidos por las directrices de la sección III del código ASME de recipientes a presión o la Nuclear Regulatory Comisión Specification. Cualquier parte que se use en una planta nuclear se debe fabricar bajo la directriz de esos códigos. Las excepciones son aquellos componentes que se utilizan en barcos, los cuales están protegidos por un código semejante, pero distinto, emitido por el Department of Defense Naval Ship División de EUA, es el "Standard for Welding of Reactor Coolant and Associated Systems and Components for Naval Nuclear Power Plants". Es un código especializado que incluye restricciones adicionales. Exige la certificación de todos los materiales y su localización, hasta su punto de origen, incluyendo al metal de relleno de las soldaduras. También incluye sistemas estrictos de control de inspección durante la fabricación de componentes de plantas nucleares de energía.

### **Puentes y Edificios**

En EE.UU. la soldadura de estructuras se lleva a cabo según los requisitos de muchas de las grandes ciudades, estados, etc., y para los puentes bajo jurisdicción de los departamentos estatales o provinciales de carreteras. La base para estos reglamentos, ya

sea por referencias o por copia directa, es el “Structural Welding Code” publicado por la American Welding Society. Este código incorpora los requisitos del Department of Transportation, de la Bureau of Public Roads, del gobierno de EE. UU. Esta oficina tiene a su cargo las especificaciones estatales sobre estructuras. Todos los reglamentos son semejantes; sin embargo, cada estado publica su propio reglamento de soldadura. La soldadura en puentes de carreteras queda bajo la jurisdicción de los departamentos estatales de carreteras y en muchos estados de Estados Unidos, a los soldadores se les examina anualmente y obtienen certificado estatal para trabajar en puentes. Muchos departamentos estatales de carreteras también solicitan certificación anual de electrodos de soldadura y metales de aporte. La “Standard Specifications for Highway Bridges” , adoptada por la American Association of State Highway Officials, y las “Specification for Steel Railway Briges” publicada por la American Railway Engineering Association, de acuerdo con el código de soldadura estructural. Sólo las ciudades más grandes publican reglamentos (códigos) de soldadura; las demás se refieren al código de la AWS. Algunas ciudades piden la calificación de los soldadores y la certificación de los metales de aporte para las estructuras que se construyen en su jurisdicción.

### **Barcos**

La soldadura en los barcos está regida por distintas especificaciones y códigos. En estados Unidos, todos los barcos del gobierno federal quedan bajo los reglamentos emitidos por el Coast Guard; o por la Navships División of the Department of Defense. Estos requisitos son casi idénticos en lo que respecta al procedimiento de calificación de soldaduras y de calificación de soldadores. También son muy semejantes a los requisitos de la Maritime Administration para barcos comerciales. Generalmente, la calificación de los soldadores es transferible entre estas tres organizaciones. La American Bureau of Shipping tiene requisitos similares para soldar los barcos que ellos revisan. Lloyd’s y otras sociedades de clasificación también publican especificaciones sobre soldadura. Hay que certificar el metal de aporte. La American Welding Society publica dos guías relacionadas con la soldadura de barcos: “Guide for Steel Hull Welding” y “Guide for Aluminum Hull Welding”.

### **Tanques y recipientes de Almacenamiento**

Hay dos códigos principales para soldar tanques de almacenamiento. Uno es para la soldadura de tanques de almacenamiento elevados, publicado por la AWS y la American Water Works Association, que se llama "Standard for Welded Steel Elevated Association". El otro es para tanques de almacenamiento de aceites y productos de petróleo, publicado por la American Petroleum Institute que es "Standard for Welded Steel Tanks for Oil Storage ". Los dos códigos citan la Sección IX del código ASME de calderas, en lo concerniente a la calificación de las soldaduras.

### **Ferrocarriles**

Las especificaciones para la fabricación de vagones y locomotoras para el sistema estadounidense se encuentran bajo la jurisdicción del Department of Transportation de Estados Unidos. Sin embargo, en lo que respecta a la calificación de las soldaduras y a los requisitos de diseño de las soldaduras, las especificaciones las emite la Association of American Railroads. Son varias las especificaciones, incluyendo a las "Specifications for Tank Cars" y las Specification for Design, Fabrication and Construction of Freight Cars". Estas especificaciones dan información concerniente al diseño de las soldaduras y la calificación de los soldadores que fabrican dichos productos. Están completamente de acuerdo con los requisitos de la AWS "Railroad Welding Specification".

El Department of Transportation también tiene reglamentos que amparan la fabricación de tanques para el transporte de gas de alta presión y para tanques que contengan petróleo líquido y productos semejantes.

### **Aeroplanos e Industria Aeroespacial**

Las construcciones soldadas para uso en aeroplanos y vehículos espaciales se sueldan según los requisitos de las especificaciones del gobierno de EE.UU. Hay otros grupos que emiten especificaciones para materiales, que se podrían usar, incluyendo a la Society of Automotive Engineers y a la Aerospace Industries Association of America. Los códigos o requisitos de soldadura están amparados por las especificaciones de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), y del department of Defense

Military (Mil) Standards and Specifications. La relacionada fundamentalmente con la soldadura de aeroplanos es la “Qualification of Aircraft, Missile and Aerospace Fusion Welders”. Esta norma cubre muchos procesos de soldadura, metales y niveles de eficiencia para examinar a soldadores y se debe seguir al soldar aviones. La calificación según la norma se hace bajo la supervisión de inspectores gubernamentales.

### **Equipo de construcción**

El equipo de construcción se fabrica según las especificaciones de las compañías, que hayan demostrado su eficacia basándose en la aceptación del producto en el campo. La mayoría de fabricantes de equipo de construcción tiene sus propias especificaciones. La AWS ha emitido especificaciones que establecen normas comunes de aceptación para desempeño de las soldaduras, llamadas “Welding on Earth Moving and Construction Equipment”. En esta norma, la calificación de los soldadores no es de mucha relevancia.

### **Maquinaria Industrial**

La mayor parte de la maquinaria industrial que usa partes soldadas no está amparado por códigos o especificaciones. La AWS ha emitido especificaciones que establecen estándares comunes aceptados para el desempeño de las soldaduras y la aplicación de proceso. Algunos de ellos son:

- “Welding Industrial and Mill Cranes”
- “Metal Cutting Machine Tool Weldments”
- “Specifications for Welding of Presses and Press Components”
- “Specification for Rotating Elements of Equipment”
- “Classification and Application of Welded Joints for Machinery and Equipment”

Los requisitos de la calificación de soldadores son semejantes a los del código estructural de la AWS.

### **Industria Automotriz**

La AWS ha emitido ciertos documentos relacionados con la soldadura de automóviles y camiones son:

- “Recommended Practices for Automotive Welding Design”.

- “Recommended Practices for Automotive Portable Gun-Resistance Spot Welding”.
- “Standard for Automotive Resistance Spot Welding Electrodes”
- “Specifications for Automotive Welding Quality Resistance Spot Welding”.
- “Specifications for Automotive Frame Weld Quality-Arc Welding”

### **General**

El documento “Standard for Welding Procedure and Performance Qualifications” puede llegar a ser el documento de referencia para la calificación de procedimientos y desempeño para todos los códigos, estándares o especificaciones de la AWS. Se puede usar en documentos contractuales. Al utilizar cualquier código o especificación es importante que sea la última edición o la edición específica de cada caso.

# **CAPITULO 2**

**PROCEDIMIENTO BASICO PARA  
IMPLEMENTAR LA SUPERVISION**

## 2. PROCEDIMIENTO BASICO PARA IMPLEMENTAR LA SUPERVISION

La supervisión en la Industria de la Construcción debe ser la promotora para exigir procesos constructivos de calidad, que garanticen plenamente que el proyecto tendrá un alto grado de seguridad, funcionalidad y economía aceptables, todo en beneficio de los destinatarios de la obra.

En el caso específico de las construcciones en donde prevalece la utilización de estructura metálica, me planteo presentar los puntos en donde la supervisión debe tener presencia, conocimiento y/o control para evitar deficiencias y vicios ocultos que causen conflictos de intereses y por ende ponga en riesgo la seguridad de la obra.

### 2.1 CAMPO DE APLICACION

El presente procedimiento tiene su aplicación en la construcción con estructura metálica y principalmente esta relacionado a las actividades que involucran a la supervisión, partiendo desde las etapas iniciales del proyecto, hasta la entrega recepción de la obra.

Se plantea la necesidad de presentar un organigrama (figura 2-1) con el personal mínimo para iniciar estos trabajos.

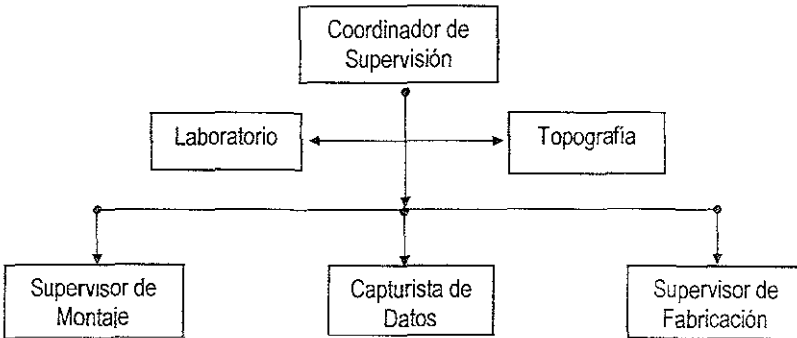


Figura 2-1 Organigrama del personal requerido para la supervisión de estructuras metálicas

Esta plantilla tiene como finalidad abarcar cada una de las etapas relativas a la construcción con estructura metálica, el número de profesionales o técnicos se incrementará de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

## **2.2 PRINCIPALES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DEL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE ACERO**

Como cualquier actividad humana en donde la participación de más de una persona, la industria de la construcción plantea la necesidad de interrelacionarse con una gran variedad de profesionistas, técnicos y personal obrero. La supervisión como representante de los intereses del propietario tendrá que tener la capacidad de coordinar todas las variables que se involucran en el proyecto. A continuación se plantea de manera general la participación de diferentes actividades que finalmente convergen en un fin, crear infraestructura que sirva para beneficiar a sus futuros usuarios.

### **2.2.1 Propietario**

Es el dueño de la estructura, o los representantes por él designados, que pueden ser el ingeniero, el arquitecto, el contratista, el supervisor, una dependencia oficial u otros.

### **2.2.2 Geotecnista**

Es el profesional encargado del estudio de la cimentación más adecuada, confiable y económica. La cimentación o subestructura, constituye un elemento de transición entre la estructura propiamente dicha, o superestructura, y el terreno en que se apoya. Su función es lograr que las fuerzas que se presentan en la base de la estructura se transmitan adecuadamente al suelo en que ésta se apoya. Para que eso se cumpla deberá haber una seguridad adecuada contar la ocurrencia de fallas en la estructura o en el suelo en que ésta se apoya.

El diseño de cimentaciones es una actividad en que se traslapan las especialidades de Mecánica de Suelos y Estructuras. Una parte esencial del diseño consiste en definir, de manera compatible con el costo, cuáles son los estratos de suelo más adecuados para aceptar las cargas transmitidas por la estructura, cuál es la forma de la subestructura que



mejor se presta a realizar dicha transmisión y cuál es el procedimiento de construcción más apropiado.

### **2.2.3 Proyectista arquitectónico**

El proyectista arquitectónico tiene como responsabilidad garantizar las condiciones de habitabilidad, funcionamiento, higiene, acondicionamiento ambiental, comunicación, seguridad en emergencias, seguridad estructural, integración al contexto e imagen urbana de los edificios o estructuraciones de otro tipo.

### **2.2.4 Director responsable de obra (DRO)**

En el Distrito Federal existe la persona física o moral que se hace responsable de la observancia del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en las obras para las que otorgue su responsiva. Para el Colegio de Ingenieros Civiles de México se trasladan estas funciones a los profesionales Peritos.

La calidad de Director Responsable de Obra se adquiere con el registro de la persona ante la Comisión de Admisión de Directores de Obras cuyos requisitos se mencionan a continuación:

#### **I. Cuando se trate de personas físicas:**

- a) Acreditar que posee cédula profesional correspondiente a alguna de las siguientes profesiones: Arquitecto, Ingeniero Arquitecto, Ingeniero Civil, Ingeniero Constructor Militar o Ingeniero Municipal;
- b) Acreditar ante la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, que conoce la Ley del Desarrollo Urbano del Distrito Federal, el Reglamento de Construcciones y sus Normas Técnicas Complementarias, el Reglamento de Zonificación, la Ley sobre el Régimen de Propiedad en Condominio de inmuebles para el Distrito Federal y las otras leyes y disposiciones reglamentarias relativas al diseño urbano, la vivienda, la construcción y preservación del patrimonio histórico, artístico y arqueológico de la Federación o del Distrito Federal. Para lo cual deberá presentar el dictamen favorable de la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables.

Acreditar como mínimo 5 años en el ejercicio profesional en la construcción de obras;

c) Acreditar que es miembro del Colegio de Profesionales respectivo.

## **II. Cuando se trate de personas morales:**

a) Acreditar que está legalmente constituida, y que su objeto social está parcialmente o totalmente relacionado con las materias previstas;

b) Que cuenta con los servicios profesionales de, cuando menos, un Director Responsable de Obra debidamente registrado en los términos de este Reglamento, y

c) Acreditar ser miembro de la Cámara respectiva.

### **Son obligaciones del Director Responsable de Obra:**

**I** Dirigir y vigilar la obra asegurándose de que tanto el proyecto, como la ejecución de la misma, cumplan con lo establecido en los ordenamientos y demás disposiciones a los que se refiere el RCDF, la Ley de Salud para el Distrito Federal, así como el Programa Parcial correspondiente.

El Director Responsable de Obra deberá contar con los Corresponsables requeridos.

Verificar que los Corresponsables estén constituidos legalmente y tengan la autorización correspondiente.

**II** Responder de cualquier violación a las disposiciones al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. En caso de no ser atendidas por el interesado las instrucciones del Director Responsable de Obra, en relación con el cumplimiento del Reglamento, deberá notificarlo de inmediato al Departamento por conducto de la Delegación correspondiente, para que éste proceda a la suspensión de los trabajos.

**III** Planear y supervisar las medidas de seguridad del personal y terceras personas en la obra, sus colindancias y en la vía pública, durante su ejecución.

- IV** Llevar en las obras un libro de bitácora foliado y encuadernado en el cual se anotarán los siguientes datos:
- a) Nombre, atribuciones y firmas del Director Responsable y de los Corresponsables, si los hubiere y del residente.
  - b) Fecha de las visitas del Director Responsable de Obra y de los Corresponsables.
  - c) *Materiales empleados para fines estructurales o de seguridad.*
  - d) Procedimientos generales de construcción y control de calidad.
  - e) Descripción de los detalles definidos durante la ejecución de la obra.
  - f) Nombre o razón social de la persona física o moral que ejecute la obra.
  - g) Fecha de iniciación de cada etapa de la obra.
  - h) Incidentes y accidentes.
  - i) Observaciones e instrucciones especiales del Director Responsable de Obra, de los Corresponsables y de los inspectores del Departamento.
- V** Colocar en lugar visible de la obra un letrero con su nombre y, en su caso, de los Corresponsables y sus números de registro, números de licencia de la obra y ubicación de la misma.
- VI** Entregar al propietario, una vez concluida la obra, los planos registrados actualizados del proyecto completo en original y memorias de cálculo.
- VII** Elaborar y entregar al propietario de la obra al término de ésta, los manuales de operación y mantenimiento.

### **2.2.5 Corresponsables**

Se define como corresponsable a la persona física o moral con los conocimientos técnicos adecuados, para responder en forma solidaria con el Director Responsable de Obra; en todos los aspectos de las obras en que otorgue su responsiva, relativos a la seguridad estructural, diseño urbano y arquitectónico e instalaciones, según sea el caso.

Cuando se trate de personas morales que actúen como Corresponsables, la responsiva deberá ser firmada por una persona física que reúna los requisitos a que a continuación se mencionan:

Para obtener el registro de Corresponsable, se requiere:

**I. Cuando se trate de personas físicas:**

- a) Acreditar que posee cédula profesional correspondiente a alguna de las siguientes profesiones:  
Para Seguridad Estructural, Diseño Urbano y Arquitectónico, Ingeniero Arquitecto, Ingeniero Civil, Ingeniero Constructor Militar o Ingeniero Municipal.  
Para Instalaciones: Ingeniero Mecánico, Mecánico Electricista o afines a la disciplina
- b) Acreditar ante la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, que conoce este Reglamento y sus Normas Complementarias, en lo relativo a los aspectos correspondientes a su especialidad, para lo cual deberá obtener el dictamen favorable.
- c) Acreditar como mínimo cinco años en el ejercicio profesional de su especialidad, y
- d) Acreditar que es miembro del Colegio de Profesionales respectivo.

**II. Cuando se trate de personas morales:**

- a) Acreditar que ésta legalmente constituida, y que su objeto social está parcial o totalmente relacionado con las actividades como: obtención de licencias de construcción, procedimientos de construcción, etc.
- b) Que cuenta con los servicios profesionales de, cuanto menos, un Corresponsable en la especialidad correspondiente, y
- c) Acreditar ser miembro de la Cámara respectiva.

## **Son obligaciones de los Corresponsables:**

### **Del Corresponsable en Seguridad Estructural:**

- a) Suscribir junto con el Director Responsable de Obra, la solicitud de licencia, cuando se trate de obras clasificadas como: grupo A (construcciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas, que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como construcciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como hospitales y escuelas, estadios, templos, salas de espectáculos y hoteles que tengan salas de reunión que pueden alojar más de 200 personas; gasolineras, depósito de sustancias inflamables o tóxicas, terminales de transporte, etc.), y grupo B (construcciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el grupo A.
- b) Verificar que en el proyecto de la cimentación y de la estructura, se hayan realizado los estudios del suelo y de las cimentaciones colindantes.
- c) Verificar que el proyecto cumpla con las características generales para seguridad estructural.
- d) Vigilar que la construcción, durante el proceso de la obra, se apegué estrictamente al proyecto estructural, y que tanto los procedimientos, como los materiales empleados, corresponden a lo especificado y a las normas de calidad del proyecto. Tendrá especial cuidado en que la construcción de las instalaciones no afecte a los elementos estructurales, en forma diferente a lo supuesto en el proyecto.
- e) Notificar al Director Responsable de Obra cualquier irregularidad durante el proceso de la obra, que pueda afectar la seguridad estructural de la misma, asentándose en el libro de bitácora. En caso de no ser atendida esta notificación, deberá comunicarlo al Departamento, a través de la Delegación correspondiente para que se proceda a la suspensión de los trabajos, enviando copia a la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables.
- f) Responder de cualquier violación a las disposiciones de este Reglamento, relativas a su especialidad, e
- g) Incluir en el letrero de la obra su nombre y número de registro.

### **Del Corresponsable en Diseño Urbano y Arquitectónico:**

- a) Suscribir, junto con el DRO, la solicitud de licencia, cuando se trate del grupo A y B.
- b) Revisar el proyecto en los aspectos correspondientes a su especialidad, verificaciones establecidas por los Reglamentos de Construcción y Zonificación, así como las Normas de Imagen Urbana del Departamento y las demás disposiciones relativas al diseño urbano y arquitectónico y a la preservación del patrimonio cultural.
- c) Verificar que el proyecto cumple con las disposiciones relativas a:
  - El Programa Parcial respectivo y las Declaratorias de usos, destino y reservas.
  - Las condiciones que se exijan en la licencia de uso de suelo;
  - Los requerimientos de habitabilidad, funcionamiento, higiene, servicios, acondicionamiento ambiental, comunicación, prevención de emergencia e integración al contexto e imagen urbana.
  - Ley sobre el Régimen de Propiedad en Condominio de Inmuebles para el Distrito Federal, en su caso.
  - Las disposiciones legales y reglamentarias en materia de preservación del patrimonio, tratándose de edificios y conjuntos catalogados como monumentos o ubicados en zonas patrimoniales.
- d) Vigilar que la construcción, durante el proceso de la obra, se apegue estrictamente al proyecto correspondiente a su especialidad y que tanto los procedimientos, como los materiales empleados, corresponden a lo especificado y a las normas de calidad del proyecto.
- e) Notificar al Director Responsable de Obra cualquier irregularidad durante el proceso de la obra, que pueda afectar la ejecución del proyecto, asentándose en el libro de bitácora.

En caso de no ser atendida esta notificación deberá comunicarlo al Departamento, por conducto de la Delegación correspondiente, para que se proceda a la suspensión de los trabajos, enviando copia a la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables;
- f) Responder de cualquier violación a las disposiciones de este Reglamento, relativas a su especialidad, e
- g) Incluir en el letrero de la obra su nombre y número de registro.

### **Del Corresponsable en Instalaciones:**

- a) Suscribir, junto con el Director Responsable de Obra, la solicitud de licencia, cuando se trate de obras del grupo A y B;
- b) Revisar el proyecto en los aspectos correspondientes a su especialidad, verificando que hayan sido realizados los estudios y se hayan cumplido las disposiciones del Reglamento de Construcciones y la legislación vigente al respecto, relativas a la seguridad, control de incendios y funcionamiento de las instalaciones;
- c) Vigilar que la construcción durante el proceso de la obra, se apegue estrictamente al proyecto correspondiente a su especialidad y que tanto los procedimientos, como los materiales empleados, corresponden a lo especificado y a las normas de aliada del proyecto;
- d) Notificar al Director Responsable de Obra cualquier irregularidad durante el proceso de la obra, que pueda afectar su ejecución, asentándolo en el libro de bitácora. En caso de no ser atendida esta notificación deberá comunicarla al Departamento, por conducto de la Delegación correspondiente, para que se proceda a la suspensión de los trabajos, enviando copia a la Comisión de Admisión de Directores Responsables de Obra y Corresponsables;
- e) Responder de cualquier violación a las disposiciones del RCDF, relativas a su especialidad,
- f) Incluir en el letrero de la obra su nombre y número de registro.

#### **2.2.6 Supervisor**

Es el profesional que representa al cliente para vigilar y controlar en su ausencia el desarrollo de la obra. La conveniencia que las empresas supervisen durante todo el proceso de construcción de una construcción, desde la etapa de proyecto estructural hasta la terminación del montaje se debe a que con ello se responsabiliza y se podrá asegurar que la construcción fue vigilada y cumplió con los requerimientos de calidad manifestados en el proyecto. Para ello, se debe hacer uso del laboratorio de control de calidad y equipo de topografía, detectando con ello las anomalías a tiempo y obrar en consecuencia.

También tiene como misión revisar los criterios de estiba sobre la estructura durante el proceso constructivo, para impedir que existan sobrecargas importantes no previstas que puedan afectar el comportamiento futuro.

En estructuras soldadas, debe exigir que la mano de obra sea calificada debido a que es de vital importancia, además de vigilar que las soldaduras sean inspeccionadas por alguno de los métodos de pruebas no destructivas.

### **2.2.7 Productores y distribuidores de acero**

Existen dentro del ramo de la construcción dos importantes participantes, los productores y distribuidores de acero, a continuación se presenta a manera de directorio algunas de las empresas más importantes en este ramo:

**AHMSA.** Una de las principales empresas dedicadas a la producción de acero y perfiles laminados.

**Aceros y Metales.** Diseño y construcción de troqueles y troquelados, moldes, dados de extrusión, forja y partes para los mismos, electro erosión por penetración e hilo

**Industria Especializada en Equipo de Acero Inoxidable.** Fabricación de equipos en acero inoxidable tipo 304, 304L, 316, 316L, aluminio y acero al carbón para la industria en general.

**Industria Mexicana de Aluminio.** Empresa mexicana fabricante de lámina lisa de aluminio, capacidad de 30,000 toneladas anuales, exportadora a USA, Canadá y Centroamérica, proceso laminada en caliente.

**Industrias Especializadas de Zapopan.** Industria especializada en la Venta de Malla de Acero Inoxidable, Laminas perforadas, Filtros, Bandas Transportadoras, Cribas, etc.

**Industrias Metálicas de Monclova.** 15 años de experiencia en la industria metal mecánica, con una amplia gama de productos.

**Industrias Rosete.** Calidad y Servicio en Acero Inoxidable y otros metales para la Industria Mexicana, con más de 50 años de experiencia.

**Internacional de Aceros Térmicos.** Información y venta de anclas refractarias para las industrias petroquímica, cerámica, cementera y en la que sean requeridas.



**Laminadora de Irapuato.** Laminadora es una empresa dedicada a la transformación de acero plano, para la fabricación de perfiles especiales utilizando tecnología de punta.

**Licfer.** Fabricantes en pastas para pulir metales todo lo relacionado con la Fundición Crisoles y un poco de ferretería.

**Maquinados Industriales de Monclova.** Mimsa esta dedicado a la fabricación, reparación y maquinados especiales de toda clase de equipo siderúrgico y de laminación en el mercado nacional y de exportación.

**Marín García Hnos.** Líder en comercialización de aceros laminados, perfiles, vigas, placa y lamina con entrega a todo el país.

**Matin.** Acero inoxidable en laminas placas lisas y antiderrapantes ángulos tubos redondos y cuadrados todo en acero inoxidable.

**Metal Detector.** Todo lo que falta saber sobre la detección de metales enterrados muy profundos. Deeper.

**Minera Autlan.** Compañía extractora beneficiadora de manganeso para suministro a hornos de fundición.

**Nemak.** Empresa del Grupo ALFA, dedicada a la fabricación de cabezas y monoblocks de aluminio para motor. NTG.

**Perfiles y Herrajes LM.** Empresa fundada en 1964, esta empresa fabrica perfiles cuadrados, rectangulares y redondos de lamina de acero. Líder en México en ventas nacionales y de exportación, cuenta con 4 centros de almacenaje y distribución dentro de la republica mexicana. Esta empresa forma parte del grupo industrial LM.

**Polimetales y Asesoría Técnica.** Acero inoxidable, cobre, latón, aluminio, nylon, teflón, fierro, bronce.

**Procesadora Metálica.** Maquila de procesos metálicos, inyección de piezas de aluminio, fabricación de equipos y piezas con lámina.

**Productos Laminados de Monterrey.** Empresa de América Latina en producción de perfiles, polines, tubos, tableros y lámina acanalada de acero.

**Recicladora Cachanilla.** Empresa dedicada a la compra y venta de metales ferrosos y no ferrosos.

**Ryerson de México.** Ofrece los siguientes productos de acero: placa, lamina, perfiles comerciales, estructurales, barra, varilla, alambón, alambre, productos de aluminio, metales rojos y plásticos.

**Tecnopress Internacional.** Especializados en la comercialización de maquinas, equipos y accesorios, principalmente de origen estadounidense y canadiense, para la industria de la transformación de la lamina, para fabricar entre otros, artículos para el hogar, auto partes, línea blanca, enseres menores, muebles metálicos, herrajes y herramientas.

**Trefilados y Clavos.** Fabricación y compra venta de clavos, alambre, varilla, alambón y todos los aceros para la construcción.

**Troqueles y Matrices.** Aluminio, inyección de aluminio a presión, fabricante de partes y componentes para la industria automotriz y para electrodomésticos.

**Tubería y Flecha Mecánica.** Barra hueca rectificada y hornada a la medida requerida. USOS: Cilindros hidráulicos, cañones, bujes a la medida exacta, piezas para máquinas e industria en general. Cilindros hidráulicos para camiones de volteo de una sección, maquinaria e industria en general.

**Villacero.** Es un grupo empresarial cuyo eje principal es el negocio de la distribución y fabricación de estructuras de acero.

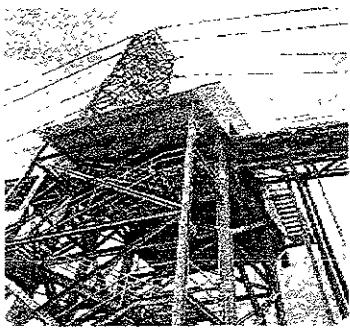
### 2.2.8 Fabricantes de estructuras de acero

La fabricación de estructuras metálicas, se debe realizar en talleres especializados con una capacidad de producción que sea acorde a las dimensiones del proyecto, deberá contar con instalaciones y equipos adecuados y una cuidadosa selección de personal (obreros calificados, trazadores, soldadores, montadores, etc.). En estas instalaciones, la estructura de acero nace y sale absolutamente terminada y prefabricada, de acuerdo con los procesos industrializados modernos y con un programa de control de calidad en cada una de las operaciones que se realizan.

Actualmente, gracias a nuevas técnicas que utilizan algunos talleres en la fabricación de estructuras como el CNC (Computerized Numeric Control), con procesos automatizados en las etapas de corte en frío con sierra, taladro, marcado y corte térmico, se reduce de manera importante el tiempo de construcción de una estructura de acero, lo que da como consecuencia una fabricación precisa, rápida y económica.

A continuación se presenta la descripción general de las características más importantes (capacidad de producción, productos terminados, etc.), para los siguientes talleres de fabricación de estructuras de acero:

#### **ESTRUCTURAS METÁLICAS S. A. DE C. V.**



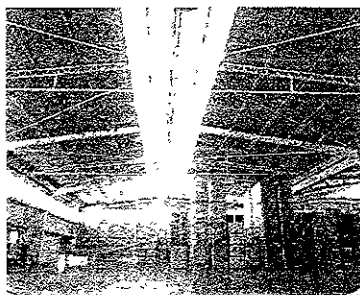
Su misión es la fabricación y el montaje de estructuras metálicas, así como de paileria en general con materiales, mano de obra y acabados de excelencia de acuerdo con las necesidades del cliente y la misión de la empresa.

Es el lugar donde se programan y se fabrican estructuras metálicas y paileria ya sea para las obras del grupo o bien también aquí también se programan y planean los montajes de las estructuras o de equipos que requieran los clientes.



#### **CAPACIDAD INSTALADA**

Cuentan con un Taller de Estructuras y Paileria de 4,000 m<sup>2</sup> en proceso de techar, equipado con dos grúas viajeras de 5 ton y 10 ton. Instalaciones de gas para oxicorte, iluminación artificial, subestación eléctrica de 500 kva, 4 soldadoras semi-automáticas Innershield, cortadora cizalla de ángulo y perfiles estructurales. Todo ello les permite producir un promedio de 280 ton/mes de estructura o equipo de acero.



#### **PARA MANIOBRAS CUENTAN CON:**

Una grúa de 18 ton. sistema hidráulico sobre un camión. Una grúa de 32 ton, sistema hidráulico sobre un camión. Dos grúas Boillot de 20.0 m y 3 ton Auto-desplegables. Dos camiones con grúa de brazo lateral de 3 toneladas en capacidad de gancho. Todo ello los capacita para montar de 360 a 400 toneladas de estructura por mes.

# GAMA

ESTRUCTURAS

En **GAMA ESTRUCTURAS** integran el diseño, fabricación y montaje de grandes estructuras de acero, para brindar un servicio integral a la industria de la construcción, así como diversas aplicaciones para la industria petroquímica y de transporte.

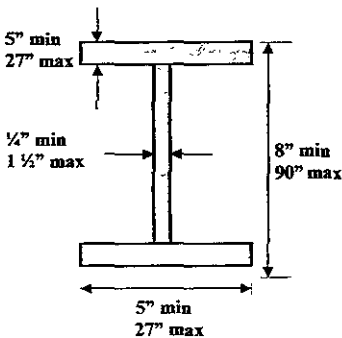
Esta empresa cuenta con la experiencia, maquinaria y personal altamente calificado, así como, con el soporte de para el suministro de materia prima, que les permite atender con prontitud y dar cumplimiento a los programas de fabricación.



El proceso de fabricación se lleva a cabo bajo las normas de la American Welding Society (AWS) y el American Institute of Steel Construction (AISC).

**Gama Estructuras** se ha proyectado en el ámbito nacional por su amplio desarrollo industrial y se ha colocado dentro de las 3 primeras empresas en México de fabricación y montaje de estructuras metálicas, por su capacidad de producción de aproximadamente 900 toneladas mensuales.

## PRODUCTOS



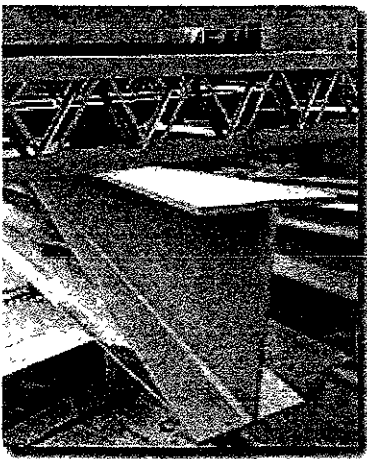
Cuentan con un equipo de ingeniería para la elaboración de los dibujos de taller necesarios para cualquier tipo de obra, con el equipo de computo más moderno y los programas más actualizados para su elaboración. Las especificaciones y el material utilizado para la elaboración de estos perfiles son de acuerdo con las necesidades del cliente (grado de acero, largos, etc.).

**Ofrecen los siguientes productos y servicios:**

- Perfiles soldados a base de tres placas de acero.
- Diseño, ingeniería y fabricación de estructuras pesadas y semipesadas.
- Montaje de estructuras.

- Limpieza basándose en sand-blast y aplicación de todo tipo de recubrimientos industriales.
- Pintura anticorrosiva y de acabado.
- Fabricación de tanques de almacenamiento.
- Administración total en la construcción de proyectos industriales.

Los productos van encaminados a atender las necesidades de construcción tanto del sector público como privado.



- El sistema que se utiliza para la soldadura es automático de arco sumergido, de 4 cabezas de 1,500 amperes cada uno.
- La longitud mínima de las vigas es de 4 metros y la máxima de 18 metros.
- La sección de la viga puede ser constante o variable.
- Las tolerancias de fabricación son las que se muestran en el manual para constructores de AISC.

Existe en el área metropolitana un gran número de talleres especializados en la fabricación de estructura metálica, tales como: BYSA, FERVI S. A. de C. V., IFAMESA, Industrias Fabriles S. A. de C. V., FADISA CONSTRUCCIONES, GUTSA CONSTRUCCIONES División Estructuras de Acero, TECNOMETALES S. A. de C. V., etc.

### 2.2.9 Detallista

Dentro de los talleres de fabricación se encuentra el área de ingeniería encargada de realizar los planos de taller; en especial se encuentran los encargados de obtener a partir de los planos estructurales, los detalles de conexión, dimensiones totales de cada uno de los elementos que se proyectaron, detalles de soldaduras, instrucciones de habilitado,

principios y terminaciones de soldaduras, localización en los planos de montaje de cada uno de los elementos y sus marcas de taller respectivas.

#### **2.2.10 Montador**

Es la parte responsable del montaje de la estructura de acero, el montaje que realice deberá efectuarlo con equipo apropiado, que ofrezca la mayor seguridad posible. Durante la carga, transporte y descarga del material, y durante el montaje, adopta las precauciones necesarias para no producir deformaciones ni esfuerzos excesivos.

Si en el proceso algunas piezas se maltratan y deforman, debe enderezarlas o reponerlas en su caso, antes de montarlas, aquí se permite las mismas tolerancias que en trabajo de taller.

#### **2.2.11 Autoridad (licencia, reglamentos, normas y especificaciones de diseño)**

##### **AISC (American Institute of Steel Construction)**

El Instituto Americano de las Construcciones de Acero es una sociedad dedicada a los fabricantes y constructores de estructuras de acero a quienes proporciona información para el diseño y normas concernientes a éstas.

##### **AISI (American Iron and Steel Institute)**

Sociedad dedicada a los fabricantes de fierro y acero, proporcionando estadísticas de la producción del acero, así como manuales y publicaciones al fierro y el acero.

##### **API (American Petroleum Institute)**

El Instituto Americano del Petróleo es una sociedad dedicada a la investigación y desarrollo de todo lo relacionado con el petróleo, publicando normas y especificaciones como las relacionadas con la soldadura en oleoductos, tanques de almacenamiento, etc.

##### **ASME (American Society of Mechanical Engineers)**

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, ha desarrollado, entre otros, los códigos y normas para fabricación de recipientes a presión y calderas, así como la clasificación de soldaduras.

### **ASTM (American Society of Testing and Materials)**

La Sociedad Americana de Pruebas de Materiales es una asociación técnica y científica que desarrolla normas para efectuar pruebas de materiales, sistemas y productos internacionalmente.

### **AWS (American Welding Society)**

La Sociedad Americana de Soldadura, se dedica a desarrollar y difundir, sin fines lucrativos, la ciencia de la soldadura y ha hecho varias publicaciones, así como códigos y normas concernientes a la soldadura.

### **CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)**

Es una organización de carácter nacional dedicada a la investigación de las ciencias y la técnica, así como a la educación y a la difusión a través de publicaciones periódicas y libros, así como a captar y estudiar técnicas de otros países.

### **IMP (Instituto Mexicano del Petróleo)**

Esta es una organización dedicada al desarrollo de las ciencias y la tecnología, alrededor del petróleo y sus derivados, principalmente, así como a la educación y publicaciones técnicas y científicas, a la investigación y experimentación.

### **NOM (Norma Oficial Mexicana)**

Establece los requisitos de las soldaduras aplicables a las estructuras soldadas. Se usa en conjunto con cualquier código, reglamento o norma complementaria para el diseño y construcción de estructuras de acero. No es aplicable a recipientes o tuberías que trabajan a presión.

### **RCDF (Reglamento de Construcciones del Distrito Federal)**

Tiene como finalidad y a partir de los temblores de 1985, reglamentar y adecuar los procesos de diseño y construcción a eventualidades similares en el futuro. Actualmente el Reglamento constituye un documento que regula y complementa otras leyes.

## **SAE (Society of Automotive Engineers, Inc.)**

La sociedad de Ingenieros Automotrices es una organización dedicada a promover el arte, la tecnología, las ciencias y las normas y prácticas de diseño y construcción en relación con automóviles, mecanismos autopropulsados y todo lo concerniente al ramo, incluida la soldadura.

### **2.3 METODOLOGIA**

Las obras se clasifican en: privadas y públicas, de estas la única que reglamenta las funciones y obligaciones de la Supervisión es la obra publica; manifiesta que los objetivos de la contratación de una supervisión son:

- Representar a la dependencia o dueño de la estructura en todo lo relativo a la obra que se supervisa.
- Estudiar en forma pormenorizada la documentación correspondiente.
- Verificar y controlar que los trabajos, en sus aspectos de calidad, costo, tiempo y seguridad se realicen conforme lo pactado contractualmente.
- Cuantificar y conciliar la obra ejecutada.
- Llevar a cabo el control total de la calidad de los materiales, sistemas y procesos establecidos.
- Mantener actualizados los documentos del proyecto.
- Informar a la dependencia sobre el desarrollo de la obra.
- Constatar la terminación de los trabajos, participando en la recepción de la obra.
- Llevar a cabo el control de informática de la obra.

Teniendo en cuenta los objetivos anteriores se tendría por parte de la supervisión encargada de la estructura metálica que realizar las siguiente actividades:

a) Vigilar que la constructora ejecute la obra cumpliendo con la calidad pactada, para lo cual se deberá realizar lo siguiente:

- Antes de iniciar la construcción, deberá revisar la organización y planes que para cumplir la calidad de la obra, que tengan las empresas constructoras, dando su aval si procede.



- Durante la construcción se realizará la implementación y mantenimiento del sistema que previamente ha sido aprobado y cuyo objeto es asegurar el cumplimiento de calidad de la obra en todas sus partes.
- Realizar las auditorias técnicas necesarias para la verificación del cumplimiento de calidad por parte de los proveedores del contratista.
- Efectuar los análisis del laboratorio que se consideren necesarios.
- Llevar a cabo las acciones adicionales necesarias (inspección, trazo, etc.) que garanticen el cumplimiento de calidad.

- b) Que la obra se ejecute de acuerdo al proyecto aprobado.
- c) Que la obra se ejecute de acuerdo al programa aprobado por el cliente.
- d) Vigilar que la obra se ejecute de acuerdo al presupuesto aprobado.
- e) Vigilar que la obra se ejecute con seguridad e higiene.
- f) Verificar y controlar que los trabajos, en sus aspectos de calidad tiempo costo y seguridad, se realicen conforme a lo pactado contractualmente y con apego al proyecto ejecutivo.
- g) Cuantificar, conciliar y evaluar la obra ejecutada para efecto de pago al constructor.
- h) Llevar a cabo la certificación de los procesos de control de calidad de los materiales, equipos, sistemas y procedimientos constructivos empleados por el constructor.
- i) Revisar detalladamente los proyectos, previamente a su ejecución.
- j) Informar al cliente sobre el desarrollo de los trabajos en todos sus aspectos de orden técnico, y de seguridad.
- k) Atender a los grupos u organismos que el cliente designe.

- i) Llevar a cabo el control de la obra a través de informática, bitácoras, archivos de los documentos contractuales, comunicaciones con el cliente y constructor.

### **2.3.1 Estudio del proyecto estructural**

Para iniciar las actividades previas a la construcción por parte de la supervisión se necesita recabar el proyecto estructural, las especificaciones correspondientes y los planos de fabricación, para tal efecto se debe considerar en la plantilla de los profesionales y técnicos asignados a la supervisión de la obra el personal que cubrirá las actividades relativas a la estructura metálica, al igual que se debe realizar la visita al sitio de la obra para conocer las características relevantes del mismo y la infraestructura existente.

Recabado de la dependencia los documentos relativos a la ejecución del proyecto: planos, especificaciones y normas, el catálogo general de conceptos y precios unitarios, incluyendo sus alcances detallados, verificando a demás que el proyecto contenga la información completa, agrupando los planos, especificaciones por especialidades arquitectónicas y de ingeniería, e indicando posibles incongruencias entre los mismos; de ahí es posible que se desprenda hacer adecuaciones al proyecto que redunden en beneficio de la obra, además de revisar los procedimientos constructivos establecidos por el Proyectista con carácter de obligatoriedad, esto con el fin de verificar que sea el más adecuado para las condiciones de la obra e identificar la problemática de los factores que incidan en su ejecución.

### **2.3.2 Revisión de los alcances de obra relativos a la estructura metálica**

Se definen como alcances a las condiciones en que se establecen la conformación de los precios unitarios, en esta parte al contratista se le define que para cada una de las actividades que él concurse o contrate, deberá incluir todo lo que los alcances describieron y cobrará de acuerdo a la forma de pago manifestada en el alcance.

Los alcances de obra describen también los materiales que deberán emplearse en la construcción de la estructura metálica, como recomendación general y con la finalidad de evitar discrepancias durante la conciliación de la obra, en los alcances debe aclararse que lo escrito en ellos debe apoyarse en los planos de proyectos y las especificaciones o normas que apliquen.

Los alcances se definen de acuerdo a la clasificación de la estructura metálica con respecto al peso de los perfiles que la conforman, y es la siguiente:

- 1.- Estructura ligera. Es aquella cuya fabricación se emplea cuando menos 80% de perfiles hasta 12.0 kg/m
- 2.- Estructura semipesada. Es aquella cuya fabricación se emplea cuando menos 80% de perfiles de 12.1 a 60.0 kg/m
- 3.- Estructura pesada. Es aquella en cuya fabricación se emplea cuando menos 80% de perfiles de más de 60 kg/m

Ejemplos de redacción que presentan los alcances de trabajo para la fabricación de estructura ligera y pesada:

**a) Fabricación de estructura ligera**

*Incluye las que correspondan de las siguientes operaciones:*

*Planos de taller, trazo, corte, enderezado, biselado, taladro de agujeros, rolado y troquelado*

*Armado, punteado, colocación de soldadura, pernos o tornillos en las piezas que se ensamblan en taller, tratamientos térmicos necesarios, pintura de taller e identificación de piezas.*

*Manejo de las piezas en el taller, carga, transporte al lugar de construcción, descarga y estiba en el lugar aprobado por el cliente.*

**b) Montaje de estructura ligera, hasta una altura de 20.00 m**

*Incluye las que correspondan a las siguientes operaciones:*

*Acarreo del sitio de estiba al de montaje, colocación de andamios, elevación de las piezas, armado, troquelado, punteado y ajustes necesarios.*

*Colocación de soldadura, de pernos, tornillos y pasadores, fijación, nivelación y alineamiento de acuerdo al proyecto. Retiro de andamios y del material sobrante.*

*Para la estructura pesada se presentan los siguientes ejemplos para una obra en particular cuya finalidad es el refuerzo mediante contraventeos verticales y horizontales formados*

*por traves, columnas y diagonales con secciones tipo cajón de acero. Es importante señalar que hay otros conceptos que no son propiamente estructura metálica, pero que se encuentra involucrados y es importante señalar.*

***c) Fabricación y colocación de pernos para anclaje de estructura metálica, según catálogo de conceptos y/o especificaciones***

*El precio unitario incluye: el suministro del material, el transporte, desperdicios, acarreos internos y externos, rondanas y tuercas, la mano de obra para la fabricación y colocación de los pernos según proyecto y/o especificaciones, el grout de relleno, los artificios que se requieran, los elementos de seguridad y protección para los trabajadores; la limpieza parcial y/o total del área de trabajo, así mismo incluye la herramienta, maquinaria y/o equipo necesario tanto en talleres como en obra, para su correcta ejecución del trabajo; así también como indirectos, utilidad de la contratista y los cargos contractuales adicionales.*

***Forma de pago***

*Unidad de medida será por pieza, para efecto de pago se cuantificarán las unidades realmente ejecutadas en la obra, de acuerdo a proyecto y/o lo indicado por el cliente.*

***d) Estructura metálica pesada***

*Suministro, fabricación y montaje de estructuras metálicas soldadas basándose en placas soldadas con electrodos E-70XX, ángulos y canales de acero ASTM A-572 grado 50 y/o perfiles estructurales, según proyecto y/o especificaciones; el precio unitario incluye: de conformidad con lo que se señalan las especificaciones y/o proyecto en talleres como en obra; el suministro de las placas, ángulos, canales de acero ASTM A-572 grado 50 y perfiles estructurales puestos en el sitio de su colocación, tornillos, tuercas, anclaje, separadores, tensores, soldadura, anticorrosivo y acabado final de pintura esmalte según especificaciones, materiales de consumo menor, mermas, desperdicios y descalibres, elevaciones, carga, acarreos internos, descargas, la mano de obra para enderezado, trazo, corte, habilitado, biselado, cuando sea el caso, armado, soldado, esmerilado, limpieza, aplicación de obra de acuerdo con lo arriba señalado, todas las fases del montaje, los*

*artificios que se requieran para los trabajadores; la limpieza parcial y/o total del área de trabajo, así mismo incluye el levantamiento, planos de taller y montaje, pruebas de laboratorio que sean necesarias según la especificación correspondiente, la maquinaria, la herramienta y/o equipo tanto en taller como en obra necesaria para su correcta ejecución del trabajo, de acuerdo con el proyecto y/o las instrucciones del cliente, así como los indirectos, la utilidad de la contratista y los cargos contractuales adicionales*

### ***Forma de pago***

*Unidad de medición será el kilogramo, con aproximación de dos decimales, para efecto de pago se cuantificarán las unidades realmente ejecutadas en la obra, de acuerdo a proyecto y/o lo indicado por el cliente.*

Como podemos observar los ejemplos anteriores relacionados con alcances de obra para estructura metálica, son importantes para el desarrollo de la obra, no hacer todas las consideraciones pertinentes en esta etapa, dan lugar a reclamos posteriores que impactan en el presupuesto original perjudicando la economía del cliente.

### **2.3.3 Revisión de los planos de fabricación**

El cliente debe suministrar los planos y especificaciones aprobados de la estructura metálica, esta aprobación generalmente se le encarga a la proyectista la que deberá verificar que los materiales, procesos de soldadura, preparaciones calificadas por norma, marcas del material y el lugar que le corresponde a cada elemento en el proceso de montaje, estén representados en los planos de fabricación.

Cuando el fabricante prepara los dibujos de taller, debe distribuir y someter copias de estos al cliente para que a su vez este los revise y apruebe, la devolución de esta información tiene un plazo acostumbrado de 14 días naturales. La supervisión y/o el proyectista son realmente los encargados de hacer esta aprobación sujeta a las correcciones anotadas.

Solo en este instante del proceso se autoriza al fabricante proceder a la fabricación, obviamente después de haber corregido los dibujos de acuerdo a las anotaciones y enviar las respectivas copias corregidas al cliente.

Con la aprobación por el cliente de los dibujos de taller preparados por el fabricante, se indica que éste ha interpretado correctamente los planos estructurales y las especificaciones. Con esta aprobación el cliente acepta plenamente la responsabilidad por el diseño de conexiones realizadas por el fabricante, como parte de la elaboración de los dibujos de taller.

Claro esta que esta aprobación no releva al fabricante de su responsabilidad por la exactitud de las dimensiones detalladas en los dibujos de taller, ni por el buen ajuste de las piezas al ensamblarse en la obra.

La aprobación de los planos de fabricación se efectúa colocando el sello respectivo de la empresa que realizó el trabajo de revisión, el cual incluye fecha y firma. La información que se acostumbra manifestar en el sello es:

Este plano concuerda con los correspondientes estructurales en cuanto a perfiles y conexiones, salvo las anotaciones indicadas.

La precisión de cotas, niveles, pesos y detalle en general no son responsabilidad de “**empresa que realizó la revisión**”, sino del fabricante o de la persona encargada de elaborar este plano.”

Fecha: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

### **2.3.4 Evaluación de la calidad de producción del taller de fabricación**

Cuando se realiza el concurso para la fabricación de la estructura metálica las empresas interesadas mandan junto a su cotización, el curriculum vitae en donde se manifiesta la participación del fabricante dentro de esta rama, las obras y diseños en que a participado.

Cuando las condiciones de la obra y los procesos contractuales así lo permiten es responsabilidad de la supervisión realizar la evaluación del taller de fabricación constatando si es verdad que lo manifestado en la documentación es cierto.

Los criterios de evaluación no se encuentran especificados más que por la experiencia.

Un taller de fabricación se evalúa de acuerdo a varios puntos importantes:

- El programa de trabajo para la obra determina ya un tiempo de fabricación, por lo que la capacidad de producción del taller es determinante. si no es así se corre el riesgo de que el fabricante comience a incumplir con el programa de fabricación, provocando el consiguiente atraso de obra.
- Determinar si el taller no se encuentra saturado de trabajo y por tal motivo no podrá atender debidamente el proyecto que nos ocupa.
- Que cuente con la mano de obra calificada.
- Determinar si cuenta con departamento de control de calidad y si este se implementa adecuadamente.
- Estado en que se encuentran sus instalaciones, áreas de almacenamiento de material en greña, de elementos fabricados, protección de áreas de trabajo, áreas para control de temperatura.
- Estado en que se encuentran los equipos y/o herramientas. capacidad de desplazamientos de producto terminado.
- Métodos de aplicación de pintura.

### **2.3.5 Programa de trabajo del constructor (fabricación y montaje de la estructura)**

El jefe de supervisión y los supervisores se encargan de revisar, junto con el constructor residente de obra, que el programa de trabajo, sea el adecuado al proceso de construcción de la obra y exista el común acuerdo laboral entre las tres partes (cliente, constructor y supervisión), con el objeto de mantener la inspección de acuerdo a la calidad,

procedimientos y limitaciones que sean necesarios para la correcta fabricación de la estructura.

De la revisión del programa de obra presentado por el constructor se obtiene la información inicial en la proyección de tiempos finales para la conclusión del proyecto. Dicho programa deberá incluir cada uno de los elementos agrupados con características similares (por nivel, por eje, por funcionamiento, etc). Este documento debe contener los periodos de fabricación, que incluye el tiempo necesario para la elaboración de los planos de taller; claro esta si el fabricante esta contratado para dicha actividad. Para el programa de montaje este deberá incluir los tiempos de ejecución de las actividades correspondientes a los depósitos definitivos de soldadura y/o la colocación de tornillería y apriete.

Durante el desarrollo de la obra la supervisión tendrá que prever que los acontecimientos a futuro y basados en las actividades de producción hasta el momento del corte o análisis de las actividades programadas, sirvan para tomar las medidas pertinentes y se establezcan los criterios de sanción si el atraso es imputable al constructor.

### **2.3.6 Materiales a emplearse en obra**

El supervisor se encargara de verificar que todo material suministrado a la obra y solicitado por el constructor al proveedor, corresponda y cumpla con los requerimientos indicados en el proyecto, para ello el supervisor quien es el que lleva el control de materiales, le solicita al constructor los siguientes registros:

- La orden de compra, fechada y firmada por el proveedor.
- El control de calidad que lleva el proveedor sobre su producto, los cuales consisten en presentar el informe de resultados sobre las pruebas a que ha sido sometido el producto terminado.
- Si se carecen de esta documentación deberán hacerse pruebas destructivas al material para certificar su calidad.

Una vez que el material ya se encuentra en obra, el supervisor se encarga de verificar que los perfiles sean los indicados en el proyecto estructural, evaluando del material lo relacionado a las dimensiones y pesos, flechas verticales y laterales, rectitud, longitud, escuadra y sección transversal, de acuerdo a las tolerancias permisibles manifestadas en las normas y/o especificaciones del proyecto.



Los tipos de acero estructural que principalmente deberían aceptarse por parte del cliente o sus representantes, son los producidos en nuestro país y definidos por la Norma Oficial Mexicana, considerando que es similar a la norma ASTM.

Cuando se solicite, el fabricante proporcionará certificados de calidad del acero estructural suministrado, en el cual se verificará si este cumple con los requerimientos de los planos y/o especificaciones.

Dentro de estas especificaciones se incluyen, además de los aceros estructurales, aceros fundidos, aceros forjados y de otros tipos, remaches, tronillos, metal de aporte para soldaduras y pernos conectores de cortante, etc.

Las disposiciones de las especificaciones tienen por objeto proporcionar un factor de seguridad que impida alcanzar el esfuerzo de fluencia bajo la acción de las cargas de trabajo en los elementos principales de la estructura. La dirección paralela al eje de laminado de los perfiles es la que más interesa en el diseño de las estructuras de acero.

De ahí que el esfuerzo de fluencia, determinado por medio de ensayos de tensión, es la propiedad mecánica importante para la selección de los aceros bajo estas especificaciones.

Debe reconocerse que otras propiedades mecánicas y físicas del acero laminado, tales como anisotropía, ductilidad, resiliencia, resistencia a la corrosión, etc., pueden ser también importantes para el buen comportamiento de una estructura de acero. No es posible incorporar en estos párrafos la información necesaria para dar una explicación completa relativa a todos los factores que deban considerarse en la selección y en las especificaciones de los materiales para aplicaciones especiales. Para estos casos, se recomienda consultar la literatura especializada sobre las propiedades específicas que sea del interés, para poder elegir el material más adecuado.

Como ejemplo de este caso se puede mencionar el diseño de conexiones soldadas altamente restringidas. El acero laminado es anisotrópico, especialmente en lo que a ductilidad se refiere. En consecuencia, las deformaciones producidas por las contracciones de la soldadura en la zona de alta restricción de conexiones soldadas, pueden rebasar la capacidad del material si no se pone especial atención en su selección, en los detalles constructivos y en la mano de obra e inspección. Otro caso especial se presenta cuando se

diseña para evitar fracturas con ciertas condiciones de servicio. Las temperaturas moderadas de las estructuras de acero en edificios, la poca variación de las deformaciones, la magnitud de los esfuerzos y el número de ciclos con los esfuerzos máximos de diseño hacen muy remota la posibilidad de facturas en estructuras de acero en edificios. Los detalles de diseño bien realizados, logran una geometría sin concentraciones severas de esfuerzos y una buena mano de obra, son generalmente los medios más eficientes para obtener construcciones resistentes a fracturas. Sin embargo, para condiciones de servicio especialmente severa, tales como estructuras a bajas temperaturas con carga que producen impacto, puede justificarse que se especifiquen aceros con mayor resiliencia.

Las normas para tornillos A307 cubren dos grados de sujetadores y ambos pueden usarse bajo estas especificaciones. Sin embargo, debe notarse que el grado B se emplea generalmente para atornillar bridas de tubos y el grado A es la calidad que más comúnmente se usa para fines estructurales.

Cuando se especifican electrodos y/o fundentes de acuerdo con la designación AWS, deben estudiarse las especificaciones para entender el significado de la designación. Esto es necesario porque los sistemas de designación AWS tienen diferentes criterios. Por ejemplo, en el caso de electrodos recubiertos para soldadura (AWS A5.1), los primeros dos dígitos o tres dígitos indican la resistencia nominal a la tensión, en millares de libras por pulgada cuadrada, del metal de aportación y los dos dígitos finales indican el tipo de recubrimiento.

En cambio en el caso de electrodos de acero dulce para soldadura de arco sumergido (AWS A5.17), el primer o los dos primeros dígitos, multiplicados por diez, indican la resistencia nominal a la tensión, mientras que el dígito o dígitos finales, multiplicados por diez, indican la temperatura de ensayo en grados Fahrenheit para pruebas de impacto del metal de aportación. En el caso de electrodos recubiertos de acero de baja aleación para soldadura de arco (AWS A5.5), ciertas partes de la designación indican requerimientos de relevado de esfuerzos, mientras que otras partes indican que no hay este requerimiento.

### **2.3.7 Fabricación de estructura metálica**

Para la fabricación de la estructura metálica, además de contarse con los planos de fabricación ya autorizados para tal efecto, se deben tener los procedimientos internos (regidos por las normas o códigos antes mencionados) para la fabricación. A continuación se presenta un procedimiento escrito para la fabricación de viga soldada de 3 placas y viga rolada. Este procedimiento se establece y se revisa por parte de la supervisión y una vez aprobado forma parte del proyecto y deberá aplicarse estrictamente.

	PROCEDIMIENTO		CLAVE DE PROCEDIMIENTO	
	<b>TITULO DEL PROCEDIMIENTO:</b> Fabricación de viga soldada de 3 placas de y viga rolada.		PROPRO-	
			FECHA:	
			REV.:	
			PAG.	DE
<p><b>1. Objetivo</b></p> <p>1.1 Indicar los puntos críticos de fabricación a que se deberán someter las vigas y estructura fabricada en:</p> <p style="margin-left: 40px;">a) (Se indica el nombre del proyecto.)</p> <p style="margin-left: 40px;">b) (Se indica el nombre del taller que fabrica la estructura metálica.)</p> <p><b>2. Alcance</b></p> <p>2.1 Este procedimiento es aplicable a la fabricación de viga soldada de 3 placas, viga de caja y estructura en general para cumplir con el código AWS D1.1 y / o requerimiento del cliente.</p> <p><b>3. Referencias</b></p> <p>3.1 AWS D1.1</p> <p>3.2 Especificaciones del cliente</p> <p>3.3 AISC</p> <p>3.4 Manual AHMSA</p> <p>3.5 Dibujos de fabricación</p> <p>3.6 Diagrama de flujo y plan de calidad</p> <p>3.7 Procedimientos establecidos por: (Taller de fabricación) y aprobados por: (Supervisión y/o cliente).</p> <p><b>4. Definiciones</b> (Se establecen si se requieren)</p> <p><b>5. Anexos</b> (Se establecen si se requieren)</p> <p><b>6. Pre-requisitos</b></p> <p>6.1 El personal que realice actividades de fabricación deberá tener la experiencia suficiente en la interpretación de dibujos, así como la aplicación de los códigos, normas y especificaciones aquí establecidas.</p> <p><b>7. Responsabilidades</b></p> <p>7.1 La gerencia de producción es responsable de cumplir con estricto apego todos los puntos de este procedimiento.</p> <p>7.2 Los inspectores de control de calidad deberán checar que se cumplan todos los puntos de este procedimiento, así como etiquetar las piezas que no cumplan con este procedimiento, siendo de material detenido y / o rechazado.</p>				
<b>ELABORO</b>		<b>REVISO</b>		<b>AUTORIZO</b>

	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CLAVE PROCEDIMIENTO</b>	
	<b>TITULO PROCEDIMIENTO:</b> Fabricación de viga soldada de 3 placas de caja y estructura en general	<b>PROPRO-</b>	
		<b>FECHA:</b>	
		<b>REV.:</b>	
		<b>PAG.</b>	<b>DE</b>

### 8. Procedimiento

- 8.1 Verificar que las vigas a inspeccionar tengan claramente marcado las siguientes características:
- a) Colada del material
  - b) Checar peso (kg/m). (Para el caso de vigas laminadas).
  - c) Marca de la pieza (Para vigas formadas por tres placas)
  - d) Número de plano o dibujo (Para vigas formadas, por tres placas)
- 8.2 Verificar que los certificados de análisis químicos y físicos que amparan las vigas cumplan contra la especificación respectiva.
- 8.3 Verificar que las vigas estén libres de defectos superficiales como laminaciones, fracturas, desprendimientos de material, deformaciones, deflexiones o golpes.
- 8.4 Inspeccionar dimensionalmente las vigas para que cumplan con lo indicado en dibujos, especificaciones del cliente o especificaciones de los códigos aplicables (Se especifica los anexos que correspondan).
- 8.5 Se inspeccionará que las vigas soldadas de tres placas y vigas roladas cumplan con las especificaciones establecidas y llenará individualmente un croquis ya establecido.
- 8.6 Este procedimiento se complementa con:  
(Se mencionan los procedimientos que se involucran).

### 9. Criterios de evaluación.

- 9.1 Tolerancias en elementos fabricados en taller, vigas formadas por tres placas (Se especifican anexos correspondientes).

<b>ELABORO</b>	<b>REVISO</b>	<b>AUTORIZO</b>
----------------	---------------	-----------------

	PROCEDIMIENTO	CLAVE DE PROCEDIMIENTO
	TITULO DEL PROCEDIMIENTO: Fabricación de viga soldada de 3 placas de y viga rolada.	PROPRO-
		FECHA:
		REV.:
	PAG.	DE
<p>9.2 Tolerancias en filetes de soldadura (Se registra el anexo correspondiente)</p> <p>9.3 Tolerancias de rolado y normas de laminación (Se registra el anexo correspondiente).</p> <p><b>10. Aceptación y/o rechazo.</b></p> <p><b>10.1 Aceptación.</b></p> <p>10.1.1. Si todos los puntos anteriores han sido cumplidos satisfactoriamente proceder a lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Se emite reporte de inspección dimensional avalada por la supervisión</li> <li>Colocar etiqueta de material aceptado.</li> <li>Se forma el expediente del control de calidad para iniciar su embarque.</li> </ol> <p><b>10.2.1. Rechazo.</b></p> <p>Si alguno de los puntos anteriores no ha sido cumplido satisfactoriamente proceder a lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Colocar un etiqueta de material rechazado y/o material detenido según sea la resolución de la disconformidad.</li> <li>Verificar que la pieza se coloque en zona de material rechazado y/o detenido.</li> <li>Verificar que las reparaciones sean satisfactorias.</li> </ol> <p><b>11. Formatos aplicables.</b> (Se especifican que formatos).</p>		
<b>ELABORO</b>	<b>REVISO</b>	<b>AUTORIZO</b>

### **2.3.8 Embarque de los elementos fabricados**

Para todo el material fabricado o armado fuera de la obra, el supervisor se encarga de efectuar la inspección de todas las piezas mediante la identificación propuesta en los planos de montaje, mismas que tendrán que salir de la planta con la marca de fabricación.

Para entonces el supervisor se encarga de llevar el control de las operaciones de carga, transporte y descarga del material, procurando ejercer que se adopten las precauciones y medidas necesarias de seguridad para no producir deformaciones ni esfuerzos excesivos.

Si por causa de fuerza mayor se llegase a dañar alguna pieza, el supervisor se encarga de inspeccionar el estado de la misma, determinando entonces el criterio de aceptación, rechazo o reposición del material dañado.

La fabricación de elementos metálicos en el taller debe pasar por un proceso supervisado en donde las normas para la fabricación se aplicaron; las tolerancias fueron aceptadas, se protegieron los elementos con algún producto anticorrosivo y finalmente se colocó el sello de “aceptación” para que pueda ser transportado y montado en obra.

El lapso entre la “aceptación” y el montaje es la etapa de embarque y transportación que finalmente es total responsabilidad del fabricante pero es necesario que la supervisión revise y apruebe el equipo y que las maniobras sean seguras para no deformar o dañar el producto terminado.

Cuando las distancias entre el taller de fabricación y la obra son muy grandes debe preverse que los cambios de temperatura y los puntos de apoyo de la estructura sobre el transporte, no contribuyan a que se sumen deformaciones que pudieran ser causa de rechazo una vez llegados a obra.

### **2.3.9 Almacenamiento en obra de los elementos fabricados**

Todo material que se almacene en la obra debe encontrarse bajo resguardo y responsabilidad del constructor, mantener su estado de conformidad durante el periodo de almacenamiento, además de llevar el control de entradas y salidas del material.

El jefe de supervisión y el supervisor únicamente se encargan de verificar que el material almacenado corresponda con el solicitado por las especificaciones del proyecto estructural

Aunque es responsabilidad del constructor los elementos fabricados deben protegerse contra la oxidación que pudiera ocasionar la intemperie, para ello el almacenaje y estiba deberán contar con un lugar expresamente acondicionado para el resguardo del clima (lluvia, sol, viento, etc.)

Cuando no es posible preparar estas cubiertas o destinar lugares específicos para el almacenamiento, deberá considerarse la protección de la estructura con productos químicos de mayor calidad protectora. Otro punto que debe cuidarse es que al ir colocando las piezas deberá revisarse que no se dejen zonas de falla potencial o con riesgo de sobrecarga, debe tenerse cuidado en no excederse en la confianza y dejar sólo puntos de soldadura en las placas o solo un par de tornillos, cuando se almacena estructura sobre estructura.

### **2.3.10 Montaje de los elementos estructurales**

Se consideran que las estructuras de aceros se construirán a plomo y a nivel, si cumple con la tangente del ángulo que forma la recta que une los extremos de la pieza con el eje de proyecto no excede de 1:500. A continuación se presentan los criterios de montaje para los siguientes conceptos:

**Contraventeos.-** La estructura de edificios de acero se colocará contraventeos temporales cuando se es necesario para tomar en cuenta todas las cargas a que pueda quedar sometida durante el montaje, incluido el equipo y su operación. El contraventeo permanece en su lugar mientras la seguridad lo requiera.

**Conexiones provisionales.-** Durante el montaje, todas las piezas deben asegurarse mediante pernos o soldaduras, para tomar en cuenta los esfuerzos producidos por carga muerta, viento, sismo y operaciones de montaje.

**Alineación.-** No se colocarán remaches ni pernos o soldadura definitiva hasta que toda la zona de la estructura que vaya a quedar rigidizada por ellos esté adecuadamente alineada y plomeada.



**Soldadura de campo.-** La pintura de taller en superficies adyacentes a juntas que se vayan a soldar en campo se cepillará con alambre, hasta reducir la capa de pintura a un mínimo.

**Contra flecha.-** Las vigas y armaduras que se detallen sin especificar contra flecha se fabricaran de manera que, del montaje, cualquier contra flecha pequeña debido al laminado o ensamble en taller, quede hacia arriba, si la contra flecha implica el montaje de algún miembro sometido a una fuerza determinada, esto deberá indicarse en el diagrama de montaje.

### 2.3.11 Procesos de soldadura

*Soldar es el proceso de unir o juntar metales. Aunque los métodos antiguos para soldar tienen poca o ninguna semejanza con las técnicas modernas, tanto los procesos antiguos como los modernos se clasifican en las dos siguientes categorías:*

El primer tipo de soldadura consiste en calentar dos piezas de metal hasta que se derriten y se funden entre sí, a éste se le llama soldadura por fusión, la tabla.

El segundo tipo se basa en calentar los metales hasta una temperatura inferior a su punto de fusión y unirlos con un metal de aporte fundido, o calentar los metales hasta que están blandos para martillarlos o unirlos a presión entre sí. Éste se llama soldadura sin fusión.

El método más antiguo para unir metales se basaba en calentar dos piezas de metal en una fragua hasta que estaban blandas y flexibles. Después, se martillaban o forjaban las piezas entre si o en un yunque y se dejaban enfriar y endurecer; este proceso rara vez se emplea en la actualidad. Mientras se calentaban de un modo uniforme y ala temperatura correcta, las piezas de metal se colocaban sobre capa de coque, tratando de mantenerlas limpias. Cuando se martillaban las piezas juntas, no se fundían sino que se unían por la presión de los golpes; por eso, se considera que la forja es un tipo de soldadura sin fusión.

En los comienzos del siglo XX se popularizó otro método para unir metales: la soldadura por vaciado. Este método se utilizaba para reparar piezas fundidas que tenían grietas o defectos. Para hacer las piezas se vaciaba el metal fundido en un molde y se dejaban enfriar con lentitud, para que adopte su forma. Cuando se encontraba una pieza con grietas o

defectos, se formaba un molde más pequeño alrededor de la zona defectuosa y se vaciaba hierro fundido sobre los bordes de la falla, una y otra vez hasta que se moldeaban los bordes. Después se cerraba el molde y se dejaba que el hierro enfriara y solidificara. Esta forma de soldar es una operación de vaciado (colado) en miniatura y de ahí su nombre de soldadura por vaciado, debido a que el metal fundido se vaciaba sobre la falla, en un momento dado fundía las superficies y borde con que hacían contacto, a este proceso se catalogo como el primer proceso de soldadura por fusión.

La tecnología y la ciencia de la soldadura han avanzado con tal rapidez en los últimos años, que sería casi imposible enumerar todos los métodos diferentes de soldadura que se emplean en la actualidad. Sin embargo, todos pueden clasificarse en cualquiera de las dos categorías: soldadura por fusión y soldadura sin fusión.

### **Soldadura por fusión y sin fusión**

Los dos procesos principales en la soldadura por fusión son la soldadura con flama y la soldadura de arco. En procesos de soldadura con flama se emplea el calor de los gases en combustión para fundir o calentar el metal base, también se suele hacer con flama de oxiacetileno, a este proceso se le llama soldadura oxiacetilénica (OAW) Sin embargo, en la industria se emplean a menudo mezclas de oxígeno y gases combustibles que no son el acetileno. El termino general soldadura con oxígeno y gas combustible (OF) se aplica a las soldaduras en que se utiliza cualquier gas combustible.

Como estos son altamente explosivos en determinadas condiciones, el soldado debe conocer y aplicar todas las precauciones de seguridad.

Profundizar en cada proceso de soldadura sale del alcance de esta tesis, pero se considera importante presentar en forma esquemática los procesos de soldadura con fusión en la tabla 2-2 y sin fusión en la tabla 2-3.

En los procesos de **soldadura de arco (AW)** se emplea el calor creado por una corriente eléctrica para elevar la temperatura del metal base a la requerida para soldar. Se establece la corriente eléctrica entre el metal base y una varilla que sirve como electrodo, el cual se sujeta en un soporte especial que el soldador sostiene en la mano.

El calor requerido para fundir el metal base proviene del arco que se crea cuando la corriente eléctrica salta en el espacio (o entrehierro) entre el extremo del electrodo y el metal base. En este proceso se funden ambos: el metal base. En este proceso se denomina **soldadura con arco metálico desnudo (BMAW)** y tiene aplicación muy limitada en las industrias actuales.

Otros perfeccionamientos dieron origen a la protección del electrodo con gas inerte o con un fundente granulado fino y, en algunos procesos, con una combinación de ellos. Dado que el metal fundido a menudo se vuelve quebradizo al exponerlo al aire, la finalidad de la protección es resguardar la soldadura. Cuando se utiliza un revestimiento o recubrimiento en el electrodo, se llama **soldadura con arco protegido (SMAW)** Si se emplea un fundente granulado para proteger el electrodo, se está hablando de soldadura con arco sumergido (SAW). Se llama soldadura con gas inerte cuando se utiliza este tipo de gas. Los dos procesos más comunes de soldadura con gas inerte son la **soldadura con gas y arco de tungsteno (GTAW)** y la **soldadura con gas y arco de metal (GMAW)**.

Aparte de la forja, hay dos procesos principales de soldadura sin fusión: soldadura por resistencia y soldadura blanda y proceso afines, que incluyen la soldadura fuerte y con bronce.

### **Soldadura por resistencia**

En la soldadura por resistencia también se utilizan el calor y la presión para unir las piezas metálicas. Las piezas que se van a soldar se sujetan entre dos electrodos de cobre en una máquina. El calor se genera por la corriente eléctrica que circula a través de los puntos en corriente eléctrica que circula a través de los puntos en donde se hace la soldadura, es decir, en el punto en el que los electrodos tocan el metal. En las soldaduras a tope, por puntos, de costuras y de proyección también se utiliza el proceso de resistencia. Los diversos nombres se aplican a las variaciones en la soldadura por resistencia

En la soldadura a tope (**soldadura realizada, UW**) las piezas se colocan extremos con extremos de modo que la corriente circule a través de la unión.

En la soldadura por puntos, (**soldadura por puntos por resistencia, RSW**) las piezas que se van a unir están traslapadas y la corriente y la presión se aplican en un solo punto.

En la soldadura de costura, (**soldadura de costura por resistencia, RSEW**), un electrodo en rotación o de rodillo produce soldaduras de puntos a intervalos regulares a lo largo de la costura. Las soldaduras de puntos se pueden traslapar para formar una costura hermética (a prueba de agua).

En la soldadura de proyección (**soldadura de proyección por resistencia, RPN**), se hacen pequeñas protuberancias en la superficie de uno de los metales que se van a soldar. Estas protuberancias o proyecciones se sueldan en otra pieza de metal al hacer pasar una corriente eléctrica a través de ellas y aplicar presión al mismo tiempo.

Aunque es posible soldar metales bastante gruesos con el método de soldadura por resistencia, se utiliza con mayor frecuencia en las industrias que trabajan con metales delgados, tales como la fabricación de artefactos de lámina y la automotriz. Un fabricante de automóviles dice que se aplican mas de mil por puntos para armar un automóvil. Si se examinan artículos como refrigeradores, estufas, lavadoras y ductos para calefacción y ventilación.

#### **Soldadura blanda, soldadura fuerte y soldadura con bronce**

En estos procesos, el metal base nunca se calienta hasta su punto de fusión. En la soldadura blanda y en la fuerte la unión se produce al permitir el flujo por acción capilar para atraer el metal que se van a unir. La diferencia entre las piezas de metal que se van a unir. La diferencia principal entre estos procesos es la temperatura a la cual se llevan a cabo. Por el contrario la soldadura con bronce no depende de la acción capilar. Las técnicas empleadas son similares a las de la soldadura por fusión, pero el metal base no se funde.

## PROCESOS DE SOLDADURA

### PROCESOS DE SOLDADURA CON FUSION

<b>SOLDADURA CON ARCO (AW)</b>	
Soldadura con hidrógeno atómico	AHW
Soldadura con arco en metal desnudo	BMAW
Soldadura con arco de carbón	CAW
Con gas Protegido Doble	CAW-G CAW-S CAW-T
Soldadura con electro gas	EGW
Soldadura con núcleo de fundente	FCAW
Soldadura con gas y arco de metal	GMAW
Arco a pulsaciones	GMAW-P
Arco en cortocircuito	GMAW-S
Soldadura con gas y arco de tungsteno	GTAW
Arco a pulsaciones	GTAW-P
Soldadura con arco de plasma	PAW
Soldadura con gas y arco protegido	SMAW
Soldadura con arco de espárragos	SW
Soldadura con arco sumergido	SAW
En serie	SAW-S

### SOLDADURA CON OXIGENO Y GAS COMBUSTIBLE (OFW)

Soldadura con aire y acetileno	AAW
Soldadura oxiacetilénica	OAW
Soldadura oxhídrica	OHW
Soldadura con gas a presión	PGW

### OTRAS SOLDADURAS

Soldadura con haz de electrones	EBW
Con alto vacío	EBW-HV
Con mediano vacío	EBW-MV
Sin vacío	EBW-NV
Soldadura con electro escoria	ESW
Soldadura por flujo	FLOW
Soldadura por inducción	IW
Soldadura con rayos láser	LBW
Soldadura por termita	TW

**Tabla 2-2 Procesos de soldadura que utilizan el principio de fusión**

## PROCESOS DE SOLDADURA SIN FUSION

### SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW)

Soldadura a tope con arco	FW
Soldadura por resistencia de alta frecuencia	HFRW
Soldadura por percusión	PEW
Soldadura por proyección	RPW
Soldadura de costuras	RSEW
Soldadura de puntos	RSW
Soldadura recalcada	UW

### SOLDADURA DE ESTADO SOLIDO (SSW)

Soldadura por coextrusión	CEW
Soldadura en frío	CW
Soldadura por difusión	DFW
Soldadura explosiva	EXW
Soldadura por forja	FOW
Soldadura por fricción	FRW
Soldadura a alta presión	HPW
Soldadura por laminador	ROW
Soldadura ultrasónica	USW

### SOLDADURA BLANDA (S).

Soldadura por inmersión	DS
Soldaduras en horno	FS
Soldadura por inmersión	IS
Soldadura infrarroja	IRS
Soldadura con caudín	INS
Soldadura por resistencia	RS
Soldadura con soplete	TS
Soldadura ondulada	WS

### SOLDADURA FUERTE O CON BRONCE (B)

Soldadura con arco	AB
Soldadura por bloque	BB
Soldadura por difusión	DFB
Soldadura por inmersión	DB
Soldadura por flujo	FLB
Soldadura en horno	FB
Soldadura por inducción	IB
Soldadura infrarroja	IRB
Soldadura por resistencia	RB
Soldadura por soplete	TB
Soldadura con doble arco de carbón	TCAB

**Tabla 2-3 Procesos de soldadura sin fusión**

### 2.3.12 Protección de los elementos estructurales

Los elementos estructurales que salen del proceso de fabricación deberán protegerse contra las acciones ambientales cuyo efecto es el fenómeno conocido como corrosión. Para ello se tiene las siguientes recomendaciones:

a) **No se deberán pintar las estructuras que vayan a recubrirse con concreto.** En todos los casos restantes, y salvo excepción expresa, deberá darse a las estructuras una mano de pintura de taller aplicada cuidadosa y uniformemente a superficies secas que hayan sido limpiadas; la pintura puede aplicarse con brocha, rociado, rodillo, por inmersión, etc.

Después de la inspección y aprobación, pero antes de dejar el taller, todas las piezas que deban pintarse se limpiarán mediante un cepillo a mano con cepillo de cerda metálica o por otros métodos elegidos por el fabricante, para suprimir las escamas de laminación sueltas, óxido, escoria de soldadura o depósitos de fundente, suciedad y cualquier materia extraña; los depósitos de grasa y aceite se removerán con un solvente. Después de la fabricación, las estructuras que no deben pintarse en taller se limpiarán con un solvente para eliminar aceite y grasa, y la suciedad y demás materias extrañas se suprimirán mediante un cepillado cuidadoso con cepillo de fibra.

b) **Superficies inaccesibles.** Las superficies que vayan a resultar inaccesibles después de armar la estructura, se tratarán de acuerdo a lo mencionado en el inciso a), antes de efectuar el armado.

c) **Superficies en contacto.** Las superficies en contacto se limpiarán de acuerdo con el inciso a) antes del ensamblado, pero no se pintarán.

d) **Superficies terminadas.** Las superficies terminadas como máquina deben protegerse contra la corrosión mediante una capa antioxidante que se pueda remover fácilmente antes del montaje, o que tenga características que hagan innecesaria su remoción.

e) **Superficies adyacentes a soldaduras de campo.** Salvo que se especifique otra cosa, las superficies que estén hasta 5 cm de cualquier punto que se vaya a soldar en campo deben

estar libres de materiales que pudieran evitar una soldadura apropiada o producir humos perjudiciales mientras se suelda.

### **2.3.8 Manejo de bitácora**

En el caso de obra pública, la bitácora de obra aparece como un documento obligatorio exigido por la Ley de Obras Públicas, para el caso de obra privada, los reglamentos de construcción obligan a su manejo en obra.

Dentro del trabajo de la supervisión y tomando en cuenta que está se convierte en una extensión de la dependencia y/o cliente contratante, en cuanto a relaciones laborales se refiere, es de suma importancia que la comunicación escrita se establezca desde el inicio de las acciones, con la finalidad de evitar contratiempos, malos entendidos o situaciones que pudieran entorpecer el desarrollo de la obra y por ende propiciar climas impropios entre las personas que participan para un beneficio común, el usuario.

Por lo anterior, el propósito del manejo de la bitácora es la comunicación escrita entre las partes involucradas y que esta sea lo más expedita y clara posibles; para lograrlo, se hace necesario establecer un marco de referencia. Es prudente recordar que como documento legal, en ella se asentarán los hechos más relevantes durante la ejecución de la obra, entre los que podemos mencionar: Modificaciones al Proyecto Ejecutivo, Reprogramaciones al calendario de obra; así mismo, se asentarán anotaciones preventivas, entre otras: la proximidad en el inicio de las actividades programadas, la entrega recepción de las estimaciones de obra, las desviaciones del programa aprobado, maquinaria y mano de obra, utilizada durante la ejecución de la obra, ordenes o instrucciones giradas por la dependencia, etc.

Es importante mencionar que dependiendo de la importancia de la obra se llega a establecer el manejo de dos bitácoras que la supervisión tendrá a su resguardo permaneciendo siempre en un lugar accesible y se clasificaran de la siguiente manera:

**Bitácora No. 1** se utilizará para la comunicación escrita entre la empresa constructora y la supervisión externa.



**Bitácora No. 2** se utilizará para la comunicación escrita entre la dependencia y/o cliente y la supervisión.

Legalmente la bitácora se define; junto con el contrato y sus anexos, son el instrumento que vinculan las partes en sus derechos y obligaciones, no se permite que las notas sean subjetivas ni mal intencionadas, sino que se busque claridad absoluta. Asimismo, todas las notas deben estar dirigidas a la persona moral o física contratada para la ejecución de la obra.

El uso y manejo de la bitácora es exclusivo del Gerente y jefe de Supervisión, ocasionalmente, los asesores técnicos, por lo que los primeros asumirán la responsabilidad de hacer diariamente las anotaciones necesarias, colocando al inicio de cada nota, su número progresivo y la fecha correspondiente. Al calce de dichas notas se suscribe por la persona autorizada y con reconocimiento de firma. Al término de la hoja en uso y transcurridas 24 horas, se desprende la primera de las dos copias al carbón con que cuenta cada juego, la segunda corresponde al constructor.

En caso de requerirse más de un tomo, se hace constar en la última nota del primer volumen mediante la siguiente anotación: “Con esta fecha se cierra el primer tomo de la bitácora de obra dándose inicio con el segundo libro. Se deberá que respetar el número progresivo que hasta la fecha se ha utilizado”. Para la apertura de la bitácora No. 2 no se requiere que se reconozcan nuevamente las firmas y así se hace constar en una nota especial, sin embargo, si a juicio de los técnicos o autoridades de la dependencia proceder de otra forma se hará como se indique.

Cuando por alguna razón no haya sido posible registrar la firma de algún técnico o funcionario que requiera hacer alguna anotación y éste tenga la autoridad requerida para el uso de la bitácora, la firma la puede validar algún técnico que se encuentre registrado previamente.

Si por algún motivo se cometen errores en el momento de redactar alguna nota de bitácora, queda establecido que no se permitirá el uso de correctores de ningún tipo ni se aceptarán

tachaduras ni enmendaduras con la finalidad de evitar suspicacias. Bajo ninguna circunstancia deberá desprenderse el original, pero si las copias correspondientes.

1.- Para la **apertura de la bitácora** se utilizará una libreta de pasta dura debidamente foliada, este evento se llevará a cabo en la fecha en que se ha fijado contractualmente como inicio de la obra

2.- **Datos de la obra.**- En la misma fecha de la apertura y en la hoja número 1 de la misma deberá asentarse los siguientes datos:

- a) Nombre de la obra
- b) Número de contrato
- c) Importe del contrato
- d) Periodo contractual
- e) Importe y porcentaje del anticipo
- f) Nombre o razón social de la empresa constructora

Para la bitácora que se utiliza entre la dependencia y la supervisión los datos que aparecerán en la bitácora serán los de la contratante.

Finalmente, al término de la obra se lleva a cabo “el cierre de la bitácora” mediante una nota alusiva para ese fin, hecho lo anterior, se hace entrega a la dependencia de los originales de la(s) bitácora(s) de obra, previa cancelación de las fojas útiles, si es que las hubiese.

# **CAPITULO 3**

**COORDINACION DE LA INFORMACION EN  
LA SUPERVISION DE LOS PROCESOS DE  
FABRICACION Y MONTAJE**

### 3. COORDINACION DE LA INFORMACION EN LA SUPERVISION DE LOS PROCESOS DE FABRICACION Y MONTAJE

Cuando dentro del organigrama se considera supervisar en el taller de fabricación como en obra, el control de calidad se vuelve más eficiente. Las revisiones son más exhaustivas y permiten por ejemplo no llevar problemas de fabricación a la obra. Esto principalmente debido a que en obra no se cuenta con las condiciones y/o equipos adecuados para realizar movimientos controlados de materiales, alineamientos de piezas, correcciones de flechas o barrenaciones adecuadas.

La condición principal para que la supervisión tenga éxito, es que exista una total y absoluta comunicación de la supervisión encargada de la fabricación y el montaje. Para tal efecto propondré un sencillo esquema para manejar la información y los formatos que se utilizan para el concentrado de la misma.

#### 3.1 MANEJO DE INFORMACION

Todos los documentos de trabajo necesarios para asegurar la realización de los servicios que presta la supervisión deben estar debidamente autorizados y fechados, con la firma y nombre de quien lo elaboró y de quien lo aprobó.

Dentro del organigrama, el papel del Coordinador de Supervisión en cuanto al manejo de la información es:

- Establecer los procedimientos para controlar la producción, publicación, distribución e implementación de cambios en los documentos en uso.
- Además de revisar periódicamente que la documentación este siendo efectiva para informar de las actividades realizadas y en dado caso hacer las modificaciones pertinentes.
- Mantener la información clasificada, ordenada y separada por actividad, auxiliándose de carpetas que identifiquen a primera vista la información que contenga.
- Coordinar los periodos en que se generará la información y la forma de entrega.

Será responsable de llevar el control de cada uno de los documentos que generan en la obra, así como de los formatos que la supervisión maneje y el buen funcionamiento del archivo, en otras palabras será el administrador de la información y a su vez tiene la obligación de informar a cada uno de los participantes.

La actualización de la documentación esta en función de los cambios que tengan las normas o especificaciones de donde se desprendan los formatos para el vaciado de la información.

### **Tipos de documentos emitidos**

Normalmente la supervisión emite dos tipos de documentos, los internos y los informes dirigidos al cliente. En ambos casos se tratan de formatos impresos en los que se realiza el vaciado de la información que en ellos se indica.

Cada documento estará identificado con la siguiente información: logotipo de la empresa, fecha, número consecutivo, domicilio completo, método de prueba que se esta aplicando, descripción del servicio que se presta, nombres de quien elabora y aprueba. Los documentos que generen otras empresas deberán contar por lo menos con los datos que se mencionaron. Es obligación de la supervisión solicitar a la constructora, proveedores de materiales, laboratorios de pruebas y contratistas, la información que deben contener sus documentos antes de iniciar cualquier actividad, con ello se evitarán problemas posteriores en la aceptación de trabajos ejecutados.

Es adecuado que se establezca que la obra en particular será identificada por algún tipo de abreviatura o contraseña, la cual se colocará en cada uno de los documentos que sean emitidos.

La información que se genera antes, durante y al finalizar la obra deberá ser entendible, legible y ordenada, durante el transcurso de cualquier etapa constructiva deberán elaborarse los formatos que reúnan las características anteriores, para que a través de ellos se tenga un manejo de información accesible y comprensible.

La supervisión tiene la obligación de informar en forma veraz y oportuna, de todas las actividades que desarrolla, presentando los reportes en la papelería que acostumbra o en la que el cliente considere más adecuada.

### 3.2 REPORTE DEL AVANCE DE FABRICACION

En el proceso de fabricación el manejo y la transmisión de la información se vuelve prioritario, pues en ella se reflejan las condiciones reales del proyecto, el grado de calidad que se esta alcanzando, si la fabricación está apegándose estrictamente a lo indicado en proyecto, esto significa, si los materiales son los especificados y las indicaciones especiales respetadas.

En los avances de fabricación se acostumbra presentar la información concentrada en un modelo de formato establecido previamente, esto puede variar dependiendo de cada empresa. A continuación explicare brevemente que información se debe de manejar considerando únicamente lo que este modelo de formato solicita.

**Elemento.-** Se puede definir como elemento a cada una de las partes de la que se compone un proyecto estructural, tales como: trabes, columnas, contraventeos horizontales y verticales, cumbreras, riostras, largueros, armaduras, etc.

**Marca.-** Dentro de cualquier proyecto con estructura metálica el diseñador tiene que identificar cada uno de los elementos que componen el proyecto, en los planos de fabricación estas marcas de diseño suelen ser cambiadas de acuerdo a las formas de trabajo que cada taller tenga. Por lo que puede ser que un elemento se identifique de dos maneras diferentes.

**Cantidad.-** Cuando el diseño plantea que existen elementos con exactamente las mismas características (dimensión, materiales, tipos de soldaduras, pintura, etc.) estos deberán cuantificarse y agruparse de tal manera que el reporte indique cuantos elementos tipo se están fabricando.

**Peso por pieza.-** Una de las actividades del supervisor de fabricación es verificar mediante un muestreo aleatorio la cuantificación del peso que el fabricante manifiesta para cobro, esto se realiza en los elementos que están en proceso de fabricación y reportar en cada avance de fabricación esta cantidad.

**Peso total.-** Será la suma de los pesos por pieza que se encuentren en fabricación. este dato da en ocasiones el parámetro para conocer el avance porcentual de los elementos fabricados.

**Habilitado.-** Se debe entender que el habilitado es el proceso de fabricación que considera el trazo, corte de material (despiece), armado, preparación de biseles y juntas soldables, punteado y vestido. El vestido de una pieza se refiere a colocar los elementos metálicos que se fabricaron por separado pero que forman parte integral de un elemento principal, como puede ser, en el caso de una columna, los muñones de conexión, placas barrenadas, clips de montaje, etc.

**Soldadura.-** Una vez concluida la actividad de habilitado los elementos entran en un proceso de soldadura. Aproximadamente el peso de la soldadura se considera de 2 a 5 % del peso de la estructura. Este es uno de los procesos que puede agilizar la “liberación” por parte de la supervisión, debido a que una aplicación controlada impide que los elementos sufran deformaciones fuera de tolerancia y como consecuencia el rechazo de la pieza, ocasionado el traslado a la zona de habilitado, en donde posiblemente pueda corregirse el defecto o en un caso extremo la sustitución total de la pieza, consecuentemente el fabricante podría ocasionar retrasos a la obra.

**Inspección.-** Cuando se especifica que la inspección de los elementos deberá ser al 100%, cada uno de los elementos tendrán un porcentaje por fabricación, o simplemente se indicará que el muestreo es aleatorio y en dado caso en que elemento se aplicó.

**Pintura.-** La especificación que se tenga para la protección de los elementos indica el tipo de anticorrosivo que se aplicará. Normalmente no se acostumbra aplicar la pintura de acabado en el taller, para evitar los daños que sufriría la pintura durante el transporte y montaje en obra. Esta actividad tiene un peso específico que debe considerarse en el reporte de avance.

La suma de estas actividades tiene un porcentaje, este depende de la cantidad de materiales y mano de obra que sean necesarios para la ejecución de cada una de ellas, esto queda a conciliación de la supervisión y el taller de fabricación. La información de esta etapa, más los reportes de control de calidad forman parte de cada uno de los embarques realizados. En la figura 3-1 se presenta un esquema de formato para el vaciado de esta información.

### 3.3 INFORMACION REFERENTE AL CONTROL DE CALIDAD

La información que refiere el control de calidad se elabora y presenta en obra cada vez que se realiza algún embarque, esta debe incluir cada uno de los soportes que en conjunto forman parte de los trabajos de liberación del material fabricado por parte de la supervisión en taller, lo que implicaría que estos elementos pueden ser montados en obra; la documentación que conforma el expediente es la siguiente, la cual se intentará explicar de manera general y brevemente:

- Calificación de soldadores
- Procedimientos de soldaduras
- Reporte de inspección visual y dimensional
- Certificados de calidad de los materiales
- Reporte de inspección de película de pintura, adherencia y espesor
- Reporte de ultrasonido y/o radiográfico
- Reporte de líquidos penetrantes

#### **Calificación de Soldadores.**

El procedimiento empleado para calificar soldadores se basa en probetas que se sujetan a las siguientes pruebas dependiendo del tipo de soldadura a emplearse y con las dimensiones de soldadura y material que se encuentran bajo una determinada especificación.

Para soldaduras de ranura:

- Prueba de doblado de raíz
- Prueba de doblado en la cara
- Prueba de doblado lateral





Para soldaduras de filete:

- Prueba de doblado de sanidad

Para soldaduras de ranura en varillas:

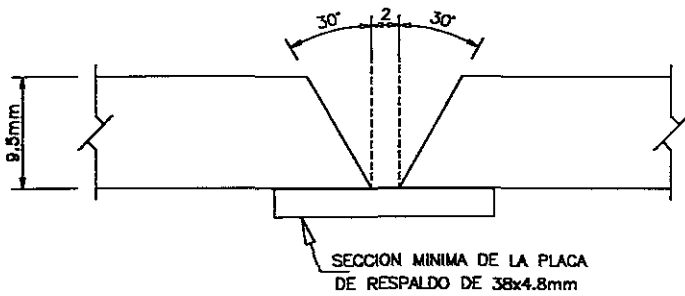
- Prueba de tensión
- Prueba de sanidad

Las probetas para calificación de soldadores se harán en materiales de 9.5 y 25.4 mm de espesor y de acuerdo a las siguientes especificaciones:

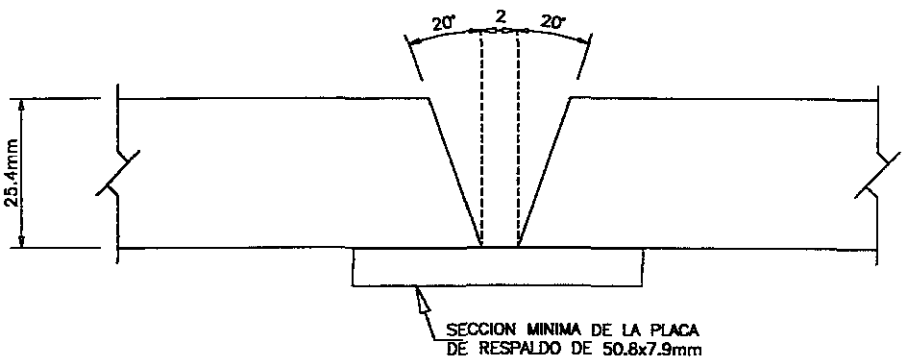
- Cuando el material para soldadura de ranura sea de 9.5 mm de espesor, la preparación será en “V” de acuerdo con la forma y dimensiones indicadas en la figura 3-2.
- Cuando el material para soldaduras de ranura sea de 25.4 mm de espesor; la preparación será en “V” de acuerdo a la figura 3-3.
- Las probetas para soldaduras de filete se harán en material con espesor de 9.5 mm de acuerdo a la figura 3-4.
- En soldaduras de ranura de varillas, deberá hacerse en doble “V” de acuerdo a la figura 3-5a y 3-5b.

Las soldaduras para calificación de soldadores tienen el propósito de determinar la habilidad para ejecutar soldaduras de ranura y/o filete en varias posiciones. Tales soldaduras se ejecutarán en las posiciones que se indican a continuación:

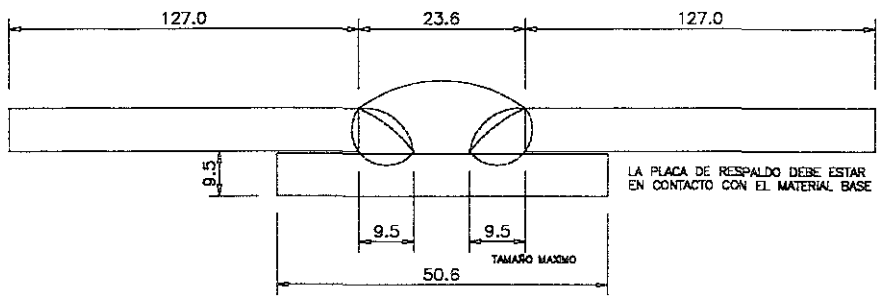
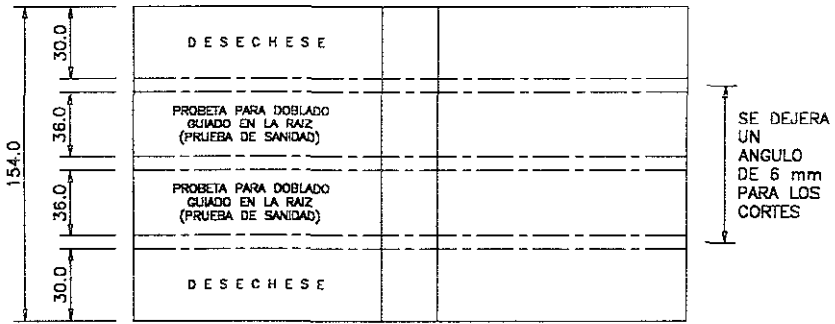
- a) Las soldaduras de ranura en elementos estructurales deberán ejecutarse en las siguientes posiciones:
  - **Posición plana.** Las placas se colocarán en un plano horizontal.
  - **Posición horizontal.** Se colocarán las placas en un plano vertical con la ranura por soldar en posición horizontal.



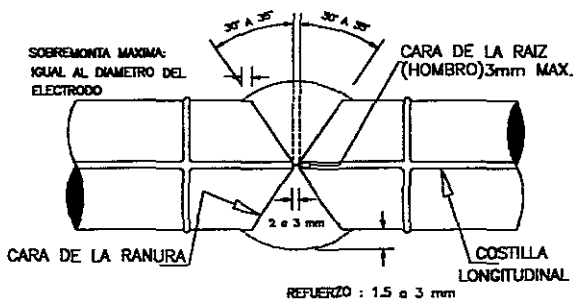
**Figura 3-2 Junta a tope para calificación de soldadores en placa con espesor de 9.5mm**



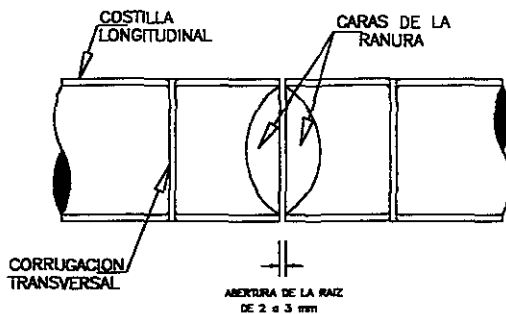
**Figura 3-3 Junta a tope para calificación de soldadores en placa con espesor de 25.4mm**



**Figura 3-4 Probetas para prueba de doblado para sanidad en soldaduras de filete (solamente para calificar soldadores)**

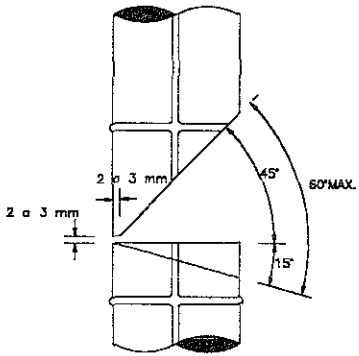


VISTA LATERAL DE LA PREPARACION

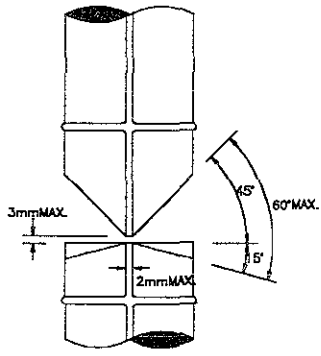


VISTA SUPERIOR DE LA PREPARACION

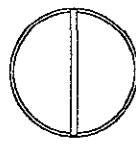
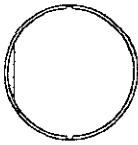
**Figura 3-5a Varilla para refuerzo de concreto con preparacion en doble V**



BISEL SENCILLO



BISEL DOBLE



**Figura 3-5b Preparación para soldar varilla en posición horizontal**

- **Posición vertical.** Se colocarán las placas en plano vertical con la ranura vertical.
  - **Posición sobre cabeza.** Se colocarán las placas en un plano horizontal para depositar el metal de la soldadura de abajo hacia arriba.
  - Si un soldador aprueba soldar en posiciones horizontal, vertical y sobre cabeza, no se requiere que sea examinado para posición plana.
- b) Existen también pruebas para calificar soldadores con soldaduras de filetes en elementos estructurales, que tienen más o menos las mismas características de las soldaduras de ranuras. La realización de probetas para efectuar la calificación esta basada en el modelo de probeta que se presentó en la figura 3-4

Las pruebas para calificar a un soldador deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Para soldaduras de ranura en material con espesor hasta 19 mm se hará una soldadura en material de 9.5 mm de espesor y en la posición que anteriormente se indicó.
- Para soldaduras de ranura en material con espesor mayor o igual al máximo por emplearse en la obra, pero no mayor de 25.4 mm.
- En el caso de que se haga la prueba de soldadura en material de 19 a 25.4 mm de espesor; no habrá necesidad de efectuar la soldadura de prueba en material con 9.5 mm de espesor.
- Para soldaduras de filete se hará una soldadura según la posición a calificar.
- Para soldaduras de ranura en varillas, se harán tres soldaduras en cada una de las posiciones para las cuales se vaya a calificar al soldador.

El número y tipo de pruebas que se requieren para calificación de soldadores se indica en la tabla 3-6, y los resultados que arroja esta prueba están representados en el formato 3-7, expedido por un laboratorio autorizado y certificado por el Sistema Nacional de Laboratorios de Pruebas para realizar los exámenes de habilidad.

Espesor máximo para el que se califica al soldador (mm)	Espesor del material para la soldadura de prueba (mm)	Número y tipo de probetas requerido		
		Doblado en la raíz	Doblado en la cara	Doblado lateral
Hasta 19	9.5	1	1	-
Mayor de 19	Espesor máximo existente en la obra pero no mayor de 25.4 mm	-	-	2

**Tabla 3-6 Número de probetas para calificación de soldadores**

### Procedimientos de soldaduras

Los procedimientos de soldadura son aquellos en donde se concentra la información del tipo de preparaciones en el metal base (biselado, cortes con ángulos rectos. o cualquier otro ángulo calificado siempre y cuando se encuentre dentro de la normatividad en vigor), el tipo de electrodos a utilizarse y la cantidad de material de aporte. A estos procedimientos de soldadura se les realizan una serie de pruebas destructivas, para comprobar la resistencia adquirida una vez que se hace el aporte de soldadura. Estas pruebas son la que se mencionan a continuación:

- a) Para soldaduras de ranura:
  - 1 Prueba de tensión
  - 2 Prueba de doblado libre en la cara, para ductilidad
  - 3 Prueba de doblado guiado en la raíz para sanidad
  - 4 Prueba de doblado guiado en la cara para sanidad
  - 5 Prueba de doblado lateral para sanidad
- b) Para soldaduras de filete:
  - 1 Prueba de esfuerzo cortante longitudinal o de esfuerzo cortante transversal
  - 2 Prueba de doblado libre para ductilidad
  - 3 Prueba de doblado guiado en la raíz para sanidad
- c) Para soldaduras de ranura en varillas:
  - 1 Prueba de tensión
  - 2 Prueba de doblado
  - 3 Prueba de ruptura por flexión para sanidad



Logotipo de la empresa	<b>CERTIFICADO DE CALIDAD RESULTADO DEL EXAMEN DE HABILIDAD PARA SOLDADORES</b>		
Empresa :	_____	Fecha :	_____
Obra :	_____	Lugar :	_____
Nombre del soldador :	_____	Marca :	_____
Técnica de soldadura :	_____	Código :	_____
Rango del examen :	_____	Espesor :	_____
Material base :	_____	Elemento :	_____
<b>MATERIAL BASE</b>		<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>	
Tipo de acero :	_____	Bisel :	_____
Dimensiones :	_____	En :	_____
Espesor o diámetro :	_____	Hombro :	_____
Respaldo de la junta :	_____	Raiz :	_____
Tratamiento térmico :	_____		
Composición del gas :	_____		
<b>MATERIAL DE APORTACION</b>			
Electrodo :	_____	Marca :	_____
		Diámetro :	_____
		Horneada :	_____
<b>FUENTE DE PODER</b>		<b>ARCO REGIDO POR</b>	
Máquina soldadora :	_____	Amperios :	_____
Marca :	_____	Voltios :	_____
Capacidad :	_____	Polaridad :	_____
<b>ENSAYE REALIZADO</b>			
Dobles:	Libre : _____	Rayos X : _____	Tensión a ruptura : _____
	Guiado : _____	Rayos Gama : _____	Resistencia : _____ kg/cm <sup>2</sup>
<b>DESCRIPCION DE PROBETAS</b>			
	1 _____		
	2 _____		
	3 _____		
<b>Observaciones:</b>			
<p>Certificamos que los criterios de aceptación y rechazo son los que el código correspondiente establece, por consiguiente la evaluación empleada en este documento es objetiva.</p>			
Inspector : _____		Aprobo: _____	

**Formato 3-7 Documento en el que se proporciona la información del resultado de la calificación de habilidad para soldadores**

Tanto el metal base como los electrodos deberán tener la misma calidad que los empleados para fabricar la estructura. El número tipo y preparación de las probetas se muestran en la tabla 3-8.

De las juntas para procedimientos de soldaduras que se encuentran normalizados se presentan dos de ellas como ejemplo, esto con la finalidad de poder identificarlos (figuras 3-9 y 3-10).

### Reportes de inspección visual y dimensional

La finalidad de estos reportes es presentar debidamente las características geométricas de las piezas una vez concluida su fabricación, marcando cuales fueron sus desviaciones calificadas de acuerdo a la norma aplicada; estas tolerancias se aplican a: Longitudes, peraltes, anchos, flechas, espesores, además de especificar el tipo de acero que se esta utilizando.

Espesor máximo por soldarse en la construcción (mm)	Espesor de la placa para pruebas (mm)	Número y tipo de pruebas requeridas				
		Tensión	Doblado libre	Doblado en la raíz	Doblado en la cara	Doblado lateral
Hasta 19	9.5	2	2	2	2	-
Mayor de 19	Espesor máximo existente en obra pero no mayor de 25.4	2	2	-	-	4

**Tabla 3-8 Probetas en juntas de ranura**

El formato 3-11 se utiliza para vaciar la información que se recopila durante las diversas etapas de habilitado, soldadura y aplicación de pintura, con este reporte la supervisión procede a darle el visto bueno. La finalidad de estos reportes es el darle a la supervisión de obra la seguridad que los elementos reportados no tienen problemas y pueden proceder a montarse.

SOLDADURA CON RANURA A ESCUADRA (1)

JUNTA EN "T" (T)

JUNTA EN ESQUINA (C)

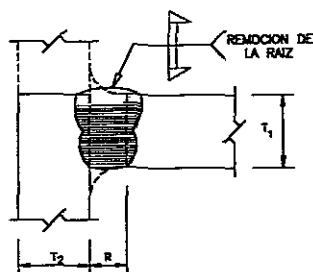
SOLDADURA POR ARCO CON ALAMBRE CONTINUO

PROTEGIDO CON GAS (G)

SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO

TUBULAR CONTINUO (F)

SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO (S)



DIMENSIONES EN MILIMETROS

PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE LA JUNTA	ESPESOR DEL METAL BASE (U=NO LIMITADO)		PREPARACION DE LA RANURA			POSICIONES PERMITIDAS PARA SOLDAR	GAS DE PROTECCION (FCAW)
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	ABERTURA DE LA RAZ	TOLERANCIAS			
					COMO DETALLE (VER 6,9,2)	COMO AJUSTE (VER 7,3,4)		
SMAW	TC-LIb	6.35max.	U	$R = T_1/2$	+2.0, - 0	+2.0, - 3.0	TODAS	-
GMAW FCAW	TC-LI-GF	9.52max.	U	$R=0 \text{ a } 3.0$	+2.0, - 0	+2.0, - 3.0	TODAS	NO REQUIERE
SAW	TC-LI-S	9.52max.	U	$R = 0$	0	+2.0, - 3.0	F (PLANA)	-

Figura 3-9 Precalificación de soldaduras con penetración completa de la junta

SOLDADURA EN "V" SENCILLA (2)

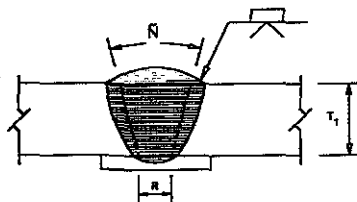
JUNTA A TOPE (B)

ESPESOR NO LIMITADO—PENETRACION COMPLETA DE LA JUNTA (U)

F - PLANA

V - HORIZONTAL

OH - SOBRE CABEZA



TOLERANCIAS	
COMO DETALLE	COMO AJUSTE
$R=+2.0,-0$	$+6.0, - 2.0$
$\tilde{N}=+10^{\circ}-0^{\circ}$	$+10^{\circ}, - 5^{\circ}$

DIMENSIONES EN MILIMETROS

PROCESO DE SOLDADURA	DESIGNACION DE LA JUNTA	ESPESOR DEL METAL BASE (U=NO LIMITADO)		PREPARACION DE LA RANURA		POSICIONES PERMITIDAS PARA SOLDAR	GAS DE PROTECCION (FCAW)
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	ABERTURA DE LA RAZ	ANGULO DE LA RANURA		
SMAW	B-U2a	U	-	$R = 6.0$	$\alpha = 45^{\circ}$	TODAS	-
				$R = 10.0$	$\alpha = 30^{\circ}$	F,V,OH	-
				$R = 13.0$	$\alpha = 20^{\circ}$	F,V,OH	-
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	-	$R = 5.0$	$\alpha = 30^{\circ}$	F,V,OH	REQUIERE
				$R = 10.0$	$\alpha = 30^{\circ}$	F,V,OH	NO REQUIERE
				$R = 6.0$	$\alpha = 45^{\circ}$	F,V,OH	NO REQUIERE
SAW	B-L2a-S	SOL.5 TRAZ.	-	$R = 6.0$	$\alpha = 30^{\circ}$	F	-
SAW	B-U2-S	U	-	$R = 16.0$	$\alpha = 20^{\circ}$	F	-

Figura 3-10 Precalificación de soldaduras con penetración completa de la junta

Logotipo del taller	NOMBRE Y DIRECCION
---------------------	--------------------

**DATOS GENERALES**

LUGAR: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
 TRAMO: \_\_\_\_\_  
 TALLER: \_\_\_\_\_  
 RESPONSABLE DE FABRICACION: \_\_\_\_\_  
 RESPONSABLE DE VERIFICACION: \_\_\_\_\_  
 LIMPIEZA DE AREA A PINTAR \_\_\_\_\_

CODIGO O NORMA APLICABLE: \_\_\_\_\_  
 ELEMENTO: \_\_\_\_\_  
 PLANO: \_\_\_\_\_  
 MARCA: \_\_\_\_\_

CONCEPTO VERIFICADO	PROYECTO	REALES	DIFERENCIA	EVALUACION		OBSERVACIONES
				A	I	

NOTAS GENERALES: \_\_\_\_\_  
 A ACEPTABLE  
 I INACEPTABLE

ELABORO \_\_\_\_\_ CONFORME \_\_\_\_\_ VISTO BUENO (POR LA SUPERVISION) \_\_\_\_\_

### **Certificados de calidad de los materiales**

De acuerdo con los alcances y responsabilidades del fabricante este debe presentar los certificados de calidad del material con el que se fabricará la estructura metálica, aunado a este requisito se pueden realizar pruebas destructivas, mediante la contratación de un laboratorio especializado y con reconocimiento oficial. Brevemente se recuerdan cuales son y posteriormente se muestran los formatos utilizados, uno de ellos para un ensaye a tensión (formato 3-12) y el otro para un análisis químico (formato 3-13).

- **Pruebas de análisis químicos**, los aceros se clasifican principalmente por su composición química la cual determina la resistencia de dicho material; los principales componentes que se determinan dentro de la estructura de los aceros son:
  - Determinación del manganeso
  - Determinación de silicio
  - Determinación de fósforo
  - Determinación de azufre
  - Determinación de cobre
  - Determinación de vanadio
  
- **Pruebas físicas.**
  - Prueba de tensión
  - Prueba de doblado
  - Prueba de impacto

Existe también un método de prueba conocido como **inspección metalúrgica macroscópica**, que permite conocer la condición interna de los productos laminados de acero, detectando y evaluando los defectos de fabricación, como pueden ser, grietas inclusiones, porosidades y segregaciones. Este método consiste en aplicar un producto químico a una sección del material para hacer resaltar dichos defectos y poderlos observar con instrumentos ópticos de bajo aumento. Este método se aplica principalmente a productos de acero estructural, acero de refuerzo, acero de preesfuerzo y juntas soldadas.

LOGOTIPO DE LA EMPRESA	ENSAYO DE:	OBRA:
	PROVEEDOR:	ENSAYO:
REPORTO:	REMISION:	CALCULO:
	ORDENO:	FECHA:
	EMPRESA:	

Ensayo No.	Espesor Nominal	Espesor efectivo mm	Longitud alargamiento mm	Area ensaye cm <sup>2</sup>	PRUEBA DE TENSION					Especificaciones				
					Carga en el L. F. kg	Carga máxima en kg	Esfuerzo en el L. F. kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo máximo kg/cm <sup>2</sup>	% alargamiento	A	B	C	D	E

Se presenta la norma con la que se evalúa

- Pasa especificación
- No pasa especificación

**LOGOTIPO DE LA EMPRESA**

**REPORTE DE ANALISIS QUIMICO**

**CLIENTE:**

**OBRA:**

**LOCALIZACION:**

**FECHA:**

**TIPO DE MUESTRA:**

MUESTRA	% C	% MN	% Si	% P	% S	% Cr	% Ni	% Mo	OTROS

**NORMA DE REFERENCIA:**

%	C	MN	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	OTROS
MINIMO									
MAXIMO									

**OBSERVACIONES:**

---



---



---



---



---

**Formato 3-13 Documento para reportar el ensaye del material mediante análisis químico**

### **Reporte de inspección de película de pintura, adherencia y espesor**

La realización de pruebas de calidad para determinar adherencia y espesores en películas de pintura, se efectúan una vez realizada la liberación del elemento fabricado y habiendo aprobado los procesos de habilitado y soldadura, esta inspección toma en consideración las siguientes propiedades:

- i. Tiempos de secado.- Todas las mediciones se hacen a una temperatura ambiente de  $25 \pm 2$  grados centígrados y humedad relativa del 50%  
El espesor de la película de pintura húmeda debe ser de 0.076 mm. Se considera que la película de pintura ha secado al tacto, cuando al tocarla con el dedo e inmediatamente tocar con el mismo un pedazo de vidrio perfectamente limpio, este no se mancha, ni se desprende la pintura al frotar ligeramente
- ii. Viscosidad
- iii. Peso Especifico
- iv. Finura
- v. Poder de recubrimiento
- vi. Contenido de volátiles
- vii. Presencia de agua libre
- viii. Presencia de brea
- ix. Adherencia
- x. Resistencia al ambiente salino
- xi. Resistencia a agentes corrosivos

Existe un número más importante de pruebas que se pueden realizar, pero en el medio de la construcción rara vez se toman en cuenta, acostumbrándose solamente realizar pruebas para determinar el espesor de la película y adherencia.

En los formatos 3-14 y 3-15 se presenta la información que se obtiene de las pruebas realizadas en el taller como en obra.



<b>LOGOTIPO DE LA EMPRESA</b>	<b>INSPECCION DE PINTURA</b>
-------------------------------	------------------------------

<b>CLIENTE:</b>	<b>FECHA:</b>
<b>PROYECTO:</b>	<b>EMBARQUE</b>

<b><i>ELEMENTO INSPECCIONADO Y MARCA</i></b>

<b><i>PROPIEDADES DE PELÍCULA</i></b>
<b>PRODUCTO:</b> <span style="float: right;"><b>ESPESOR REQUERIDO</b></span> <b>SECADO AL TACTO</b> <b>ADHERENCIA</b>

<b><i>PROPIEDADES DE APLICACIÓN</i></b>
<b>METODO</b> <b>DILUCIÓN</b>

<b><i>RESULTADO</i></b>		
<b>ESPESOR MAXIMO OBTENIDO:</b> <b>ESPESOR MINIMO OBTENIDO:</b>		
<b>EXAMINO</b>	<b>REVISO</b>	<b>CLIENTE</b>

**Formato 3-14 Documento para reportar el resultado de la inspección de  
pintura**

LOGOTIPO DE LA EMPRESA

PRUEBAS DE ADHERENCIA Y ESPESORES EN  
PELICULA DE PINTURA SECA EN  
ELEMENTOS METALICOS.

OBRA: \_\_\_\_\_ MARCA: \_\_\_\_\_  
ELEMENTO: \_\_\_\_\_ LOCALIZACION: \_\_\_\_\_  
PINTURA TIPO: \_\_\_\_\_ FECHA DE MUESTREO: \_\_\_\_\_  
TRAMO: \_\_\_\_\_ FECHA DE INFORME: \_\_\_\_\_  
CLAVE: \_\_\_\_\_

ADHERENCIA	GRADO	ESPEJOR	ADHERENCIA	GRADO	ESPEJOR
<i>OBSERVACIONES</i>					
ELABORO		CONFORME		<u>Vo. Bo.</u>	

Formato 3-15 Documento utilizado para pruebas de adherencia y espesores en  
película seca

### **Reporte de ultrasonido y/o radiográfico**

Recordemos que **examen ultrasónico** es un método no destructivo que emplea vibraciones mecánicas semejantes a las ondas sonoras, pero de mayor frecuencia. Esta onda sonora viaja a través de un material con sólo pequeñas pérdidas, excepto cuando se intercepta y se refleja por la discontinuidad o por un cambio de material.

El examen ultrasónico se puede usar para probar prácticamente cualquier metal o material. Solo se restringe su empleo en las construcciones soldadas muy complejas. El proceso aumenta en popularidad y se utiliza ampliamente. Hay que consultar la especificación de que se trate para estándares de aceptabilidad y calificaciones de equipo y trabajadores.

Los técnicos que se dedican a la aplicación de esta prueba deben estar calificados y certificados, debido a que el manejo de equipo e interpretación de señales es complejo y pueden ocasionar discrepancias y malas apreciaciones. Para el ingeniero residente de la supervisión los reportes que entregue el laboratorio de inspección deberán estar de acuerdo al grado de calidad de los trabajos que se estén ejecutando, y no deben descargarse en ellos toda la responsabilidad de verificación, debe ser un apoyo más para corroborar el trabajo de inspección visual que se está realizando por parte de la supervisión en taller y en campo.

A continuación se presenta el formato 3-16 para el vaciado de la información obtenida por el laboratorio.

**La radiografía** es un examen no destructivo que utiliza rayos X o gamma invisibles, para examinar el interior de los materiales. El examen radiográfico da un registro permanente en fotografía, de los defectos, y su interpretación es relativamente fácil. Aunque es un método lento y caro para examinar no destructivamente, es positivo para determinar porosidad, inclusiones, fracturas y vacíos en el interior de las piezas vaciadas, en las soldaduras y en otras estructuras.

El registro visual que deja este método en comparación con el ultrasonido es permanente, consistente en una hoja plástica transparente cubierta con una emulsión fotográfica. Cuando los rayos X llegan a la emulsión se produce la imagen. Los datos obtenidos por el empleo de esta prueba se deben documentar en el formato 3-17.





### **Reporte de líquidos penetrantes**

El examen con líquido penetrante (PT) es un método muy sensible y no destructivo para descubrir pequeñas discontinuidades (fallas), tales como hendiduras, falta de fusión, incrustación de escoria y porosidades, que estén abiertas a la superficie del material que se inspecciona. Este método se puede aplicar a muchos materiales, como los metales ferrosos y no ferrosos, vidrio y plásticos.

Cuando se usan penetrantes de color visible, los defectos los indica la presencia de un color rojo contrastado con el fondo blanco del revelador. Una fractura aparece como una línea continua. Un cierre frío (traslape), originado por fusión imperfecta, da un trazo de contorno nítido y continuo. Los resultados del penetrante para agujeros de gas aparecen redondos con contraste definido de color.

El documento que representa el método de inspección con líquidos penetrantes es el formato 3-18.

### **3.4 AVANCE DE MONTAJE Y MATERIAL RECIBIDO EN OBRA**

Una vez que concluyen las tareas de fabricación de los elementos metálicos pertenecientes al proyecto y habiéndose conciliado a satisfacción de la supervisión, conforme se establece en la normatividad y/o especificación aplicada, los elementos se “liberan” y son llevados obra. Cuando estos elementos salen del taller de fabricación será responsabilidad de la supervisión en campo que estas piezas conserven las características con las que salieron, es decir que no sufran deformaciones, golpes locales, daños en su estructura física por malos manejo de soldadura, utilización de otro tipo de electrodos, etc.

El montaje de la estructura al igual que la fabricación requiere una gran vigilancia y más cuando se tratan de diferentes tipo de acero y las secciones son las mismas. El proyectista tendrá que proponer el sistema de apuntalamiento de montaje para evitar que elementos metálicos trabajen bajo esfuerzos no considerados en el diseño, por sobrecarga de materiales, también debe considerarse como se vaya dando rigidez a la estructura mediante los elementos definitivos o provisionales autorizados por el proyectista, previendo que en

**INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES**

PROYECTO:	LUGAR:
ORDENO:	EMPRESA:
PROCEDIMIENTO:	NORMA DE INTERPRETACION:
REPORTE:	HOJA: DE
TECNICA:	INSPECTOR:

**MATERIALES UTILIZADOS**

MATERIAL	LOTE	TIPO	MARCA COMERCI

PREPARACION DE LA SUPERFICIE:	LIMPIEZA:
TEMPERATURA DE LA PIEZA:	APLICACION DE LOS LIQUIDOS:
TIEMPO DE PENETRACION:	TIEMPO DE REVELADO:

IDENTIFICACION DE LA PIEZA	SPOT	LONGITUD	RESULTADO	DEFECTOS DETECTAD

LONGITUD INSPECCIONADA

Inspector

Aprobó

NUMERO DE SPOTS:

**Formato 3-18 Documento para presentar los resultados obtenidos del muestreo de soldaduras, mediante la prueba no destructiva llamada Líquidos Penetrantes**

acción de un evento accidental como puede ser un sismo no deberá encontrarse zonas de alta probabilidad de falla por ausencia o sobre montaje. El montaje deberá seguir un patrón y una secuencia aprobada por el proyectista con el consenso de los involucrados en el proyecto.

La información que se acostumbra manejar y dejar constancia de ella, es la que se presenta en los formatos 3-19 y 3-20.

### **3.5 REPORTE DE MODIFICACIONES AL PROYECTO ESTRUCTURAL**

Para que la supervisión tenga el control total de la obra deberá poner atención a las modificaciones que surgen por adecuaciones, por propuesta del fabricante, por condiciones reales de la obra. Las consecuencias que podrían ocasionar las modificaciones al proyecto deben evaluarse y en su caso avalarse de acuerdo al reporte del avance de fabricación. Cuando el producto ya se encuentra fabricado en su totalidad, es responsabilidad del proyectista, cliente o de quien tomo la decisión, la sustitución o adecuación de estos elementos. La supervisión debe precisar cuales fueron las modificaciones realizadas al proyecto, el motivo, la fecha de autorización y a partir de cuando serán ejecutadas.

Para ello se utiliza el formato 3-21, el cual tiene la finalidad de plasmar los conceptos modificados, el avance de los elementos fabricados, la fecha de autorización de la modificación y el visto bueno de los involucrados.

### **3.6 USO DE NUEVAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA AGILIZAR EL MANEJO DE LA INFORMACION**

La informática se apodera de las actividades prioritarias de cada empresa. Los pronósticos señalan que dentro de pocos años cualquier negocio será electrónico. Para las empresas la informática y las telecomunicaciones han dejado de ser un asunto tecnológico: ahora son una cuestión estratégica.

De acuerdo con los pronósticos para el desarrollo de esta actividad, indican que se dará una competencia buscando al cliente, quien tendrá muchas opciones como conexiones inalámbricas, coaxiales y telefónicas. Lo anterior debe ponernos alertas y muy atentos al







desarrollo tecnológico, que aplicado en las áreas propias de Ingeniería tengan a bien facilitar nuestras tareas.

### **Herramientas computacionales**

Se ha dicho que las computadoras son “herramientas intelectuales” porque aumentan nuestra capacidad de llevar a cabo tareas que requieren actividad mental.

Son adecuadas para realizar actividades como efectuar cálculos con rapidez, clasificar largas listas y buscar entre inmensas bibliotecas de información. Los seres humanos podemos llevar a cabo todas esas actividades; pero una computadora las ejecuta con mucha mayor rapidez y fidelidad. El uso y la habilidad para utilizar una computadora complementa nuestra capacidad mental y nos vuelve más productivos.

Una computadora se puede definir como un dispositivo que acepta entradas, procesa datos, los *almacena* y produce salidas, brevemente se describen los componentes principales de una computadora:

El **hardware** comprende los dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos que se emplean para procesar datos. La computadora es parte del hardware, abarca los componentes llamados periféricos, o dispositivos periféricos.

Los **periféricos** aumentan las posibilidades de acceso, salida y almacenamiento de la computadora.

Un **dispositivo de entrada** es un periférico que tiene por objeto reunir y traducir la entrada en una forma que pueda procesar la máquina. Como usuario, es probable que el teclado sea el dispositivo principal de entrada.

Una computadora requiere un conjunto de instrucciones, llamadas **software o programa**, que le dicen cómo llevar a cabo determinada tarea. Los programas preparan a la computadora para efectuar cierta función, dando las instrucciones necesarias para interactuar entre el usuario y el procesamiento de datos.

Tradicionalmente se ha clasificado a las computadoras en cuatro categorías según su tecnología, tamaño físico, costo y eficiencia: microcomputadoras, minicomputadoras, computadoras centrales o principales (mainframes) y supercomputadoras.

Sin embargo, estas categorías evolucionan junto con la tecnología. Las líneas que las separan son confusas, y tienden a variar a causa de la aparición de computadoras más

potentes. Las microcomputadoras habitualmente se conocen como computadoras personales o PC (Personal Computer); suelen verse en hogares y empresas pequeñas. La PC que vas a usar podría ser una unidad aislada o estar conectada a otras para compartir datos y programas con otros usuarios. Pero aunque esté conectada con otras, en general sólo efectuará tareas de procesamiento. Un procesador de microcomputadora lleva a cabo unos 200 millones de operaciones por segundo.

**Plataformas de microcomputadora.** Hay cientos de empresas que fabrican microcomputadoras, pero pocos diseños o **plataformas**. En la actualidad existen dos plataformas principales: IBM compatibles y Macintosh compatibles. Las primeras se llaman también **PC compatibles** y se basan en la arquitectura de la primera microcomputadora de IBM. Esta compañía sigue fabricando toda su línea de PC, y las compatibles con IBM las producen Compaq, Dell, Gateway y cientos de otras empresas. La otra plataforma principal se basa en la Macintosh, fabricada por Apple Computer, Inc.

Dentro de las microcomputadoras se encuentran las siguientes:

Una **microcomputadora estándar de escritorio** cabe en un escritorio y funciona con corriente de una forma eléctrica normal. La pantalla suele colocarse sobre el gabinete horizontal “de escritorio”.

Una **microcomputadora con gabinete de torre** contiene los mismos componentes básicos que una de escritorio, pero la caja vertical es mayor y tiene más espacio para expansiones. La torre se puede colocar en el piso a fin de ahorrar espacio en el escritorio.

Una **notebook** es una computadora pequeña, ligera y con una ventaja que no tiene la máquina normal de escritorio, puede trabajar con electricidad de una toma normal o baterías.

El **asistente digital personal o PDA** (personal digital assistant) o **computadora de bolsillo**, es aún más portátil que una notebook, gracias a la reducción o eliminación de componentes como el teclado. El PDA sin teclado cuenta con una pantalla de contacto sobre la que se trazan caracteres con el dedo.

Estos aparatos se conectan fácilmente a computadoras de escritorio para el intercambio y actualización de información.

## Dispositivos periféricos

Un equipo de cómputo necesita una serie de aditamentos que permiten la entrada o salida de datos de forma escrita e impresa. Algunos de estos componentes son el **teclado** como el principal dispositivo de entrada en casi todos los sistemas de computación, **una cámara de video** para computadora, **la esfera rastreadora** (track ball), **el ratón** que funciona como apuntador, **el escáner** que convierte el texto o las imágenes de los documentos en formato electrónico que la computadora puede manejar, mostrar, imprimir y almacenar

Los dispositivos de salida por proyección como el **monitor** tradicional, actualmente existen pantallas sensibles al tacto con lo que se puede seleccionar determinada opción tocándola. **El proyector de computadora** genera una ampliación de lo que hay en la pantalla de la computadora. Esto sin duda es adecuado para presentaciones en conferencias y pláticas o exposiciones, **la impresora láser** emplea la misma tecnología de las fotocopiadoras para imprimir texto y gráficas de calidad, **el proyector LCD** (de cristal líquido) se coloca en un retroproyector para producir una imagen grande de la información que hay en la pantalla de la computadora.

Otros periféricos son **la unidad de disco** que almacena datos, **la tarjeta de sonido** se instala dentro de la computadora para aceptar la entrada de audio.

Como la finalidad de este capítulo es el hacer la propuesta de emplear estas herramientas para el envío y recepción de información desde los lugares de trabajo.

Un elemento primordial para utilizar cualquier software es el **módem**, estos se usan para transmitir y recibir datos telefónicamente desde otras computadoras. La velocidad de transmisión suele expresarse en **baudios** que equivalen a la cantidad de cambios de señal que suceden en un segundo de la transmisión. A más baudios, mayor velocidad de transmisión. Un **fax-módem** envía un documento que está en la memoria de la computadora a cualquier fax normal, donde el mensaje se imprime en papel. Los módems con posibilidad de fax también reciben de los faxes normales o de otros fax-módems, claro está que cualquier nuevo periférico necesariamente debe de contar con el software para su funcionamiento.

Cuando se cuenta con los dispositivos esenciales podemos apoyarnos en una gran herramienta llamada **Internet o simplemente la Red**, como se le conoce comúnmente es la

unión y el enlace de miles de computadoras dispersas en todo el mundo. Esta aglomeración va desde las computadoras caseras, hasta enormes máquinas empresariales.

La Red no tiene un punto o centro de control, sino que es la suma de las computadoras interconectadas. Cualquier persona que tenga una computadora y los periféricos o accesorios adecuados puede entrar a la red, volverse parte de ella y usarla para enviar y recibir información en formas muy variadas.

Como usuario normal, solo tenemos que llamar, ya sea desde nuestra casa u oficina, y hacer conexión temporal con un servidor PSI que no es otra cosa que un Proveedor de Servicio de Internet. Una vez que ya contamos con una conexión TCP o al PSI. Podemos empezar a “navegar”. Para eso necesitamos de un explorador, Browser o Navegador. Entre los más populares se encuentra a Netscape Navigator y el Internet Explorer. Este software funciona como interprete del lenguaje en el que están diseñadas las hojas del Word Wide Web, es decir, este es el programa que nos permite ver los sitios Web.

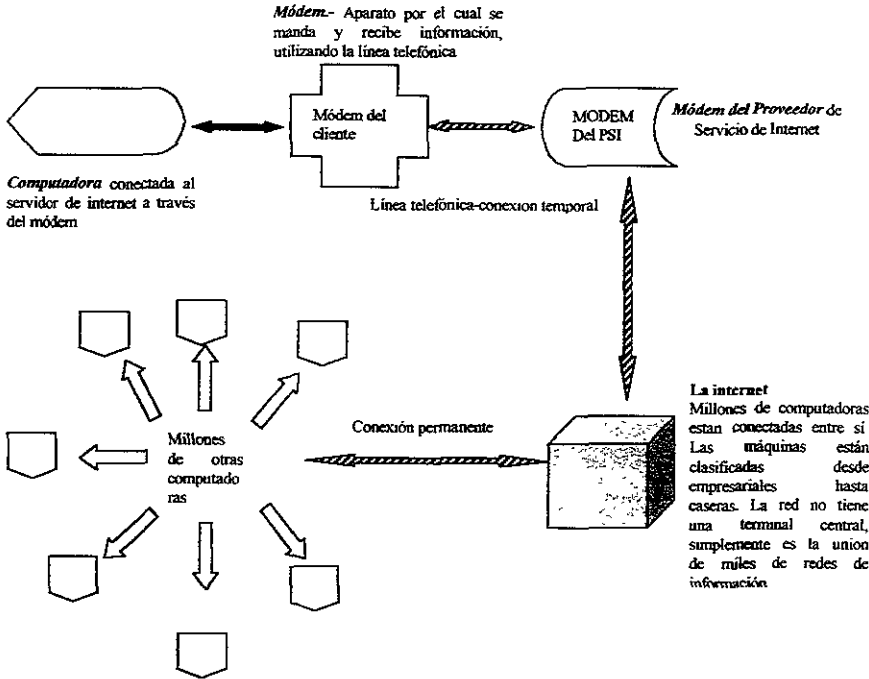
Además de la exploración de información, existen otros servicios que provee la red como: FTP, que es un medio para **transferir archivos vía Internet y correo electrónico**.

La idea de proponer la utilización de estas herramientas obedece a la tardanza en la *trasmisión de la información* escrita por los medios tradicionales, además de que cuando se establece que la comunicación entre la fabricación (avance, fechas de entrega, evaluaciones del programa de fabricación) se realizarán un día en especial con la obra no hay un medio de comunicación escrita tan rápida que se pueda prestar a una respuesta directa. Por esto y muchas otras ventajas se propone que la supervisión tome en cuenta estas herramientas y se apliquen, haciendo más eficiente su trabajo. No olvidemos que este medio nos permite enviar información completa con todas sus características y de forma casi inmediata, no importando la distancia entre la obra, el taller de fabricación y las oficinas centrales de la supervisión.

El enviar y recibir información se logra a través de varios servicios. Por un lado tenemos al e-mail (correo electrónico), que permite el envío de mensajes y archivos completos a una dirección electrónica.

Para aprovechar aun más el servicio que se puede obtener con internet se utilizan los “chatprograms” (programas de charla) que permiten comunicarse con otras personas en tiempo real (aquí y allá), como si hablaras por teléfono pero de forma escrita.

A continuación se presenta un esquema del funcionamiento de la comunicación con internet.



**Figura 3-25** Uso de Internet para el manejo de información general en las tareas de supervisión de la fabricación y el montaje

### **Análisis de las ventajas de la implantación de una Intranet**

A continuación se tratará de plantear un escenario en donde una pequeña empresa se propone evaluar las ventajas de implementar nuevas tecnologías a sus procesos mercantiles. Como primer punto se define que la Intranet es una red local que usa el protocolo TCP/IP y

el software que permite su explotación. Para ello, puede hacer uso de utilerías y paquetes de Internet en el interior de la empresa. La implantación de una Intranet modifica la manera de hacer negocios y cambia las relaciones dentro de una empresa.

Los principales beneficios de una Intranet son varios y numerosos:

**Independencia de plataforma.-** No importa si es desde una PC, MAC, Windows o Unis, la información podrá ser vista en forma idéntica por todos los usuarios.

**Información estándar y consistente.-** La información sólo tiene que ser actualizada en un punto. No es necesario distribuir físicamente la información, puesto que ésta se encuentra en un servidor y basta con actualizarla ahí.

**Reducción de costos.-** La disminución en costos de distribución, papel y conceptos similares hacen que la empresa ahorre cantidades muy significativas.

**Habilitar la toma de decisiones en el sitio de trabajo.-** Una de las ventajas de obtener información actualizada de manera inmediata es que nos permite dotar a nuestros colaboradores de herramientas para la toma de decisiones

**Correo electrónico interno.-** Es una de las herramientas más útiles en el incremento de la productividad. El correo electrónico reemplaza muchas, aunque no todas, de las llamadas telefónicas, las reuniones personales y los memorándums.

**Grupos (Foros de Discusión) Locales.-** En estos foros pueden entablarse foros de discusión sobre formas de mejorar los procesos y hacer consultas internas.

Otra solución para el mejor funcionamiento de las empresas puede ser el **uso del fax por medio de Internet**. El concepto y el propósito fundamental del fax sobre Internet son simples: se utiliza una red pública que no cuesta más que una llamada local. Las ventajas que proporciona este sistema de envío son variadas. Principalmente permite que dos empresas pequeñas que sólo tienen un teléfono compartido para la voz y para el fax, puedan intercambiar faxes al 10% del costo de lo que normalmente lo hacen, debido a que hay empresas dedicadas a ofrecer el servicio de fax a través de la red mediante el cobro de una tarifa mucho más barata.

Desgraciadamente la desventaja de utilizar esta herramienta en México es que las tarifas actualmente de larga distancia son mayores de acuerdo a la distancia de enlace, en donde las tarifas de larga distancias son iguales, no importando el kilometraje sino el tiempo de



uso de la llamada, un sistema de este tipo no resulta muy útil sin una cobertura. En México correspondería a la Cofetel (Comisión Federal de Telecomunicaciones) establecer el marco regulatorio para proveer servicios no solo de envío de fax, sino de servicios de voz IP. La infraestructura necesaria para ofrecer este servicio, se tiene en México.

Es probable que en los próximos tres años haya un crecimiento muy importante en la cobertura de Internet, y a partir de esto, un incremento de los servicios de los cuales depende su infraestructura y cobertura. El envío de fax a través del Internet dará mucho de qué hablar en los próximos años. Los beneficios pueden ser muchos, aunque tendremos que enfrentar enormes retos que se reflejarán en la masificación y presencia del sistema no sólo a lo largo y ancho de nuestro continente, sino del mundo entero.

# **CAPITULO 4**

**EJEMPLO DE UNA SUPERVISION EN LA  
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA  
METALICA**

#### **4. EJEMPLO DE UNA SUPERVISION EN LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA METALICA**

**E**l ejemplo que a continuación se presenta tiene la finalidad de mostrar la aplicación de la metodología propuesta en capítulos anteriores.

Es importante que se tenga siempre presente que cualquier construcción con estructura metálica, no importando su magnitud debe contar con la supervisión de profesionales, esto puede asegurar un grado de calidad aceptable, redundando en un beneficio económico para el cliente y la seguridad del inmueble para los futuros usuarios

##### **4.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA OBRA**

Se trata de una construcción para la ampliación de la Planta Exel, dentro del Parque Industrial Bralemex, S.A. de C.V., ubicado en el km 116 de la autopista México-Puebla, en Puebla, Puebla, camino a Cuautlancingo, (ver croquis de localización y planta general del sembrado de la obra, en las figuras 4-1 y 4-2).

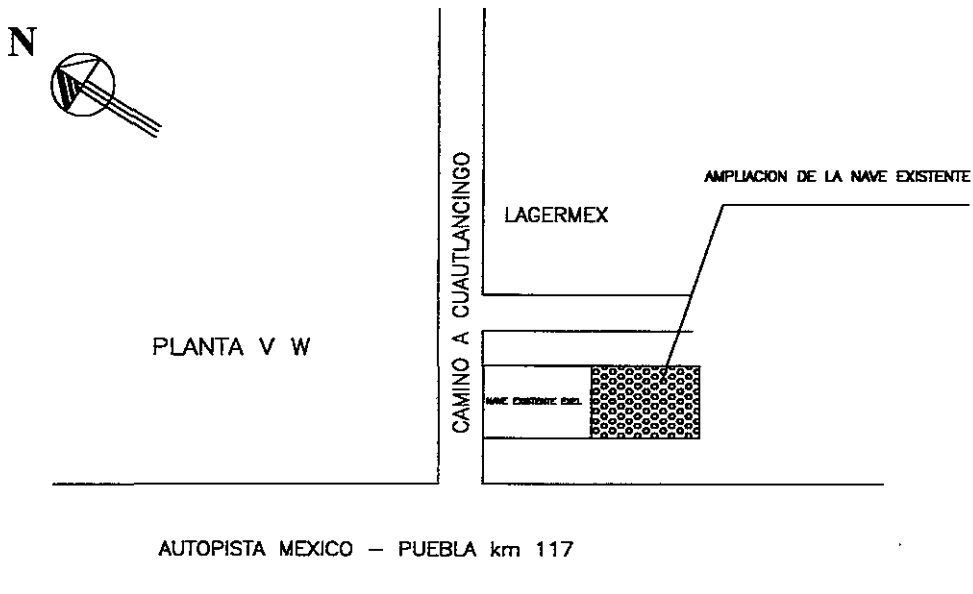
Dicha construcción se realiza en el terreno propiedad de la empresa Logisa S. A. de C. V., se localiza al oriente del parque en la Calle Patxi, con una superficie de terreno de 14,847.17 m<sup>2</sup>.

Para efectuar la supervisión de la construcción de la nave se presentó al cliente el organigrama con el personal que se encargaría de realizar la supervisión. El personal se designó con las siguientes categorías: un Coordinador General que tiene a su cargo la jefatura técnica con residencia en las oficinas centrales de la empresa, se requirió también un encargado para la captura de datos, elaboración de informes, etc. La residencia en campo la realizó el Jefe de Supervisión y dos auxiliares encargados de supervisar la fabricación y el montaje.

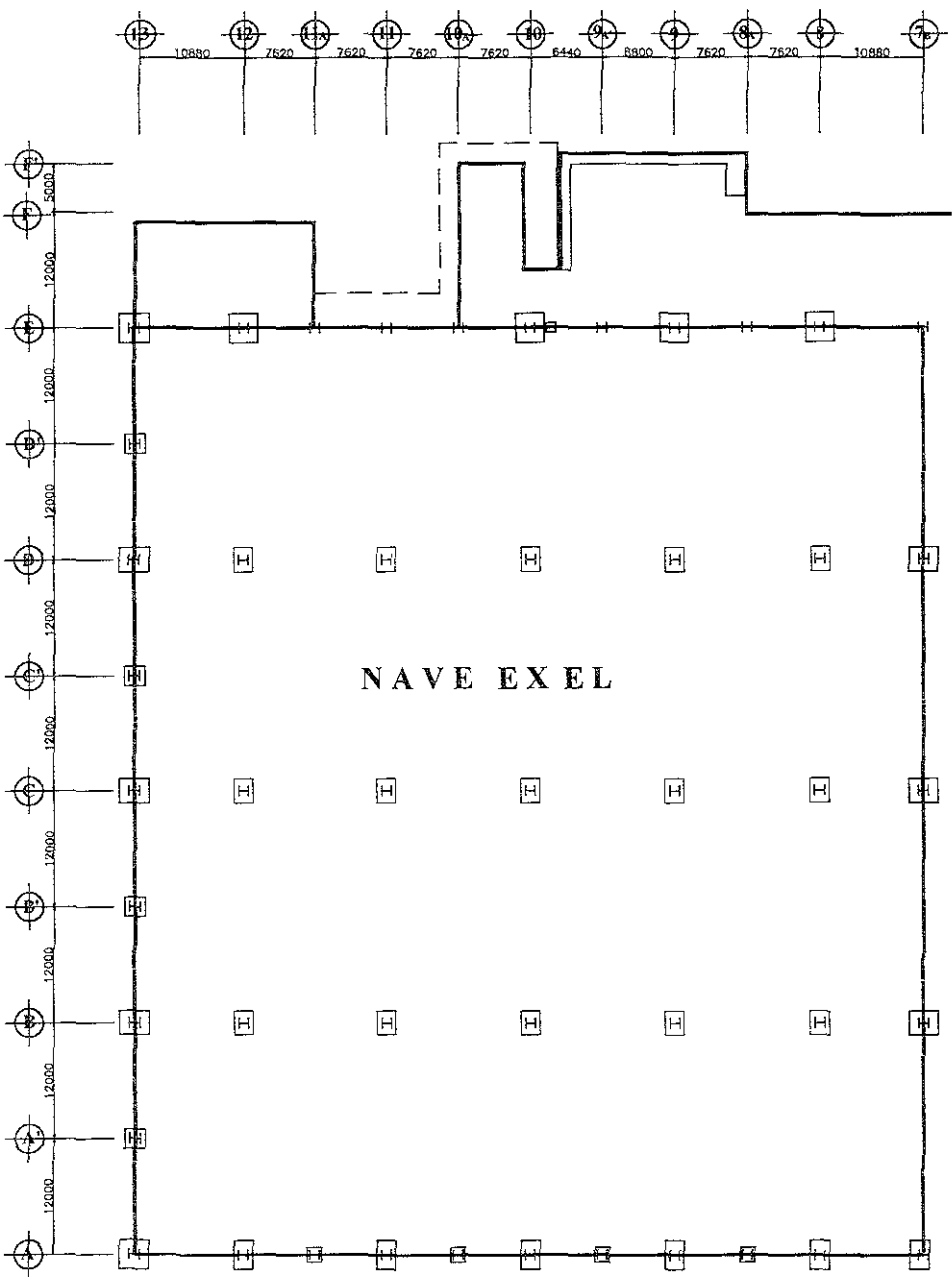
Se incluyó además los servicios de verificación topográfica y laboratorios reconocidos por el Sistema Nacional para Laboratorios de Pruebas (SINALP), cuya labor consistió en realizar pruebas destructivas y no destructivas (figura 4-3).

Como parte de las obligaciones que el Jefe de Supervisión adquiere es la de responder por las acciones, decisiones y fallos que los ingenieros auxiliares realicen en sus respectivos frentes, además debe atender la obra civil, manejar el laboratorio y a la brigada topográfica.

## AMPLIACION DE LA NAVE INDUSTRIAL EXEL

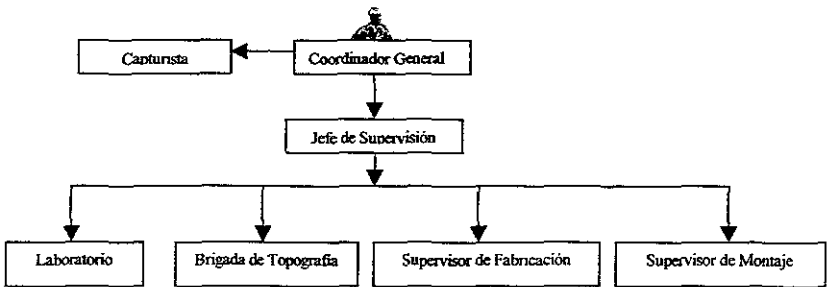


**Figura 4-1 Croquis de localización**



**Figura 4-2** Planta general del sembrado de la obra  
**Ampliación de la nave industrial EXEL**

Dentro de este grupo de profesionales y técnicos, la topografía juega un papel importante para el control de puntos en el replanteo de la obra y durante el transcurso, la verificación de los ejes principales y secundarios además del plomeo de los elementos metálicos. Para esta obra en particular la brigada topográfica de la supervisión no se requirió permanentemente en obra, el trabajo consistió en una verificación aleatoria. No sucede lo mismo con la brigada topográfica del constructor esta obligado a garantizar un estricto control de calidad, para lo cual debe incluir un brigada de topografía de tiempo completo.



**Figura 4-3 Organigrama que representa la plantilla de trabajo**

Esta plantilla de trabajo debe garantizar el cumplimiento de los alcances propuestos por la supervisión, debe tenerse en cuenta que el control administrativo también forma parte de las actividades de la supervisión, en este caso en particular la empresa supervisora ofertó sus servicios que incluían el control técnico-administrativo de la obra, finalmente solo fue contratada para cubrir la supervisión técnica, ocasionando que el control administrativo de la obra que entre otras cosas incluye: catalogo de conceptos, estimaciones, concentrados financieros, ampliaciones de contrato, análisis de precios unitarios extraordinarios, escalatorias etc., quedará en manos del cliente.

#### **Alcances de trabajo para la Supervisión**

Los alcances que a continuación se presentan cubren solamente la etapa de supervisión técnica y para poder atender en una forma adecuada las necesidades de la anterior empresa, se presentan los alcances en forma de listado resumido que aplican antes y durante la construcción de la obra.

### ***Objetivos***

Los objetivos principales que se desarrollan para supervisar adecuadamente la obra, describen a continuación:

- Representar a Lagermex en todo lo relativo a la obra que supervisa, en el lugar donde se ejecuta, apoyándola en la dirección y coordinación de la misma, para efecto de toma de decisiones, dando cumplimiento a sus objetivos y prioridades.
- Estudiar en forma pormenorizada la documentación correspondiente a la ejecución de la obra, para familiarizarse con las diversas partes del proyecto y sus características.
- Verificar y controlar que los trabajos, en sus aspectos de calidad, costo, tiempo y seguridad, se realicen conforme a lo pactado contractualmente con apego al proyecto ejecutivo aprobado por Lagermex para efectos de construcción, sus modificaciones autorizadas, las normas y especificaciones generales y particulares del proyecto.
- Llevar a cabo el control total de la calidad de los materiales, sistemas y procesos constructivos.
- Mantener actualizados los documentos del proyecto, recopilando las adecuaciones y modificaciones que tenga lugar durante el proceso constructivo.
- Informar a Lagermex sobre el desarrollo de los trabajos en todos sus aspectos de orden técnico y de seguridad, desde el inicio hasta la recepción de obra.
- Llevar a cabo el control de informática de la obra, bitácoras, archivo de los documentos contractuales, comunicaciones con Lagermex y la contratista y enviar los informes y reportes referentes a los diferentes controles de ejecución de la obra.

### **Principales involucrados en el proyecto**

El propietario Lagermex S.A. de C. V., empresa que forma parte del grupo de industrias filiales de la planta de ensamblaje Volkswagen, contrató los servicios de la empresa COCIPSA para la realización del proyecto denominado “Ampliación de la nave existente Exel”, dentro de las políticas que maneja el Parque Industrial Bralemex, S. A., es el adquirir proyectos denominados “llave en mano”.

Por lo tanto el diseño geotécnico, el diseño estructural, la proyección arquitectónica, la dirección responsable de obra, la corresponsabilidad, el detallado de la estructura para su fabricación son responsabilidad del constructor.

A continuación se presentan las actividades realizadas por la supervisión previas al inicio de los trabajos en campo.

### **Estudio del proyecto estructural**

Como parte del estudio del proyecto estructural es importante que la supervisión realice el informe que describa detalladamente las características particulares de la obra y los criterios de diseño, información que se extrae de la memoria de cálculo. Cuando se tiene contemplado contractualmente se revisa detalladamente la memoria de cálculo entregando previo al inicio de la obra el informe correspondiente.

Se presenta a continuación la descripción detallada de la obra y la descripción general de la memoria de cálculo.

### ***Descripción detallada de la obra***

La nave es de construcción tipo industrial con cubierta a dos pendientes, la cimentación y la estructura tienen las mismas dimensiones y perfiles que las existentes (se ejecutó un primer proyecto con iguales características) o que se podrá verificar con los planos anteriores y actuales.

En el área de servicios y archivo se considera la estructura adecuada para soportar los dos niveles, el comedor actual tendrá el uso de almacén para lo que se considera solo el cambio de herrería.

El área de descarga lateral será el mismo nivel que la nave contando con dos muelles para que se estacionen los camiones para ser descargados tendrá una puerta corrediza de 5 x 5 m en dos hojas, los volados que afectan esta área serán similares a los existentes en el diseño de los elementos estructurales.

La nave se proyecta con estructura de acero, columnas y travesaños formadas por tres placas, todos los claros de 24 x 15.24 m, sobre estas una retícula con larguero tipo joist que forman la cubierta y con una altura libre en la parte más baja de 7.9 m



El techo es de lámina Galvakolor perfil kr-18 calibre 24, apoyado directamente sobre la estructura metálica, en la parte inferior de la lámina, los canalones que drenan el agua pluvial están formados con el mismo tipo de lámina y se encuentran localizados en la parte exterior de la nave, con objeto de iluminar por medios naturales a la nave se colocará en el techo el 10 % de lámina acrílica compatible con el perfil kr-18.

El piso será un firme de concreto de 15 cm de espesor, reforzado con  $19 \text{ kg/m}^3$  de fibra de acero, acabado pulido con ailladora mecánica, este sobre una base de grava cementada de 15 cm de espesor que esta sobre un terraplén de tepetate compactado al 90%.

La cimentación será a base de zapatas aisladas de concreto armado y tendrá una zapata corrida de concreto armado en el perímetro de la nave, al sur de la nave se colocará un muro de contención de concreto armado de 1.40 m de altura por 20 cm de espesor integrado a la cimentación de la nave, el cual forma el andén.

El proyecto se concibió de la siguiente manera mediante las etapas que a continuación se describen:

**A. Preliminares**

- Proyecto ejecutivo, ingeniería de detalle, planos originales.

**B. Terracerías**

- Estudio de mecánica de suelos
- Estudio de pavimentos
- Levantamiento topográfico
- Trabajos de terracerías en áreas de la nave y exteriores, incluye: despalme, carga y acarreos, cortes, terraplenes, compactaciones, de acuerdo al estudio de mecánica de suelos y topografía del terreno
- Base hidráulica de 15 cm de espesor

**C. Construcción de la nave industrial**

- Especificaciones generales
- Cimentaciones: zapatas de concreto  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  armado con acero de refuerzo  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , incluye cimbrado y descimbrado

- Muros de contención de concreto  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  armado con acero de refuerzo  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ , incluye cimbrado y descimbrado.
- Rellenos con material producto de la excavación.
- Estructura metálica incluye: anclas, placas base, columnas a base de 3 placas de acero A-36, trabes de 3 placas con acero A-36, largueros tipo "joist", canal monten para recibir fachadas, contravientos y contraflambeos, pintura de esmalte marca Comex 100 y demás accesorios.
- Muros perimetrales de block de concreto 20x20x40 cm tipo intermedio, con refuerzos horizontales y verticales, castillos y cadenas de concreto  $f_c=150 \text{ kg/cm}^2$ , a 3 m de altura, el acabado será aparente una cara en interior con pintura vinílica marca Comex Vinimex, en exteriores de fachada sur y oriente el acabado será con loseta Santa Julia color rojo natural 10x20 cm.
- Piso de concreto con espesor de 15 cm, acabado pulido  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  RN, agregado máximo  $\frac{3}{4}$ ". Este concreto será reforzado con fibra de acero en una proporción  $19 \text{ kg/m}^3$ , incluye: juntas de construcción, curado y sellado de juntas.
- Sistema de tierras conectadas a la estructura metálica, fabricada con solera galvanizada.
- Sistema de pararrayos fabricados con cable de cobre desnudo, calibre 2/0 de 32 hilos y accesorios.
- Cubierta con lámina Galvakolor kr-18 calibre 24, y un 10% de lámina acrílica. Las fachadas con lámina Galvakolor G.104 calibre 24, canalones de lámina galvanizada calibre 22, esquineros, goteros, cumbreira y remates de lámina lisa Galvakolor calibre 24.
- Drenaje pluvial y sanitarios se construirán con tubería de concreto simple, incluye: Trazo, nivelación, excavaciones, cama de arena de 10 cm de espesor. Tendido de tubo de concreto, registros de concreto  $f_c=150 \text{ kg/cm}^2$ , armado con electro malla 6x6-10x10, tapa fabricada con placa de  $\frac{1}{2}$ ", rellenos con material producto de la excavación, conexiones a colector general pluvial y aguas negras.

### **Descripción general de la memoria de cálculo**

Se considerada presentar una descripción general de la memoria de cálculo con la finalidad de conocer los criterios de diseño.

La nave se compone por edificios formados con 8 elementos principales (marcos rígidos) separados entre sí a cada 15.24 m, el claro nominal de éstos marcos, medido de centro a centro de columna es de 96.00 m y su altura libre es de 8 m, la pendiente del techo es de 5.1%.

#### **a) Constantes sísmicas**

Se consideró el efecto del sismo sobre las diferentes estructuras siguiendo los lineamientos del Manual de Diseño de Obras Civiles (Diseño por sismo) de la Comisión Federal de Electricidad (C. F. E.), siendo sus características las siguientes:

##### **Clasificación de la estructura**

Estructura	Grupo B
Estructuración	Tipo 1
Zona Sísmica de la Republica	Zona B
Tipo de terreno	Tipo 1
Coefficiente sísmico básico	$c = 0.14$
Factor de comportamiento sísmico	$C.S.R. = 0.14/2 = 0.07$

#### **b) Parámetros de Viento**

Se considero el efecto del viento sobre las diferentes estructuras siguiendo los lineamientos del Manual de Diseño de Obras Civiles (Diseño por viento) de la Comisión Federal de Electricidad (C. F. E.), siendo sus características las siguientes:

Clasificacion de la estructura según su importancia	Grupo B
Clasificacion de la estructura según su respuesta al viento	Tipo 1
Velocidad regional	$V_r = 106 \text{ km/hr}$
Categoría del terreno según su rugosidad	Catergoria 2
Clase de estructura según su tamaño	Clase C
Velocidad de diseño	$V_d = 94.81 \text{ km/hr}$

### **Factores de carga y reducción de la resistencia para elementos de concreto**

a)	Carga gravitacional	F.C. = 1.4
b)	Carga gravitacional más sismo	F.C. = 1.1
c)	Carga gravitacional más viento	F.C. = 1.1
d)	Carga gravitacional más granizo	F.C. = 1.1
e)	Flexión	F.C. = 0.9
f)	Cortante y torsión	F.C. = 0.8

### **Análisis y diseño de las diferentes estructuras**

Los modelos de la estructura fueron analizados en su conjunto en tres dimensiones con ayuda del programa de computadora STAAD-Pro 2000, considerando las propiedades de cada elemento de la estructura así como las distintas cargas mencionadas anteriormente. Para cada modelo, se realizó un análisis sísmico-estático (considerando los efectos por torsión) con el cual se obtuvieron los diferentes elementos mecánicos para su diseño, así como sus desplazamientos, los cuales resultaron inferiores a los permitidos por el RCDF-93.

Conocidos los elementos mecánicos, se procedió al diseño de los diferentes miembros de la estructura, dependiendo de las condiciones de carga más desfavorable, ya sea por cargas gravitacionales o por la combinación de éstas con las cargas accidentales (de sismo o de viento) considerando el método de factores de carga y resistencias últimas del Manual A.I.S.C. (American Institute of Steel Construction en su versión Load and Resistance Factor Design L.R.F.D).

### **Diseño de la cimentación**

Los elementos mecánicos más desfavorables se consideraron para el diseño de la cimentación. A partir de las descargas y los efectos que produce la estructura en la cimentación, en combinación con la reacción que producen tanto los elementos que la forman y el suelo, se procedió al diseño de las zapatas aisladas conforme a lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias correspondientes. Se utilizó una capacidad a compresión del terreno de  $15.89 \text{ ton/m}^2$ .

En el método de análisis se consideraron las cargas que soportan la estructura sobre el techo y muros son transmitidas a los marcos por medio de los largueros, los cuales aportan una carga igual o su área tributaria multiplicada por la carga uniforme con la que se les diseña.

Los marcos, a su vez, transmiten las descargas a la cimentación mediante una acción de pórtico, trabajando como marco rígido articulados en sus apoyos.

Los valores de las matrices, así como la solución de la ecuación se hacen numéricamente basándose en computadora y considerando las secciones variables de todos los elementos del marco. Los resultados nos permiten así conocer los valores de las relaciones redundantes.

Los resultados de estas reacciones y también y mediante la utilización de la computadora, se obtienen los valores de los momentos flexionantes, fuerzas cortantes y fuerzas axiales a todo lo largo del marco.

### ***Cargas de diseño***

Se considerarán las siguientes cargas:

<b>a) Carga muerta</b>	
Peso propio de larguero	10 kg/m <sup>2</sup>
Peso propio piezas chica	1 kg/m <sup>2</sup>
Peso propio de lámina	10 kg/m <sup>2</sup>
Peso de las instalaciones	15 kg/m <sup>2</sup>
Peso propio de la estructura	15 kg/m <sup>2</sup>
	Σ 61 kg/m <sup>2</sup>
<b>b) Carga viva</b>	
máxima	= 40 kg/m <sup>2</sup>
Instantánea	= 20 kg/m <sup>2</sup>
Granizo	= 30 kg/m <sup>2</sup>
<b>c) Carga por acción del viento para una velocidad de 120 km/h</b>	
<b>d) Combinaciones de carga</b>	
CM + CV <sub>max</sub>	= 101 kg/m <sup>2</sup>
CM + CV <sub>instan</sub> – PoPo de columnas	= 66 kg/m <sup>2</sup>
CM + Granizo	= 91 kg/m <sup>2</sup>

### ***Conexiones y juntas***

Todas las juntas atornilladas se diseñan para resistir un momento igual al producto producido por las cargas reales o bien para el 50% de la capacidad de la sección (el que resulte mayor) aplicando el criterio elástico para la distribución de los esfuerzos.

Las conexiones entre los elementos principales del marco se calcularon utilizando tornillos de alta resistencia ASTM A-325 o equivalente.

### ***Soldadura***

Se calculan de acuerdo con las últimas normas de la AWS del AISC.

### ***Largueros***

Se utilizarán largueros de sección tipo Joist de peralte, los cuales soportan los requisitos de diseño para soportar las cargas de trabajo, de acuerdo a las normas y especificaciones del AISI (American Iron and Steel Institute). La conexión de éstos largueros a los marcos principales se hacen por medio de clips y tornillos, garantizando su estabilidad lateral por medio de un sistema de contraflameos entre largueros y larguero además, la lámina de cubierta se fija directamente al patín superior (de compresión) de dichos largueros, proporcionando así, sujeción lateral suficiente.

### ***Contravientos y elementos secundarios***

La estructura cuenta con un sistema de contraviento para resistir las cargas longitudinales que actúan sobre el edificio, el cual juega un papel principal en la estabilidad del mismo y que no debe eliminarse sin aprobación escrita.

Además existen piezas adicionales como riostras, clips, puntales, etc., que garantizan el correcto funcionamiento de la estructura en conjunto.

### ***Revisión de los alcances de obra relativos a la estructura metálica***

Parte integral de la revisión del proyecto, se refiere al estudio de los alcances particulares para la estructura metálica que son realizados por el cliente o la supervisión si no existen. Estos alcances deben ser congruentes con las especificaciones de proyecto y formar parte de los requisitos que el constructor deba cumplir. El tipo de materiales, mano de obra, equipo y/o herramienta, se pueden incluir dentro de los alcances, todo con el fin de que los trabajos sean ejecutados correctamente y de acuerdo a lo estipulado en el contrato. Se

presentan a continuación dos ejemplos de alcances de obra para la construcción con estructura metálica en forma de texto (tabla 4-4 y 4-5).

### **Evaluación del taller y revisión de los planos de fabricación**

La evaluación del taller de fabricación por parte de la supervisión se realizó iniciando la obra, aunque ya estaba aceptado por parte del cliente. De las recomendaciones que la supervisión manifestó fueron las siguientes:

- El corte de material debía hacerse con equipo de oxiacetileno mecánicamente guiado, no podían realizarse cortes a mano alzada.
- Bloquear la entrada de ráfagas de aire o lluvia en la zona de aplicación de soldadura.
- El no presentar los procedimientos para fabricación de estructura metálica, por parte del constructor, se puso a consideración de la supervisión el empleo de profesionales como asesores permanentes y con lo cual se supliría la deficiencia anterior. En un afán de agilizar e iniciar la obra, la supervisión accedió.

Para esta obra los planos de fabricación no fueron revisados por parte de la supervisión, esto motivado por las condiciones contractuales del proyecto, pero no es atenuante para que la supervisión, aun no siendo su responsabilidad en este proyecto, haga una revisión aleatoria de algunos planos de fabricación. Se revisó que los perfiles y conexiones correspondieran al proyecto estructural. A este tipo de planos se les identifica fácilmente porque presentan el despiece de materiales para el habilitado en el taller, además de identificar cada una de las partes que componen al elemento metálico, los detalles de conexión (puntos de trabajo y soldaduras) y además presentan la cuantificación en peso, la cantidad de elementos a fabricar y las dimensiones de cada uno de ellos.

### **Programa de trabajo del constructor**

El cliente y la supervisión aprobaron el programa de obra que el constructor presentó, como resultado de esta aceptación, se establece el periodo de ejecución y terminación de obra, el programa de suministros de la estructura metálica a la obra, incluyendo los periodos de montaje para la estructura. En el punto 4.8 “Informe de la Supervisión” de este capítulo se presenta el programa general de obra.

## LAGERMEX S. A. DE C. V. AMPLIACION DE NAVE EXEL ESPECIFICACION PARTICULAR.

**CLAVE:** 01  
**CONCEPTO:** Suministro, fabricación, flete, montaje y colocación de estructura metálica norma ASTM A-36  $f_y=2530$  kg/cm<sup>2</sup>, especificación de fabricación y montaje del AISC con electrodos, serie E-70xx y tornillos, en su caso, de alta resistencia A-325 con dos rondanas se colocarán como indica la norma de AISC, para juntas de fricción. Armadura AR-2A de Acero A-36.

**ALCANCE:** Suministro, fabricación, flete, montaje y colocación de la estructura, el precio unitario incluye materiales de primera sin empates, primario Comex 100 blanco, dos manos semimate, previa limpieza de óxido, escama, tierra y materiales extraños y que satisfaga la norma, aplicando la pintura en taller, excepto en la uniones a soldar en campo que serán retocadas en el sitio con un espesor mínimo de 25 micras, resina epóxica de alta fluidez con resistencia mínima de 250 kg/cm<sup>2</sup>, cortes, (serán con oxígeno y equipo guiado mecánicamente y no a mano libre, los bordes donde se vaya a depositar material de soldadura, deberán estar libres de muescas o imperfecciones de mas de 5mm de profundidad) desperdicio, maniobras, soldadura serie E-70xx aplicada y que cumpla con el código AWS, hornos en sitio (obra), previa a la fabricación, deberá presentar los planos de taller para su verificación y aprobación de montaje, extensiones, cables para soldar, porta electrodos, planta de soldar, traslados de taller a obra, combustibles, acarreo horizontales y verticales, protección del sitio, señalización informativa, preventiva y restrictiva de la obra, retiro de tecatas (concreto pegado a la estructura existente) en el sitio, equipo de seguridad, seguridad social, fianzas, equipo de trabajo, herramienta, horarios nocturnos, tiempos extraordinarios y normas establecidas por el departamento de seguridad industrial, seguridad y vigilancia de acceso peatonal y vehicular, personal especializado y calificado para cada actividad a desarrollar, barrenos (éstos se deberán efectuar con equipo mecánico), brocas limpiezas. Este alcance se complementa con las notas y plano AR-2A

Cualquier deterioro que ocasione el contratista con motivo de los trabajos, será su completa responsabilidad, por lo que deberá reparar el daño y/o suministrar la parte dañada en término de 4 (cuatro) hrs, además que previo al inicio de los trabajos, deberá garantizar cualquier daño mediante una fianza, cuyo valor fijará Lagermex S. A. de C. V.

La unidad de medida será la tonelada (ton) con tres decimales de aproximación para efecto de pago y será medido en sitio con unidades acabadas y con calidad sin torceduras, dobleces ni juntas abiertas autorizada por Lagermex y/o supervisión y una vez entregados los planos de taller definitivos. Calidad de materiales Acero A-36,  $f_y = 2530$  kg/cm<sup>2</sup> tipo viga OR-1 de 406 x 12.7 mm, primario Comex 100 blanco semimate, electrodo serie E-70xx, resina epóxica de alta fluidez, resistencia mínima de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

---

**Tabla 4-4 Ejemplo de un alcance de obra aplicada en la construcción de la estructura metálica (armadura tipo AR-2)**



## LAGERMEX S. A. DE C. V.

### AMPLIACION DE NAVE EXEL

#### ESPECIFICACION PARTICULAR.

**CLAVE:** 02

**CONCEPTO:** Suministro, fabricación, flete, montaje y colocación de estructura metálica norma ASTM A-36  $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ , especificación de fabricación y montaje del AISC con electrodos, serie E-70xx y tornillos, en su caso, de alta resistencia A-325 con dos rondanas y se colocarán como indica la norma de AISC, para juntas de fricción. Detalles de Conexión tipo.

**ALCANCE:** Suministro, fabricación, flete, montaje y colocación de la estructura, el precio unitario incluye materiales de primera sin empates, primario Comex 100 blanco, dos manos semimate, previa limpieza de óxido, escama, tierra y materiales extraños y que satisfaga la norma, aplicando la pintura en taller, excepto en la uniones a soldar en campo que serán retocadas en el sitio con un espesor mínimo de 25 micras, resina epóxica de alta fluidez con resistencia mínima de  $250 \text{ kg/cm}^2$ , cortes, (serán con oxígeno y equipo guiado mecánicamente y no a mano libre, los bordes donde se vaya a depositar material de soldadura, deberán estar libres de muescas o imperfecciones de mas de 5mm de profundidad) desperdicio, maniobras, soldadura serie E-70xx aplicada y que cumpla con el código AWS, hornos en sitio (obra) previa a la fabricación, deberá presentar los planos de taller para su verificación y aprobación de montaje, extensiones, cables para soldar, porta electrodos, planta de soldar, traslados de taller a obra, combustibles, acarreos horizontales y verticales, protección del sitio, señalización informativa, preventiva y restrictiva de la obra, retiro de tecatas (concreto pegado a la estructura existente) en el sitio, equipo de seguridad, seguridad social, fianzas, equipo de trabajo, herramienta, horarios nocturnos, tiempos extraordinarios y normas establecidas por el departamento de seguridad industrial, seguridad y vigilancia de acceso peatonal y vehicular, personal especializado y calificado para cada actividad a desarrollar, barrenos (éstos se deberán efectuar con equipo mecánico), brocas limpiezas. Este alcance se complementa con las notas y planos DMONT1 Y DMONT1A.

Cualquier deterioro que ocasione el contratista con motivo de los trabajos, será su completa responsabilidad. por lo que deberá reparar el daño y/o suministrar la parte dañada en término de 4 (cuatro) hrs, además que previo al inicio de los trabajos, deberá garantizar cualquier daño mediante una fianza, cuyo valor fijará Lagermex S. A de C. V.

La unidad de medida será la tonelada (ton) con tres decimales de aproximación para efecto de pago y será medido en sitio con unidades acabadas y con calidad sin torceduras. dobleces ni juntas abiertas sin torceduras, dobleces ni juntas abiertas autorizada por Lagermex y/o supervisión y una vez entregados los planos de taller definitivos. Calidad de materiales Acero A-36,  $f_y=2530\text{kg/cm}^2$  tipo viga OR-2, 305 x 102 x 12.7, primario Comex 100 blanco semimate, electrodo serie E-70xx, resina epóxica de alta fluidez, resistencia mínima de  $250 \text{ kg/cm}^2$ .

---

**Tabla 4-5 Ejemplo de un alcance de obra aplicado en la construcción de la estructura metálica (detalles de conexión tipo)**

## 4.2 PLANOS DE PROYECTO

Los planos de proyecto se deben estudiar a conciencia, porque son a partir de ellos que la supervisión inicia la planeación y recopilación de la información técnica como soporte de las especificaciones generales de obra que de los planos de proyecto se desprende. Por ejemplo si se especifica en los planos la utilización de electrodos serie 70xx, como acostumbran la mayoría de los diseñadores, tendrá que solicitársele al constructor la utilización de electrodos claramente especificados y que garanticen el más adecuado depósito de soldadura y la forma de exigirle la utilización de este producto es mediante la ficha técnica o pruebas a las que se sometieron.

Los planos de proyecto proporcionan las dimensiones de la obra, los tipos de perfiles, la soldadura y/o tornillos, el tipo de acero a utilizar, los detalles de conexión, etc., pero nunca servirán para realizar la fabricación de la estructura metálica, debido a que carecen de la ingeniería de detalle, tema que va muy relacionado con el punto siguiente.

Cuando el fabricante de la estructura metálica, está comprometido a presentar los planos de fabricación no debe aceptarse que estos sean una copia fiel de los planos estructurales.

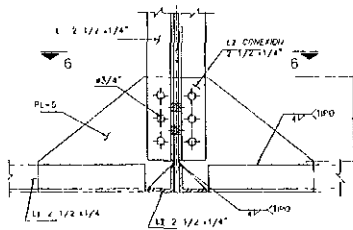
Los planos 4-6 a 4-9 muestran parte del diseño correspondiente a los detalles de cimentación y de conexión.

## 4.3 PLANOS DE FABRICACION

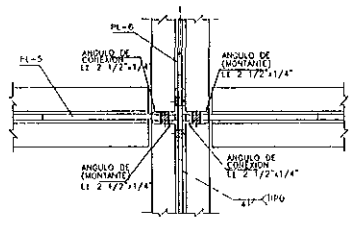
Los planos de fabricación forman parte de la ingeniería de detalle realizada por el proyectista o el taller de fabricación y cuyo objetivo final es presentar la información que se requiere para el suministro, el posterior habilitado del material que conformara el elemento estructural.

Las características que distinguen este tipo de planos con los demás, es que deben estar incluidos: el cuadro de lista de materiales, este cuadro incluye el número de piezas a fabricar, el peso de cada una de las piezas y el peso total por plano, las características de los perfiles que serán utilizados. En este caso se presenta el plano 4-10 "Ensamble de armadura AR-2", junto con los planos 4-11 y 4-11A. Como podemos observar en la lista de materiales, la estructura ésta formada por perfiles ligeros y corresponden a la estructura para la zona de oficinas; para la nave principal la estructura es del tipo pesado.

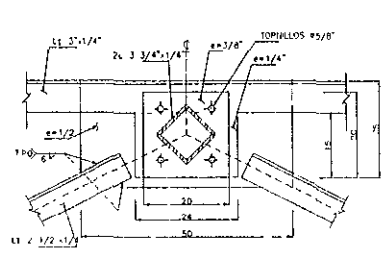
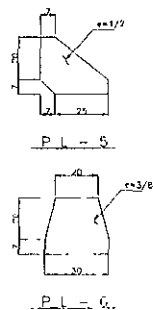




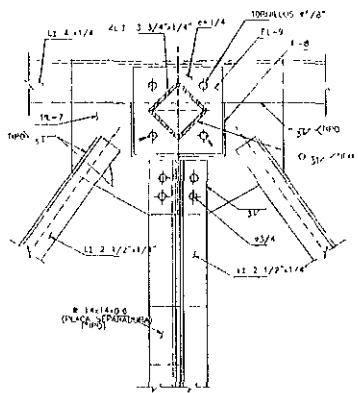
CONEXION DE CUERDAS  
INFERIORES ENTRE ARMAZURAS  
AR-2



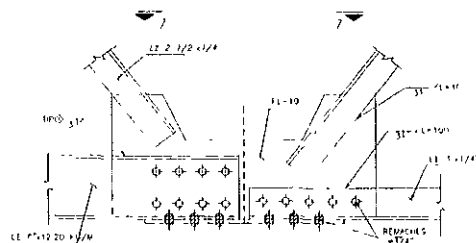
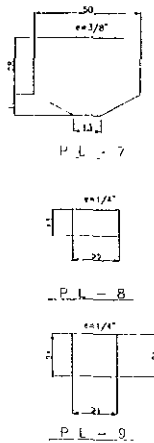
CORTE 6 - 6



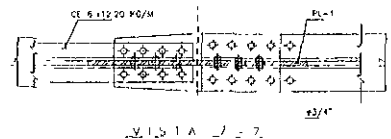
DETALLE DE CONEXION DE DIAGONALES  
Y LARGUERO EN CUERPO SUPERIOR DE  
ARMAZURAS AR - 1 Y AR - 2



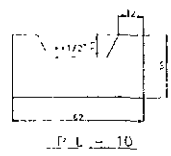
DETALLE DE CONEXION DE DIAGONALES  
Y LARGUERO EN CUERPO SUPERIOR DE  
ARMAZURAS AR - 3 Y AR - 5



DETALLE DE CONEXION DE DIAGONALES  
CON CUERDA INFERIOR DE  
ARMAZURAS AR - 3 Y AR - 5  
(I.P.O.)



VISTA 7 - 7



NOTA GENERAL DE SOLDADURA  
1- TODAS LAS SOLDADURAS DEBEN SER  
HECHAS A LA INTERSECCION DE LAS

**COCIPSA** CONSTRUCCIONES

RESERVA LOS DERECHOS DE DISEÑO Y FABRICACION DE ESTE PROYECTO  
COCIPSA S.A. DE C.V.  
CALLE DE LOS RIOS 1000, COL. SAN PEDRO DE LOS RIOS, CIUDAD DE MEXICO, D.F.  
TEL. 52 55 52 11 11 11  
FAX 52 55 52 11 11 11

PROYECTO: DETALLE DE CONEXION DE DIAGONALES Y LARGUERO EN CUERPO SUPERIOR DE ARMAZURAS AR - 1 Y AR - 2

FECHA: 01/03/14

PROYECTISTA: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

PROYECTISTA: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

EXECL: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

COMPROBADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

APROBADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

ELABORADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

REVISADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

VERIFICADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

APROBADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

ELABORADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

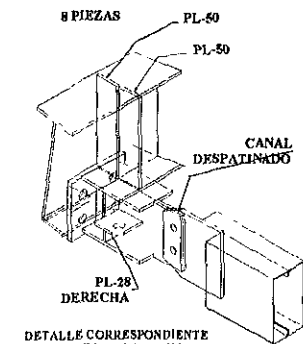
REVISADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

VERIFICADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE

APROBADO: RAFAEL ESCOBAR GALANDE



### DETALLE 3A

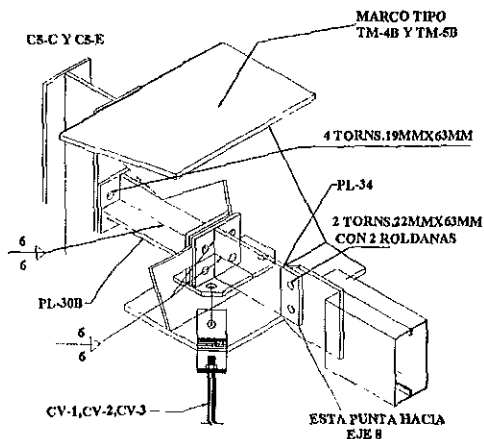


DETALLE CORRESPONDIENTE A LOS EJES A', B', C' Y D' SOBRE EJE 12 Y 8

NOTA:  
PARA LOCALIZAR CONTRAVIENTOS VER PLANO DE MONTAJE

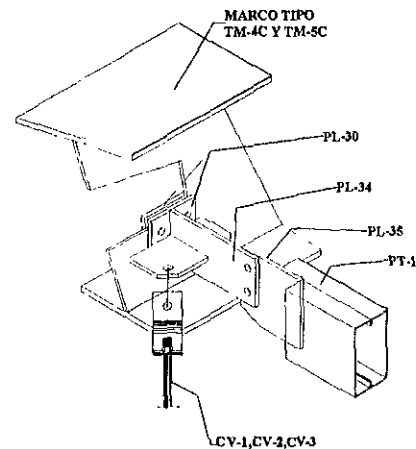
CONEXION TIPO PARA RECIBIR PUNTALE PT-1B Y CONTRAVIENTOS 2", 1" Y DE 1/2"

### DETALLE 4

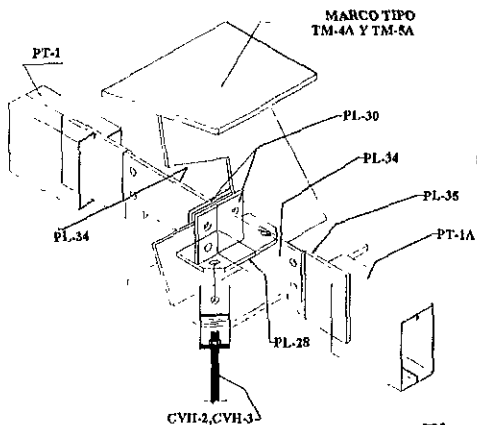


ESTA PUNTA HACIA EJE 8

### DETALLE 4A



### DETALLE 5

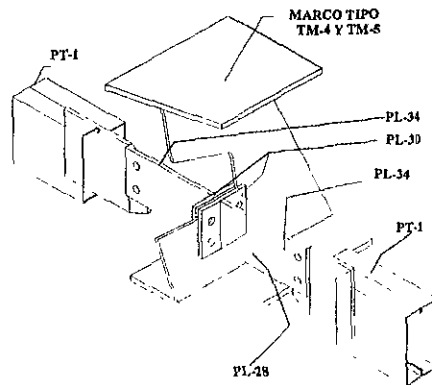


CONEXION TIPO PARA RECIBIR PUNTALE PT-1A Y PT1 Y 2 CONTRAVIENTOS DE 1/2" Y 1"

DETALLE CORRESPONDIENTE A LOS EJES B, C Y D SOBRE EJES 13 Y 8

NOTA:  
VER PLANO DE MONTAJE

### DETALLE 5A



CONEXION TIPO PARA RECIBIR PUNTALE PT1

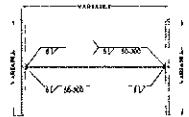
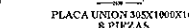
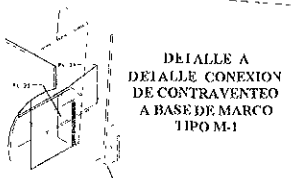
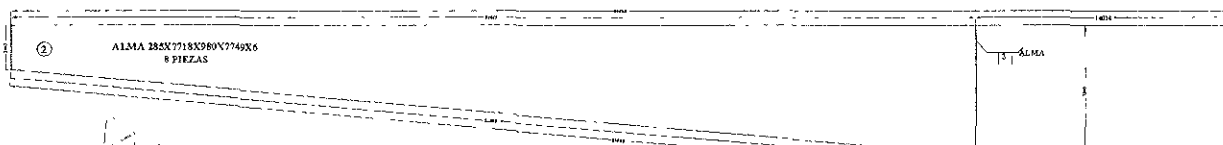
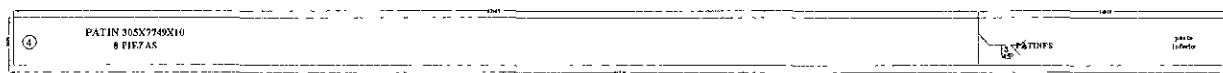
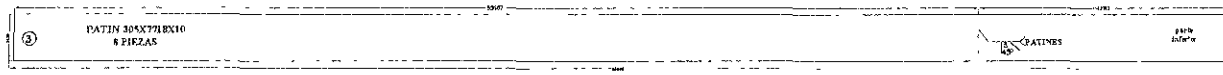
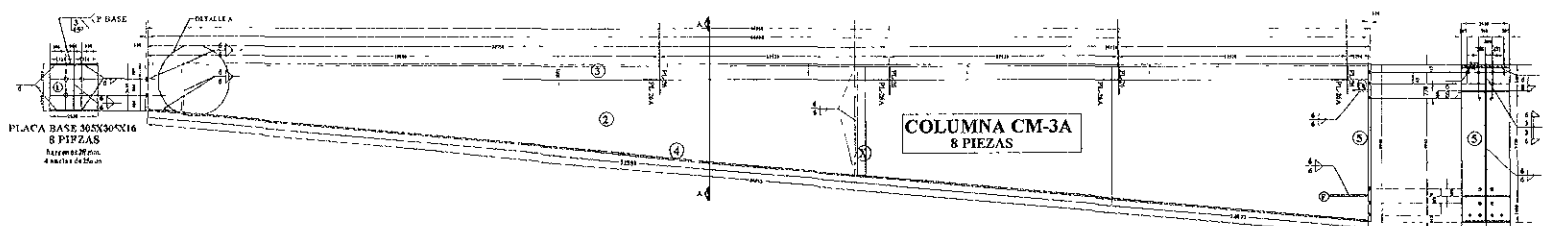
DETALLE CORRESPONDIENTE A LOS EJES B, C Y D SOBRE EJES 11, 10 Y 9

PLAN DE DETALLES MARCA ALIQUOTACION DEL BANCO INDUSTRIAL ESEVEX MEXICO	
MONTE	EXEL
DATE	TIME
DRAWN BY	CHECKED BY
DESIGNED BY	APPROVED BY



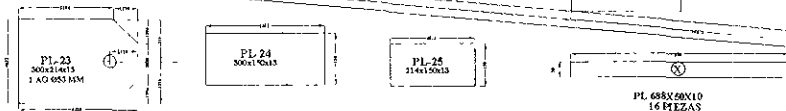






**SECCION TIPO PARA TRABES Y COLUMNAS**

- NOTA GENERAL DE SOLICITUD**
1. SE PODRA APPLICAR SOLICITUD INTERNAMENTE EN LA FORMA DE PARTES Y ALIAS CON UNA SOLICITUD AJUSTADA DE ACUERDO A LAS NORMAS ESTABLECIDAS CON EL USO MAS ADECUADO DEL MATERIAL.
  2. SE ENTENDIENDO LAS UNIDADES DE PESOS EN ALIAS Y PARTES DE LAS UNIDADES QUE LA UNIDAD MENCIONADA EN ESTE DISEÑO SECONDO.
  3. EN LOS CASOS LAS UNIDADES DE RECOMENDACION SOLICITADA DE REINFORCACION COMPLETA CON UN PAO DE 3 VES UN DISEÑO.
  4. TODAS LAS CONEXIONES DEBERAN SI OBTENER DE ALIAS A LAS ESPECIFICACIONES DE LA A.M.S. VIGENTE.



**LISTA DE MATERIALES**

PIEZA	NOMBRE	MATERIAL	AREA M <sup>2</sup>	KG/M <sup>2</sup>	PESO UNITARIO	CANTIDAD	PESO TOTAL
1	PLACA BASE	R 305X305X16MM	0.093	124.50	11.58	8	92.632
2	ALMA	R 280X7718X980X7749X6MM	5.881	49.80	288.169	8	2.305.352
3	PATIN	R 305X7718X10MM	2.354	74.70	175.844	8	1.406.752
4	PATIN	R 305X7749X10MM	2.363	74.70	176.516	8	1.412.128
5	PLACA UNION	R 305X1000X16MM	0.305	124.50	37.973	8	303.784
6	CARTABON	R 150X200X10MM	0.030	74.70	2.241	16	35.856
7	CARTABON	R 150X100X10MM	0.015	74.70	1.118	10	12.000
8	ARTESADOR	R 688X50X10MM	0.634	74.70	2.540	16	40.640
PL-23	CONECTOR	R 300X214X13MM	0.064	99.6	6.374	8	50.992
PL-24	ARTESADOR	R 300X150X13MM	0.045	99.6	4.482	8	71.712
PL-25	ARTESADOR	R 214X150X13MM	0.037	99.6	3.187	8	23.496
PL-30	CLAV	R 180X125X6MM	0.023	49.80	1.145	64	73.280
PL-30A	CARTABON	R 100X100X6MM	0.016	49.80	0.498	64	31.872
PESO POR 8 COLUMNAS ENSAMBLADAS							5.866.384

**GRUPO COCIPSA** CONSTRUCCIONES CIVILES E INDUSTRIALES

ENSAMBLE COLUMNA TIPO CM-3A EJES 7A, 8, 12 Y 13

PARQUE INDUSTRIAL BRALENEX PUEBLA MEXICO

EXEL

Plano 4-11A Ensamble columna tipo CM-3A ejes 7A, 8, 12 y 13

#### **4.4 PLANOS DE MONTAJE**

Los planos de montaje tienen la finalidad de identificar la ubicación exacta en la que se montarán los elementos metálicos fabricados. Cada elemento metálico debe tener la marca de fabricación y montaje (algunos talleres solo anteceden la letra “M” a la marca de fabricación).

El plano 4-12 de montaje esta relacionado con la superestructura al nivel de cubierta, en este caso son los elementos son traveses tipo joist, cuya función es la de dar soporte a la lamina y en el plano 4-13 se muestra la ubicación de las armaduras en la zona de oficinas.

Los planos de montaje tienen una gran importancia dentro del proceso constructivo, hay ocasiones que un proyecto los elementos fabricados son geométricamente igual y la diferencia radica en el tipo de material utilizado, de ahí la importancia en las marcas que deben colocarse mediante letras de golpe y evitar se borren accidentalmente, este detalle debe verificarse por la supervisión y comprobar que correspondan a los planos de fabricación y montaje.

#### **4.5 FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA METALICA**

De acuerdo con las bases de concurso, se tuvo que realizar antes de iniciar el proceso de fabricación de la estructura, una visita al taller del contratista para verificar que las instalaciones y equipos estén en buenas condiciones para garantizar un aseguramiento de calidad y por consecuencia cumplir con el programa de obra. Después de cumplir con el punto anterior, los inspectores de control de calidad (constructora y supervisión) conciliaron efectuar la inspección de acuerdo a las especificaciones de proyecto, los dibujos de fabricación así como los códigos aplicables para la fabricación de estructuras de acero.

##### **Referencias**

AISC American Institute of Steel Construction

AWS American Welding Society

Manual de acero AHMSA

Manual de acero IMCA

##### **Recepción de material**

Al llegar el material al taller se verificó cuidadosamente el número de colada, grados de acero y número de planchón anotados en la placa, que estos estuvieran de acuerdo a los anotados en el certificado de calidad, este certificado es entregado por el proveedor al fabricante.





Adicionalmente a los certificados de calidad del acero, la supervisión debe solicitar al fabricante. que habilite probetas por cada uno de los espesores manejados, esto con el fin de comprobar algunas de sus características físicas. En este caso las probetas fueron ensayadas a tensión y una vez aceptado el lote se autoriza a iniciar con el proceso de habilitado.

Todo material que sea utilizado para la fabricación y montaje de la estructura, debe previamente haber sido evaluado y aprobado por la supervisión.

Durante todo el proceso de habilitado se debe cuidar que el corte de placas se realice por medio de guías metálicas.

### **Armado**

Al armar las placas se verifica la geometría tomando como referencias los planos de fabricación. En todos los casos dentro del taller se revisan la dimensión, alineamiento y escuadre (torsión) de cada elemento fabricado. En los casos en que se detectaron ondulaciones se procedió a enderezarlas con la prensa, para rectificarlas en frío.

Antes de iniciar los depósitos de soldadura con electrodos recubiertos, se solicitó la entrega de los certificados de aprobación del personal que ejecutaría los trabajos, estos deberían cumplir con una vigencia menor a los seis meses y además de cumplir con los requerimientos que establece el código de la AWS.

En los casos en donde no se cumplió con este requisito el fabricante contrato los servicios de un laboratorio externo, quien realizó las pruebas de habilidad correspondientes se muestran los resultados de las pruebas realizadas en las figuras 4-14 (resultado satisfactorio) y en la figura que muestra el formato 4-15 el resultado no fue satisfactorio, consecuentemente no se permite la aplicación de depósitos de soldadura a este trabajador.

Continuando con el procedimiento de inspección se marcaron con golpe de letras cada uno de los elementos fabricados, la siguiente información:

Marca de la pieza

Consecutivo

Número de dibujo



Colinas  
de Buen  
S.A. de C.V.

Puerto Viejo de Azueta No. 2, Col. Centro, Mérida, Q.F.  
C. P. 97200 Tel y fax 92-57-36-77



Empresa:	<u>CONSTRUCCIONES CIVILES E INDUSTRIALES DE PUEBLA</u>	Fecha:	<u>MAYO 24 DE 2000</u>
Obra:	<u>AMPLIACIÓN DE NAVE EXEL</u>	Lugar:	<u>TALLER COCPSA</u>
Nombre del soldador:	<u>JAIME LÓPEZ RODRÍGUEZ</u>	Marca:	<u>JLR</u>
Técnica de soldaje:	<u>MANUAL</u>	Código:	<u>SMAW</u>
Rango del examen:	<u>1G, 2G y 3G</u>	Espesor:	<u>13 mm</u>
Material base:	<u>ASTM A-36</u>	Elemento:	<u>PLACA</u>
	<u>MATERIAL BASE</u>		<u>DISEÑO DE LA JUNTA</u>
Tipo de acero:	<u>ASTM A-36</u>	Bisel:	<u>30°</u>
Dimensiones:	<u>10 x 20 cm</u>	En:	<u>DOBLE "V"</u>
Espesor o diámetro:	<u>1/2"</u>	Hombro:	<u>3 mm</u>
Respada de la junta:	<u>NO APLICA</u>	Raíz:	<u>3 mm</u>
Tratamiento térmico:	<u>NO APLICA</u>		
Composición del gas:	<u>NO APLICA</u>		
	<u>MATERIAL DE APORTACIÓN</u>		
Electrodo:	<u>E7018</u>	Marca:	<u>LISCOWINFRRA</u>
		Diámetro:	<u>1/8"</u>
		Horneada:	<u>SI</u>

	<u>FUENTE DE PODER</u>		<u>ARCO REGIDO POR</u>
Máquina soldadora:	<u>RECTIFICADOR</u>	Ampios:	<u>300</u>
Marca:	<u>ISSA</u>	Voltios:	<u>80</u>
Capacidad:	<u>250</u>	Polaridad:	<u>C D</u>

	<u>ENSAYE REALIZADO</u>					
Doñaz:	Libre:	<u>---</u>	Rayos X:	<u>SI</u>	Tensión a ruptura:	
	Gelada:	<u>---</u>	Rayos Gamma:	<u>---</u>	Resistencia:	<u>---</u> Kg/cm <sup>2</sup>

**DESCRIPCIÓN DE PROBETAS**

1 SE FUNDIÓ CON ELECTRODOS DE LA SERIE E-7018. RELLENO Y TERMINACIÓN

2 \_\_\_\_\_

**CERTIFICAMOS QUE LOS CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO SON LOS QUE EL CÓDIGO CORRESPONDIENTE ESTABLECE, POR CONSIGUIENTE LA EVALUACIÓN EMPLEADA EN ESTE DOCUMENTO ES OBJETIVA**

**CONFORME A LOS RESULTADOS OBTENIDOS, SE ESTABLECE QUE EL SR:**

**[REDACTED]**

Observaciones: En la placa radiográfica no se observan defectos.

Inspector:  
  
Ing. Juan Manuel Alva

Por Colinas de Buen S. A. de C. V.  
  
Ing. Pablo Enriquez y Meza

Figura 4-14 Certificado para calificar la habilidad de soldadores, este documento avala que el trabajador tiene la capacidad para iniciar los trabajos de fabricación o montaje



Colinas  
de Buen  
S.A. de C.V.

Paseo Vía de Madrid No. 2 Col. Roma, Méx. D.F.  
C.P. 06700 Tel y fax: 50 07 70-77

**CERTIFICADO DE CALIDAD**  
**RESULTADO DEL EXAMEN**

Empresa:	CONSTRUCCIONES CIVILES E INDUSTRIALES DE PUEBLA	Fecha:	MAYO 24 DE 2000
Obra:	AMPLIACIÓN DE NAVE EXEL	Lugar:	TALLER COCHISA
Nombre del soldador:	ANTONIO GONZAGA GARCÍA	Marca:	AGG
Técnica de soldaje:	MANUAL	Código:	SMAW
Rango del examen:	1G, 2G y 3G	Espesor:	13 mm
Material base:	ASTM A-36	Elemento:	PLACA

<b>MATERIAL BASE</b>		<b>DISEÑO DE LA JUNTA</b>	
Tipo de acero:	ASTM A-36	Bisel:	30°
Dimensiones:	10 x 20 cm	En:	DOBLE "V"
Espesor o diámetro:	1/2"	Hombro:	3 mm
Respaldo de la junta:	NO APLICA	Raíz:	3 mm
Tratamiento térmico:	NO APLICA		
Composición del gas:	NO APLICA		

<b>MATERIAL DE APORTACIÓN</b>			
Electrodo:	E7018	Marca:	UNCONINFRA
		Diámetro:	1/8"
		Homoceda:	SI

<b>FUENTE DE PODER</b>		<b>ARCO REGIDO POR</b>	
Máquina soldadora:	RECTIFICADOR	Amperios:	300
Marca:	ISSA	Voltios:	80
Capacidad:	250	Polaridad:	C.D.

<b>ENSAYE REALIZADO</b>			
Doblez:	Libre:	Rayos X	Tensión a ruptura
	Guiado:	Rayos Gama	Resistencia
			Kg/cm <sup>2</sup>

**DESCRIPCIÓN DE PROBETAS**

1 SE FOMDIÓ CON ELECTRODOS DE LA SERIE E-7018. RELLENO Y TERMINACIÓN

2 \_\_\_\_\_

CERTIFICAMOS QUE LOS CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO SON LOS QUE EL CÓDIGO CORRESPONDIENTE ESTABLECE, POR CONSIGUIENTE LA EVALUACIÓN EMPLEADA EN ESTE DOCUMENTO ES OBJETIVA

CONFORME A LOS RESULTADOS OBTENIDOS, SE ESTABLECE QUE EL SR  
~~ANTONIO GONZAGA GARCIA NO APROBÓ~~

Observaciones

Inspector

Ing. Juan-Miguel Alva

Por Colinas de Buen S.A. de C.V.

Ing. Pablo Enriquez y Meza

EXELXLE

Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización de C de BSA de CV

Figura 4-15 Documento para la calificación de soldadores en la que se rechaza la 2habilidad del soldador para aplicar depósitos de soldadura

Los electrodos de bajo contenido de hidrógeno se almacenaron en un horno eléctrico para mantenerlos libres de humedad.

Antes de soldar las juntas se solicitó al fabricante efectuar una adecuada limpieza para eliminar el óxido, grasa y toda materia extraña que generara impurezas al proceso de soldadura.

Para verificar la sanidad volumétrica de las juntas soldadas se utilizaron dos técnicas de inspección por medio de pruebas no destructivas radiografía y ultrasonido. Realizando un 40 % aproximadamente, de estos informes se presentan los resultados de la inspección con ultrasonido aplicada en empates de continuidad, cartabones y placas de conexión. Ver figuras 4-16 y 4-17.

Es importante mencionar que el porcentaje de inspección se maneja para complementar la inspección visual que se lleva durante todo el proceso de fabricación.

Los elementos que presentaron deformaciones por el proceso de soldadura, se enderezaron por medios mecánicos hasta quedar dentro de las tolerancias permisibles de flecha lateral, flecha vertical y torsión, solo en un caso se permitió el uso de calor controlado, pero se prohibió la utilización de este procedimiento por carecer del personal capaz de realizarlo.

### **Aceptación y rechazo**

**Aceptación.** Cuando la inspección visual y la efectuada por el laboratorio, además de ya haberse aprobado el material y mano de obra utilizados se han cumplido satisfactoriamente, se debe colocar un sello con el logotipo de la empresa supervisora, con el cual se autoriza su embarque a obra.

**Rechazo.** Si alguno de los puntos anteriores no se han cumplido satisfactoriamente se procede de la siguiente manera:

- Se coloca una etiqueta con la leyenda de material rechazado y/o material detenido según sea la resolución de la inconformidad.

Por lo anterior se da seguimiento para que las reparaciones a que sea sometida la pieza, sean con la calidad adecuada y llevadas a cabo en su totalidad.

Complementados todos los puntos anteriores se procede a elaborar el reporte de liberación para embarcarse hacia la obra, el documento que refleja esta actividad se muestra en la figura 4-17L.





IARI INGENIEROS ASESORES, S.A. DE C.V.

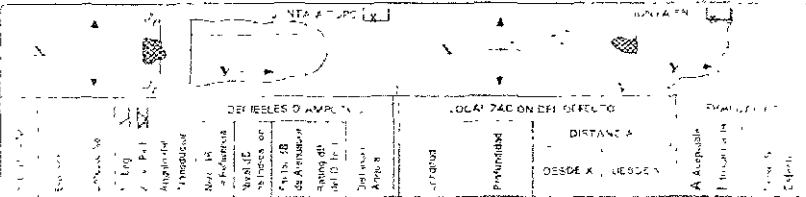
PLANTA GALPÁN No. 53 COL. PRESIDENTE ECHAZAR  
 P.O. BOX 75000 VERDE DE ZARAGOZA, C.P. 412 06-95-75 6A Y 56 56 75 RS



INSPECCION DE SOLDADURA  
 POR ULTRASONIDO

FOLIO No

CLIENTE: OJ-LO (TALLER)  
 EMPRESA: INGENIERIA EXPERIMENTAL, S.A. DE C.V.  
 FECHA: 04-OCTUBRE-2000  
 UBICACION: PUEBLA, PUEBLA.  
 MATERIA: ASTM A-36  
 MODELO: USK-7E  
 SERIE No: 31452  
 TRANSDUCTOR: MAGNAFLUX  
 MODELO: 21971  
 LARGO: 7.50" x 7.50"  
 ANCHO: 2.25"  
 FUENTE DE ENERGIA: LUNA 100 WATT  
 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION: IAR 1001  
 SISTEMA DE INTERPRETACION: AWS 31.1, SECC. 6, PARTE F.



SE LLEVO A CABO LA INSPECCION DE 19 UNIONES SOLDADAS, DE LAS CUALES 2 PRESENTARON FALLAS CUYAS MEDIDAS SE ENCUENTRAN FUERA DE LAS TOLERANCIAS PERMITIDAS POR LA NORMA.

No	SPOT	LOCALIZACION	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	Medida 6	Medida 7	Medida 8	Medida 9	Medida 10	Medida 11	Medida 12	Medida 13	Medida 14	Medida 15	Medida 16	Medida 17	Medida 18	Medida 19	Medida 20	Medida 21	Medida 22	
20	7.50"	1	2	70°	36	42	1	-3	1.6"	3.250"	4.74"	0.00"	1.50"												
21	5.00"	1	2	70°	38	40	1	-1	1.6"	7.250"	4.52"	0.00"	5.50"												

No	SPOT	LOCALIZACION
12		CARTABON COLUMNA VOLADO 1-9
13		CARTABON COLUMNA VOLADO 1-9
14		EMPATE BATEIN COLUMNA VOLADO 1-9
15		CARTABON COLUMNA VOLADO 2-9
16		CARTABON COLUMNA VOLADO 7-9
17		EMPATE BATEIN COLUMNA VOLADO 2-9
18		EMPATE BATEIN COLUMNA VOLADO 2-9
19		CARTABON COLUMNA VOLADO 3-9
20		CARTABON COLUMNA VOLADO 5-9
21		PLACA DE CONEXION TRASE EN VIA
22		PLACA DE CONEXION TRASE EN VIA

APROBADO: ING. ALFREDO MONROY I.  
 APROBADO: ING. SERGIO RADIL RAMIREZ  
 RECIBIDO: [ ]  
 TECNICO: [ ]  
 EMPRESA: [ ]

Figura 4-16 Documento que muestra el resultado de la inspección con ultrasonido, de un total de 19 spots con dos de ellos resultados inaceptables, los cuales deberán repararse y reinspeccionarse. Si el resultado de la inspección fuera mayor, se debe inspeccionar un numero más amplio de soldaduras



IARI

IARI INGENIEROS ASESORES, S.A. DE C.V

GRUPO GAYMAN No 53 CO. PRESIDENTES EJICALES  
C.P. 04470 MEXICO D.F. TELS 56 58 41-49 56 56 75-84 Y 56 56 78 85



SINALP

INSPECCION DE SOLDADURA  
POR ULTRASONIDO

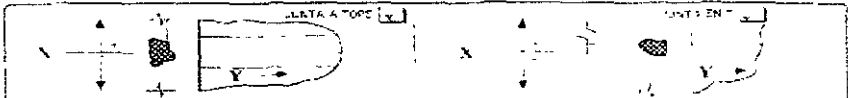
FOLIO No

REPORTE No: 01-00 (TALLER)

HOJA 2 DE 2

CLIENTE <b>INGENIERIA EXPERIMENTAL, S.A. DE C.V.</b>		FECHA <b>04-OCTUBRE-2000</b>	
GRASA <b>EKOL (TALLER COCIPSA)</b>	LUGAR <b>PUEBLA, PUEBLA.</b>	PLANO No <b>S/N</b>	
CONEXION EMPATES DE CONTINUIDAD, CARTABONES Y PLACAS DE CONEXION		PLACA TIPO <input type="checkbox"/>	PIEZA VARIADA <input type="checkbox"/>
MATERIAL <b>ASTM A-36</b>	ESPESOR <b>250" - 500" 625" - 750"</b>		

ACRUMENTO MARCA <b>KRAUTKRAMER</b>	MODELO <b>USK-7c</b>	SERIE No. <b>31452</b>
TRANSDUCTOR MARCA <b>ZACNAFLIX</b>	MODELO <b>219711</b>	TAMANO <b>750" x 750"</b>
ACOPLADOR: <b>GRASA LUBRICANTE</b>	FUENTE DE ENERGIA <b>LINEA 110 VOLTS</b>	BATERIA <input type="checkbox"/>
ESQUEMA DE CALIBRACION <b>II W TIPO II</b>	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION No. <b>LAR TUI 001</b>	SERIE No. <b>6178</b>
	NORMA DE INTERPRETACION <b>AWS D1.1. SECC. 6 PARTE F</b>	



No. SPOT	LOCALIZACION	DESCRIBES O AMPLITUD		LOCALIZACION DEL DEFECTO		EVALUACION	
		DESCR	AMPL	DESCR	AMPL	DESCR	AMPL
23	PLACA DE CONEXION TRANSVIA						
24	PLACA DE CONEXION TRANSVIA						
25	EMPATE RATIN COLUMNA VOLADO 4-9						
26	EMPATE RATIN COLUMNA VOLADO 5-9						
27	PLACA DE CONEXION TRANSVIA						
28	PLACA DE CONEXION TRANSVIA						
29	EMPATE RATIN COLUMNA VOLADO 6-9						
30	EMPATE RATIN COLUMNA VOLADO 7-9						

ELABORADO <b>ING. ALFREDO MONROY L.</b>	APROBADO <b>ING. SERGIO BADILO RAMIREZ</b>	RECIBO
VERIFICADO <b>ASTM-TC-04 II</b>	NOMBRE	NOMBRE
	FECHA	FECHA
	FIRMA	FIRMA

ESTE INFORME NO PUEDE SER USADO COMO BASE PARA LA ASIGNACION DE RESPONSABILIDAD AL (LOS) OBJETO(S)

Figura 4-17 Segunda parte del informe de la inspección con ultrasonido (continuación)

# TALLER COCIPSA

## SOLICITUD DE INSPECCION

CLIENTE: LAGERMEX S. A de C.V.

FECHA: 18 SEPTIEMBRE 2000

PROYECTO: AMPLIACION NAVE EXEL

HOJA: 1 DE 1

AT'N.: SUPERVISION COLINAS DE BUEN

A CONTINUACION SE MENCIONA EL MATERIAL QUE SE ENCUENTRA TERMINADO Y LISTO PARA SU LIBERACION.

CANTIDAD	MARCA	PLANO Y/O DIBUJO	DESCRIPCION	PESO kg
1	CO-1	CO-1	COLUMNA DE 600x600x7540 mm	1,544.752
1	CO-2	CO-2	COLUMNA DE 600x600x12,400 mm	2,100.456

SE ANEXAN REPORTES DIMENSIONALES Nos. 44 y 45

REPORTES DE ULTRASONIDO Nos. 12 y 13

REPORTES DE EXAMINACION VISUAL Nos. 23

RECIBIO

ENTREGO

SUPERVISION DE COLINAS DE BUEN

CONTROL DE CALIDAD

COCIPSA

Formato 4-17L Documento para solicitar la liberación de los elementos fabricados por la supervisión, que presenta el constructor

### **Embarque**

El contratista es el responsable de hacer las maniobras necesarias y seguras, basadas en un procedimiento para asegurar la integridad de los elementos fabricados y liberados.

Los elementos embarcados a obra deben estibarse de tal manera que no se dañen antes de efectuar el montaje de la estructura. Cuidar las maniobras de carga, transporte y descarga auxiliándose de dispositivos auxiliares con los cuales se eviten las deformaciones.

### **Montaje**

El montaje se debe realizar con el equipo apropiado, que ofrezca la seguridad de no someter los elementos metálicos a esfuerzos excesivos. Durante esta etapa también se verifica por medio de una brigada de topografía, el alineamiento y verticalidad de cada uno de los elementos montados haciendo los ajustes necesarios para dejarlos dentro de las tolerancias permisibles.

De acuerdo con las especificaciones para la estructura se verificó que se colocarán tornillos de alta resistencia grado A-325. Como última inspección no destructiva, se comprobó mediante un torquímeter evaluando el apriete dentro de un rango mínimo a máximo, como se indica en los manuales.

## **4.6 CONTROL DE CALIDAD**

Como parte del control de calidad se realizan actividades tendientes a verificar la calidad de los procesos más importantes de fabricación y montaje. Debido a que en estos procesos se involucran los aportes de soldadura en perfiles comerciales o fabricados en taller, además es importante señalar que el grado de acero no se puede determinar visualmente, por lo que la realización de ensayos en estos materiales se vuelve fundamental.

### **Materiales a emplearse en obra**

La contratación del proyecto por parte del cliente en la modalidad “llave en mano”, permitió al fabricante contar con material en existencia, que no estaba destinado exclusivamente para el proyecto, como consecuencia los certificados de calidad no pudieron identificarse dentro del lote de material almacenado. Lo que implicó que se realizara el muestreo del acero bajo las siguientes condiciones:


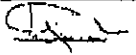
- Comprometer el “stock” de material una vez que ha sido aceptado por la supervisión, a utilizarlo exclusivamente en el proyecto, para ello la supervisión marco y clasificó el material existente.
- De acuerdo con la cantidad de material existente y mediante las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas aún aplicables, se determinó el número de muestras a ensayarse, como sigue:
  - a. Se conoce como “lote” a los productos del mismo peso unitario y tamaño nominal que corresponden a una misma colada o a una orden de embarque, por lo tanto: por cada lote de 30 toneladas o menos se toman 2 muestras de 60 cm cada una, cuando los lotes se suministraron con más de 30 toneladas se toma una muestra por las primeras 30 ton y otra muestra por cada 30 ton adicionales o fracción. Las probetas se pueden cortar con segueta o equipo de oxiacetileno.
  - b. Para los tornillos y tuercas se tomaron 8 muestras por cada 5 toneladas o menos, cada muestra consiste en tornillo y tuerca.

El acero utilizado para este proyecto fue el designado por la ASTM A-36 con un  $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ . En la figura 4-18, se muestran los resultados de los ensayos realizados por el laboratorio, el resultado reportado es aceptable.

#### 4.7 MANEJO DE BITACORA



El manejo de la bitácora debe formar parte de las actividades diarias de la supervisión, debido a que se convierte en una herramienta que puede dar mayor fluidez a la comunicación escrita entre el constructor y la supervisión. Los ejemplos que se presentan estas divididos en tres etapas; una referida con la apertura mostrada en la figura 4-19 que describe los datos de la obra y el personal autorizado para poder asentar cualquier nota de bitácora, se omitieron los datos financieros de la obra, por ser solamente una supervisión técnica. En el documento 4-20 se muestran los requerimientos que la supervisión solicita a la contratista, antes y durante la ejecución de la obra, estas observaciones deben estar aceptadas para evitar posteriores conflictos. También el documento 4-21 presenta el tipo de comunicación que se establece en obra, los requerimientos que la supervisión hace al constructor, y este mismo derecho lo tiene el contratista.

Figura 4-18 Documento que reporta el ensaye a tensión de probetas labradas de acero estructural A-36 en diversos espesores

 <b>Ingeniería Experimental S de CV</b> <small>Para más de Modelos de: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100</small>					ENSAYO DE: PROBETAS LABRADAS DE ACERO ESTRUCTURAL									
REPORTE: 					PROVEEDOR:	OBRA: AMPLIACION DE INSTALACIONES OCUPADAS POR EXEL - PUEBLA								
					REVISION:	ENSAYO: I.D.M.								
					ORDENO:	CALCULO: J.R.M.L.								
					EMPRESA:	FECHA: JULIO 06 DE 2000								
					PRUEBA DE TENSION				Especificaciones					
ENSAJO No.	Espesor Nominal	Espesor efectivo mm	Longitud alargamiento mm	Area ensayo cm <sup>2</sup>	Carga en el L.F. Kg.	Carga MÁX. en Kg	Esf. en el L.F. Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Máximo Kg/cm <sup>2</sup>	Alargam. %	A	B	C	D	E
96	1/4"	6.4	20	3.35	10500	14500	3134	4326	20.6	✓	✓	✓	-	-
97	3/8"	9.7	20	4.07	13700	23000	3159	4748	20.0	✓	✓	✓	-	-
98	1/2"	13.0	20	7.03	21500	32300	3116	4596	18.0	✓	✓	X		
99	5/8"	16.2	20	8.860	29800	40500	3356	4561	23.0	✓	✓	✓		
x														
x														

NOM-B-284 (ACERO ESTRUCTURAL)  
 Requisitos de esfuerzo de tensión  
 A - Límite de fluencia mínima = 2700 Kg/cm<sup>2</sup>  
 B - Resistencia a la tensión = 4100 a 5600 Kg/cm<sup>2</sup>  
 C - Alargamiento mínimo medido en 200 mm = 20%  
 D - Requisitos de doblado

NOTA:  
 La probeta No. 97 hizo fuera de la zona de medición de alargamiento.

 Pass especificación  
 No pasa especificación


NOTA N.º 1

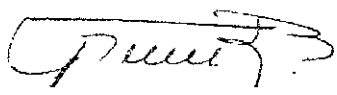
15 - MAYO - 2000


CON ESTA FECHA SE ABRE LA PRESENTE BITÁCORA PARA DAR SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO DENOMINADO EXEL, EN SU ETAPA DE AMPLIACIÓN.

DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA SE UTILIZARÁ PARA LA COMUNICACIÓN ESCRITA ENTRE LA EMPRESA CONSTRUCTORA CON LA SIGUIENTE RAZÓN SOCIAL: CONSTRUCCIONES CIVILES E INDUSTRIALES DE PUEBLA S.A DE C.V. TEL. 22-20-45-97, Y LA COMPAÑÍA DE SUPERVISIÓN COLINAS DE BUEN S.A, DE C.V TEL 22-07-70-77.

POR PARTE DE COLINAS DE BUEN QUEDAN REGISTRADAS LAS SIGUIENTES FIRMAS

  
ING. PABLO



  
ING. JUAN MANUEL MOYA TORRES

POR PARTE DEL CONSTRUCTOR COCIPSA S.A DE C.V

  
ARQ. D. ALEJANDRO SABADOS ROMANG

  
ING. JAIME PEREZ HERNANDEZ

Figura 4-19 Documento que muestra la apertura de la bitácora para la ejecución del proyecto constructivo denominado EXEL, Puebla, Puebla

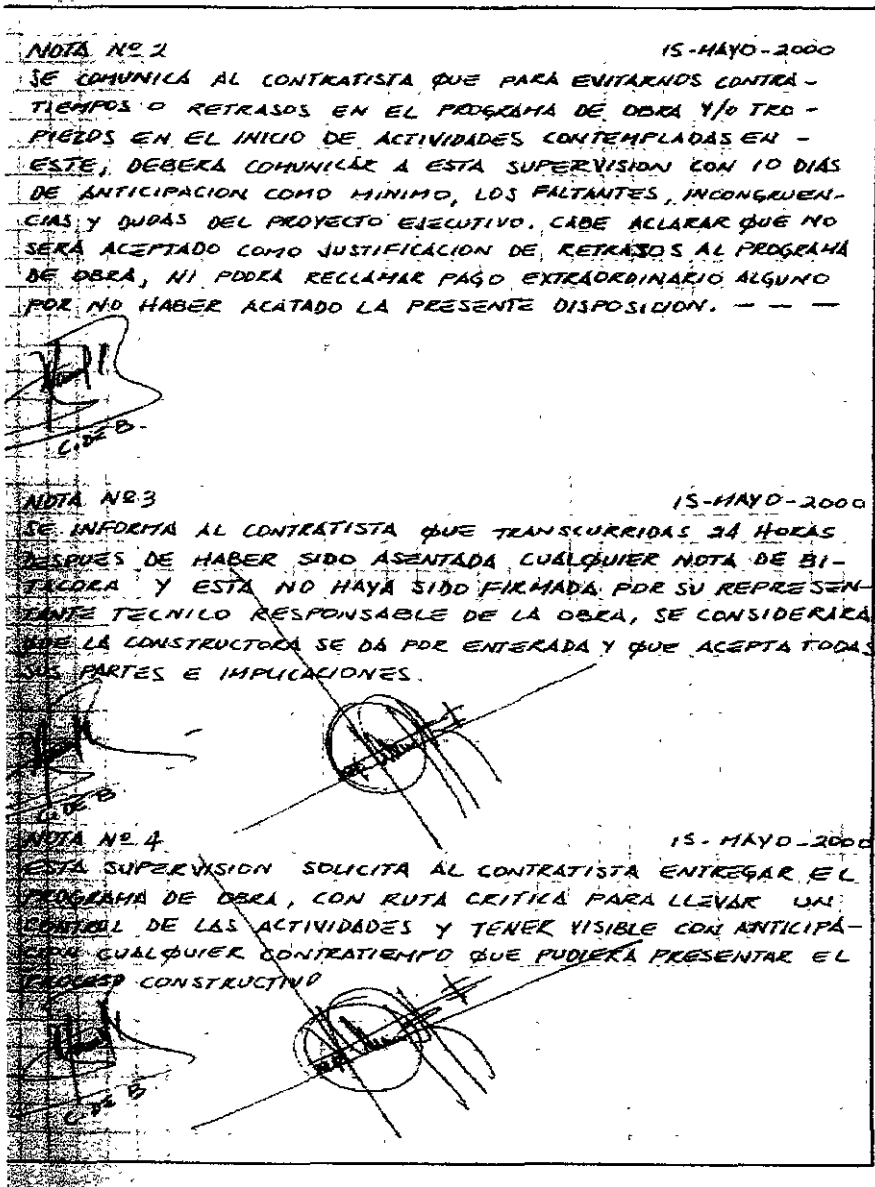


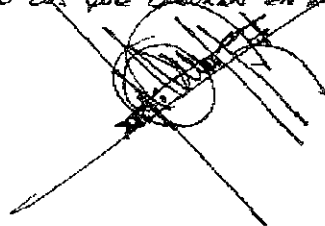
Figura 4-20 Documento en donde se muestran los requerimientos que la supervisión solicita a la contratista, antes y durante la ejecución de la obra, estas observaciones deben estar aceptadas y evitar posteriores conflictos



NOTA N° 16

12/JUNIO/2000

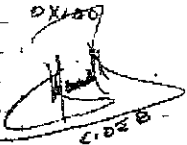
SOLICITAMOS AL CONSTRUCTOR QUE EL MONTAJE DE LA ESTRUCTURA SE REALICE CON EL EQUIPO APROPIADO QUE OFRECE A LA MAYOR SEGURIDAD POSIBLE PARA EL PERSONAL QUE EJECUTA LOS TRABAJOS, ASI COMO LOS QUE LABORAN EN AREAS ADYACENTES.



NOTA N° 17

15/JUNIO/2000

SOLICITAMOS AL CONSTRUCTOR CUBRIR CON PLASTICOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE ESTAN LLEGANDO DEL TALLER FABRICADOS Y LOS DESCARGAN SOBRE LA PLATAFORMA, PARA EVITAR QUE LAS CONSTANTES LLUVIAS DARNEN AL ACERO, PROVOCANDO MANCHAS DE OXIDO



NOTA N° 18

17/JUNIO/2000

EN LA NOTA REALIZADA EN LA OFICINA DE CAMPO DE ESTA OBRA DE PRESENTO A CIA DE RECEPCION PARCIAL DE OBRA SEGUN CONTRATO, PARA FIRMAR DICHA RECEPCION, MISMA QUE NO FUE ACEPTADA DEVIDO A QUE SEGUN COMENTARIO DEL SR. SANDOVAL FACILITA MEMORIAS DE HISTORIA PARA UNION DE OBRAS EXISTENTE Y EN EL PROCESO ENTENDIMOS QUE LA CLASIFICACION TERCERA INDICA QUE LA ENTREGA TANTO NO INCLUYA DETALLES EXTERIORES. PONIENDO EN CONSIDERACION LAS CONDICIONES DE CONTRATO

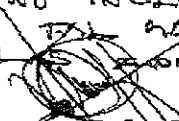


Figura 4-21 Documento en el que se presenta el tipo de comunicación establecida una vez iniciada la obra. Todas las notas escritas o leídas por el cliente, supervisor y/o constructor deben firmarse. Significando que se dan por enterados para solucionar y responder lo solicitado

Para que una bitácora cumpla su función es necesario que las partes que interviene en la obra como pudieran ser: supervisión, constructor, proyectista y sobre todo el cliente, revisen y respondan cada una de las notas que les correspondan.

#### **4.8 REPORTE DE LA SUPERVISION**

Como parte de las obligaciones que la supervisión tiene, esta la de presentar un informe (semanal, quincenal o mensual) de las actividades que se están realizando.

Es importante aclarar que la obra ejemplificada tiene dos características contractuales que dan los lineamientos para el desempeño de la supervisión, una la que se refiere al control técnico exclusivamente, la otra se refiere al carácter de la obra de tipo privado que no se rige por la Ley de Obra Pública, por lo que los alcances y cláusulas del contrato se establecieron entre la empresa constructora COCIPSA y Lagermex como cliente, apoyados en los reglamentos y leyes que rigen localmente.

El contenido del informe solicitado por el cliente al inicio de la obra, determinó la pauta a seguir para la elaboración de los informes posteriores. A continuación se presenta un extracto de un informe presentado al cliente, no se consideró sustancial la inclusión de todo el contenido del informe, ya que esto haría sumamente extenso este capítulo. Además que la presentación del informe está en función de los lineamientos internos que rigen a cada empresa supervisora.

La temática de este informe se refiere principalmente a los procesos de fabricación y montaje de la estructura metálica, pero no hay que perder de vista que aún siendo la estructura metálica el principal elemento de construcción, un supervisor debe tener conocimientos y/o asesorías en otras áreas involucradas en la obra (terracerías, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, acabados, etc).

El empleo de nuevas tecnologías se concreta a la elaboración de los informes, desaprovechando el alto potencial que otorga la nueva carretera informática, esta obra pudo ser usada para coordinar a los diversos actores así como en el envío y recepción de la información correspondiente.



RA: AMPLIACION DE NAVE EXEL

INFORME No. \_\_\_\_\_

TRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

RIODO: \_\_\_\_\_ LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

**SUPERVISION – TECNICA**

**PERIODO:** \_\_\_\_\_

***PARQUE INDUSTRIAL BRALEMEX***

OBRA: **AMPLIACION DE NAVE EXEL.**CONTRATISTA: **COCIPSA, S.A. DE C.V.**

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: **PUEBLA, PUE.**

INFORME No. \_\_\_\_\_

## INDICE

- 1.- **LOCALIZACION DE LA OBRA**
- 2.- **SINTESIS DEL PERIODO REPORTADO**
- 3.- **AVANCE GRAFICO**
- 4.- **PROGRAMA DE OBRA**
- 5.- **FUERZA DE TRABAJO Y EQUIPO**
- 6.- **PROBLEMAS Y SOLUCIONES**
- 7.- **REPORTE FOTOGRAFICO**

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

***I.- LOCALIZACION DE LA OBRA***

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL

INFORME No. \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.



PLANTA V W

CAMINO A CUAUTLANCINGO

LAGERMEX

AMPLIACION DE LA NAVE EXISTENTE

NAVE EXISTENTE COL.



AUTOPISTA MEXICO - PUEBLA km 117



OBJETO: AMPLIACION DE NAVE EXEL

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE

INFORME No. \_\_\_\_\_

## ***2.- SINTESIS DEL PERIODO REPORTADO***

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

**CONCEPTO****DESCRIPCION****TERRACERIA**

EL AVANCE EN ESTE PERIODO FUE MINIMO YA QUE EL MAL TIEMPO Y LAS LLUVIAS EXCESIVAS AFECTARON CONSIDERABLEMENTE LAS TERRACERIAS, ESPECIALMENTE LAS EXTERIORES.

**EXCAVACION**

SE CONTINUARON LOS TRABAJOS DE EXCAVACION CORRESPONDIENTES AL AREA DE CASETA DE VIGILANCIA Y CISTERNA.

**COLADO DE PLANTILLAS**

SE CONTINUO CON EL PROCESO DE COLADO DE PLANTILLAS EN LA ZONA DETERMINADA PARA LA CASETA DE VIGILANCIA.

**ACERO DE REFUERZO**

CONTINUO EL PROCESO DE HABILITACION ARMADO DE ACERO DE REFUERZO CORRESPONDIENTE A LOS SIGUIENTES ELEMENTOS:  
 ZAPATA Y CONTRATRABE DE CASETA DE VIGILANCIA.  
 MURO DE CONTENCION MC-1.

**COLADOS**

LOS ELEMENTOS COLADOS DURANTE ESTE PERIODO SON:  
 ZAPATA Y CONTRATRABE DE LA CASETA DE VIGILANCIA.  
 DADOS Z-3  
 MURO DE CONTENCION MC-1  
 FIRMES EN AREA DE BAÑOS Y LOCKERS.



OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL

 CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

 PERIODO: \_\_\_\_\_ LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

**COMPACTACION DE CEPAS**

POR EL EXCESO DE HUMEDAD PROVOCADO POR LAS CONSTANTES LLUVIAS SE REALIZARON TRABAJOS DE LIMPIEZA EN LAS ZONAS A RELLENAR, CONFORMAR Y COMPACTAR EN ZAPATAS DE AREA DE OFICINAS Y MURO DE CONTENCIÓN MC-1

**SISTEMA DE TIERRAS**

SE CONTINUO CON LA INSTALACION DE TIERRAS FISICAS DE ACUERDO AL PLANO SIST-1

**MURO DE FACHADA**

SE CONTINUO CON EL TRABAJO DE DESPLANTE DE MURO DE BLOCK DE CEMENTO-ARENA EN LA FACHADA.

NORTE

SUR

ORIENTE

**PLOMERIA**

SE COMENZO LA INSTALACION DE PLOMERIA EN ZONA DE BAÑOS Y LOCKERS.

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL

INFORME No. \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.**ESTRUCTURA METALICA**

DURANTE ESTE PERIODO. EL AVANCO REGISTRADO EN FABRICACION Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA METALICA FUE REPORTADO EN LOS GRAFICOS.

**DETALLADO, LIMPIEZA Y PINTURA**

LOS ELEMENTOS A LOS CUALES SE LE REALIZO EL DETALLADO Y LIMPIEZA POR MEDIOS MECANICOS, ASÍ COMO, LA APLICACION DEL PRIMER ANTICORROSIVO SON LOS QUE CORRESPONDEN AL MARCO DEL EJE 12.

**MONTAJE**

DURANTE ESTE PERIODO SE MONTARON LOS ELEMENTOS DEL MARCO DEL EJE 11 PRESENTANDOSE UN ATRASO CONSIDERABLE CON LOS ELEMENTOS DEL MARCO DEL EJE 12

---

En esta parte del informe se describen cada una de las actividades que se realizaron en el periodo reportado, la objetividad en la información manejada permite que el informe sea útil al destinatario

---



COCIPSA  
de Puebla  
S.A. de C.V.

OBJETO: AMPLIACION DE NAVE EXEL

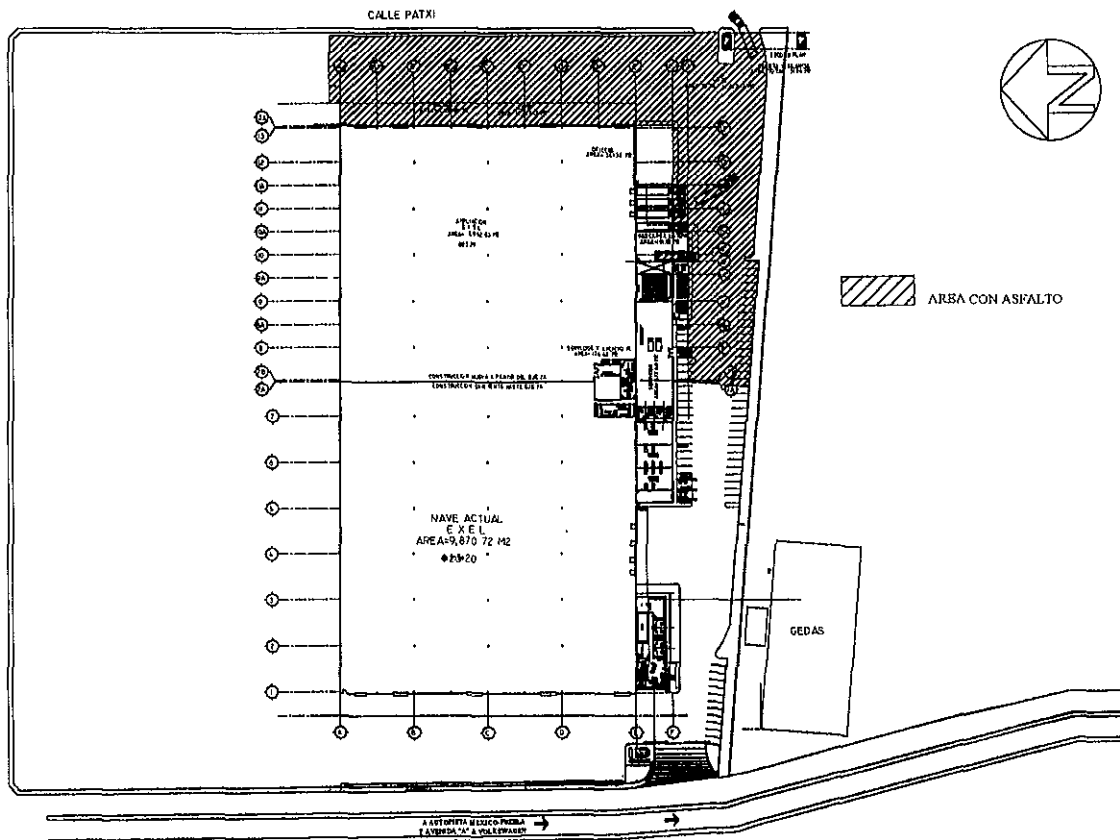
CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

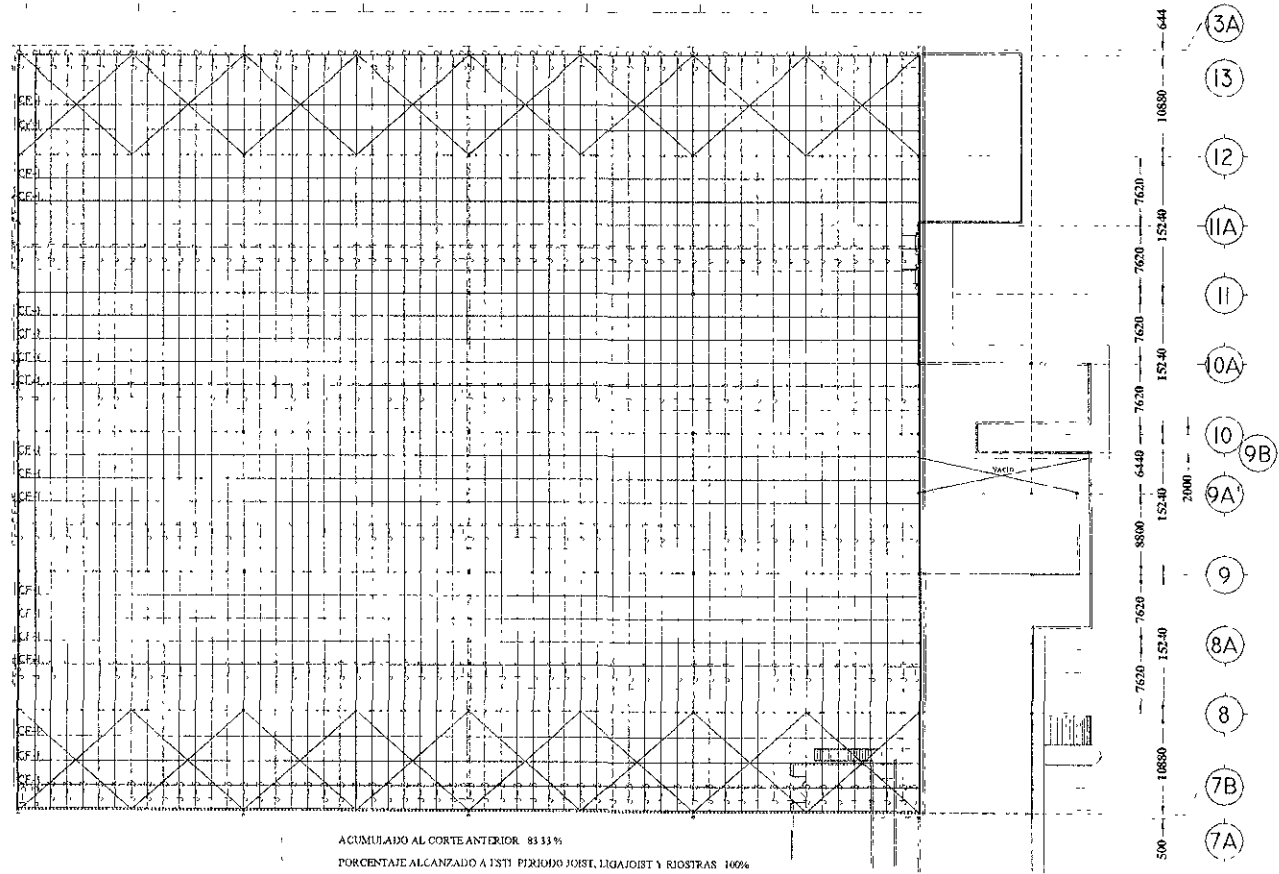
PERIODO: \_\_\_\_\_ LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

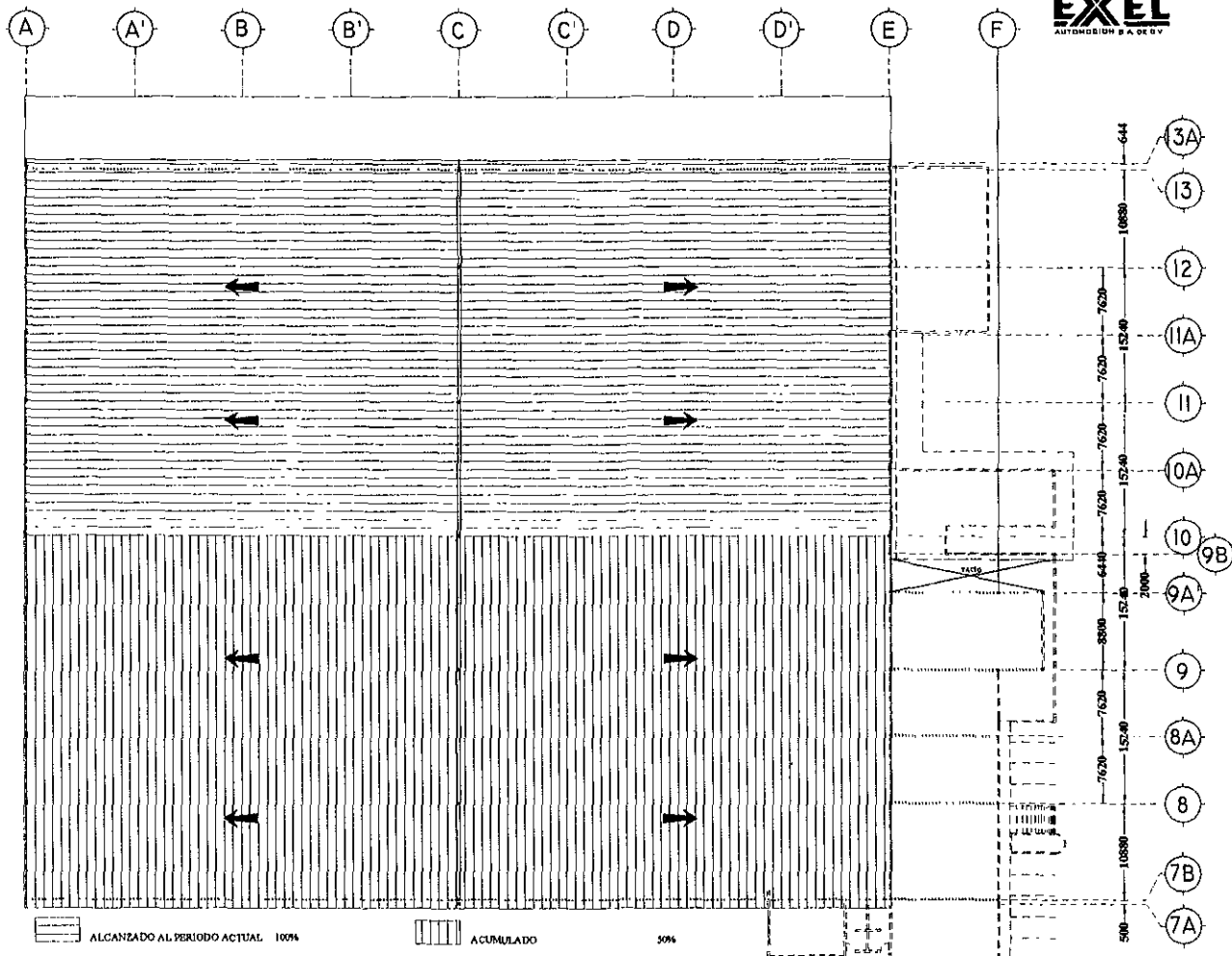
### 3.- AVANCE GRAFICO

# AMPLIACION NAVE EXEL



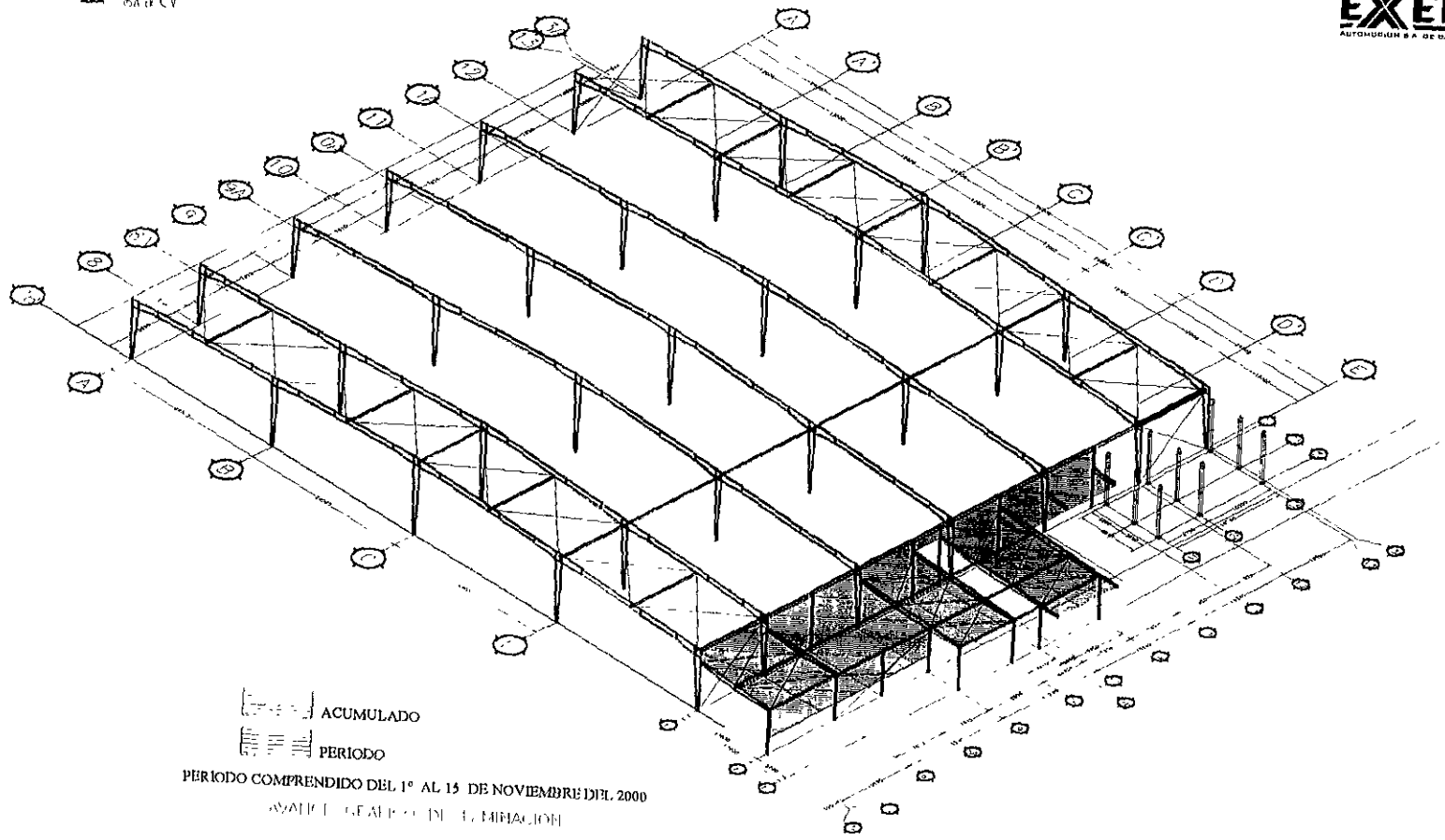


AVANCE GRAFICO DE COLOCACION DE ELEMENTOS DE CUBIERTA  
199



AVANCE GRAFICO DE LAMINACION DE CUBIERTA









OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL

INFORME No. \_\_\_\_\_

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

#### *4.- PROGRAMA DE OBRA*





OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

## ***5.- FUERZA DE TRABAJO Y EQUIPO***

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

**RELACION DE PERSONAL Y EQUIPO DE LA CONTRATISTA; COCIPSA, S. A. DE C. V. PARA  
LOS TRABAJOS DE AMPLIACION DE LA NAVE EXEL, EN EL PERIODO COMPRENDIDO  
DEL 16 AL 31 DE JULIO DE 2000**

CATEGORIA	CANTIDAD
SUPERINTENDENTE	1
RESIDENTE	1
JEFE DE MAQUINARIA	1
ALMACENISTA	1
OFICIALES	16
AYUDANTES	25
LAMINADORES CUBIERTA	14
LAMINADORES FACHADA	8
PINTORES	7
CUADRILLA DE TOPOGRAFIA	1

**TALLER DE FABRICACION**

CATEGORIA	CANTIDAD
COORDINADOR DE TALLER	1
SUPERVISION DE CONTROL DE CALIDAD	1
SOLDADORES CALIFICADOS	6
CORTADORES	3
ARMADORES	10
AYUDANTES	6

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

**EQUIPO EN OBRA****CANTIDAD**

RODILLO VIBROCOMPACTADOR	1
MOTOCONFORMADORA	1
RETROEXCAVADORA	2
CAMION DE VOLTEO	1
CAMIONETA PIC-UP	1
REVOLVEDORA 1 SACO	1
VIBRADOR PARA CONCRETO	2
PIPA DE AGUA	1
GRUA	1

**EQUIPO EN TALLER****CANTIDAD**

ARCO SUMERGIDO	2
MAQUINAS DE SOLDAR	7
EQUIPO DE CORTE GUIAS MECANICAS	2
EQUIPO DE OXICORTE	3



OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

## **6.-PROBLEMAS Y SOLUCIONES**

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXELCONTRATISTA: COCIPIA, S.A. DE C.V.PERIODO: \_\_\_\_\_ LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

## PROBLEMAS

1.- LA COMPACTACION DE LA PLATAFORMA SE ESTA REALIZANDO POR ENTRE EJES CON UN AVANCE LENTO.

2.- DESPLOMES DE COLUMNA.

3.- TORNILLOS COLOCADOS PARA SUJETAR LOS CLEVIS AL ELEMENTO DE CONEXION DE LOS PUNTALES PT-1A.

## SOLUCIONES

DEBIDO A QUE LAS LLUVIAS SIGUEN DAÑANDO LA ULTIMA CAPA DEL TERRAPLEN, SE EJECUTAN LOS TRABAJOS NECESARIOS PARA DEJAR EL AREA DE TIERRA TRATADA CON LA BASE COMPACTADA

DESPUES DE VERIFICAR CONJUNTAMENTE CON LA BRIGADA DE TOPOGRAFIA DEL CONSTRUCTOR, SE CORRIGIERON LAS DEFORMACIONES DETECTADAS EN LA VERTICALIDAD DE LAS COLUMNAS DE LOS EJES 7B, 8, 9 Y 10, HACIENDO LOS AJUSTES NECESARIOS PARA DEJARLAS DENTRO DE TOLERANCIA.

SE INDICO AL CONSTRUCTOR QUE LOS TORNILLOS COLOCADOS DEBEN CUMPLIR CON LA LONGITUD DE AGARRE NECESARIA, DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES PARA CONEXIONES ESTRUCTURALES



OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

4.- APLICACION DESORDENADA DE LA PINTURA DE ACABADO A LA ESTRUCTURA METALICA.

SOLICITAMOS AL CONSTRUCTOR QUE APLICACION DE PINTURA DE ACABADO DEBE HACERLA EN FORMA ORDENADA CON EL PERSONAL SUFICIENTE PARA ATENDER SIMULTANEAMENTE VARIAS FRENTERES, DEJANDO LOS ENTRE EJES Y FACHADAS TERMINADAS AL 100 %.

Es importante que en esta sección se manifiesten todos los problemas con mayor relevancia que puedan ocasionar una calidad de trabajos no deseables o retrasos en la obra





OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

## ***7.- REPORTE FOTOGRAFICO***

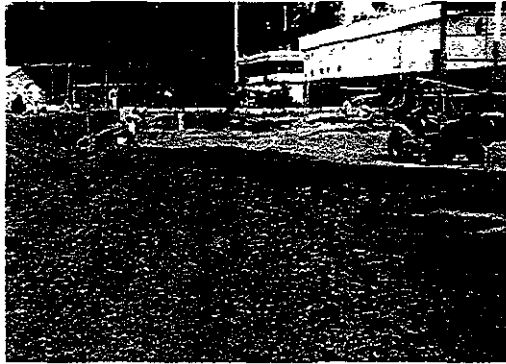
OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_



**FOTO 1** PLATAFORMA CON BASE COMPACTA, CONFORMADA PARA ALOJAR LA SEGUNDA ETAPA (AMPLIACION DE LA NAVE INDUSTRIAL).



**FOTO 2** HABILITADO DE ESTRUCTURA METALICA EN EL TALLER DE LA CONSTRUCTORA COCIPSA. LA FOTOGRAFIA MUESTRA TAMBIEN LAS PROTECCIONES SOLICITADAS POR LA SUPERVISION CON EL FIN DE NO EXPONER LAS AREAS EN PROCESO DE SOLDADURA Y SE VIERAN AFECTADAS POR LOS CAMBIOS CLIMATICOS.

PARA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

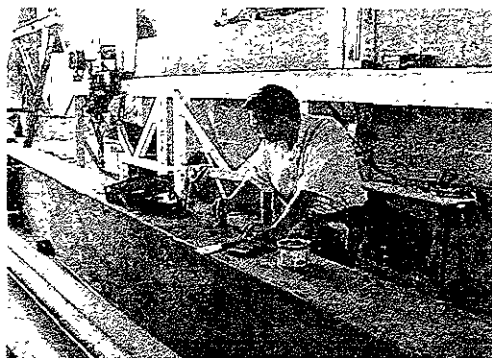
CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_ LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_



**FOTO 3** INSPECCION VISUAL REALIZADA SOBRE LOS ELEMENTOS EN PROCESO DE FABRICACION. EN ESTA SE VERIFICA QUE CADA UNA DE LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS ESTABLECIDAS POR PROYECTO SE ENCUENTREN DENTRO DE LAS TOLERANCIAS ADMISIBLES POR LAS NORMAS.



**FOTO 4** PARTE DEL CONTROL DE CALIDAD SOLICITADO A LA CONSTRUCTORA CONSISTIO EN ESTABLECER UN PROGRAMA DE INSPECCIONES NO DESTRUCTIVAS MEDIANTE ULTRASONIDO, PARA COMPROBAR QUE LOS DEPOSITOS DE SOLDADURA (PENETRACION COMPLETA) CUMPLEN CON LA SANIDAD REQUERIDA POR LAS NORMAS

**OBRA:** AMPLIACION DE NAVE EXEL.
**CONTRATISTA:** COCIPSA, S.A. DE C.V.
**PERIODO:** \_\_\_\_\_

**LUGAR:** PUEBLA, PUE.
**INFORME No.** \_\_\_\_\_


**FOTO 5** LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD PARA SOLDADURAS ESTUVIERON A DISPOSICION DE LA SUPERVISION Y DE LA CONSTRUCTORA. LAS INSPECCIONES ALEATORIAS REALIZADAS POR LA SUPERVISION SON PARA CORROBORAR LOS RESULTADOS REPORTADOS POR EL CONSTRUCTOR. EL MANEJO Y CONTROL DE LOS LABORATORIOS SE ESTABLECE EN LOS ALCANCES CONTRACTUALES PREVIO AL INICIO DEL PROCESO DE FABRICACION. LA FOTOGRAFIA MUESTRA LA APLICACION DE LA TECNICA DE INSPECCION COMO LIQUIDOS PENETRANTES.



**FOTO 6** REALIZADA LA INSPECCION DIMENSIONAL Y COMPROBADA LA SANIDAD DE LOS SOLDADURAS SE PROCEDE AUTORIZAR AL FABRICANTE LA CONTINUACION DEL PROCESO DE TALLER INMEDIATO, LIMPIEZA Y RETIRO DE CUALQUIER MATERIAL AJENO A LA ESTRUCTURA.

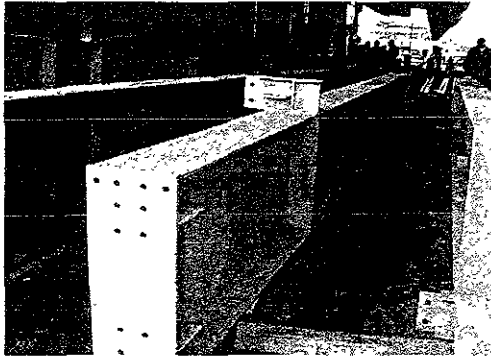
OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

 CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

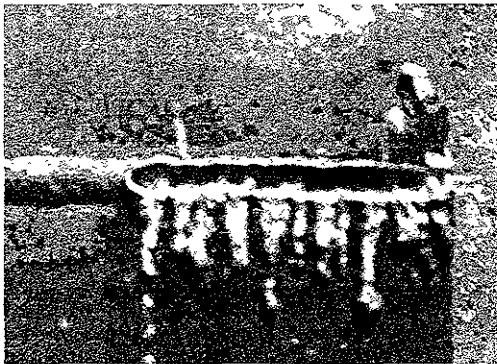
PERIODO: \_\_\_\_\_

 LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_



**FOTO 7** LA ACTIVIDAD POSTERIOR DE LA LIMPIEZA Y RETIRO DE ELEMENTOS AJENOS, SE REFIERE A LA APLICACION DE PRIMARIO ANTICORROSIVO Y SI SE ENCUENTRA ESPECIFICADO CONTRACTUALMENTE SE APLICARA LA PINTURA DE ACABADO, DEBE VIGILARSE QUE DURANTE EL TRANSPORTE Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS METALICOS NO SE DAÑE Y SI ES NECESARIO SE REPARE.



**FOTO 8** CUANDO EL RESULTADO DE LA INSPECCION NO DESTRUCTIVA REPORTA INDICACIONES RELEVANTES FUERA DE NORMA (RECHAZOS) EN LOS DEPOSITOS DE SOLDADURA, DEBERA PROCEDERSE A REALIZAR LA REPARACIONES PERTINENTES CON SU REINSPECCION CORRESPONDIENTE.

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

 CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

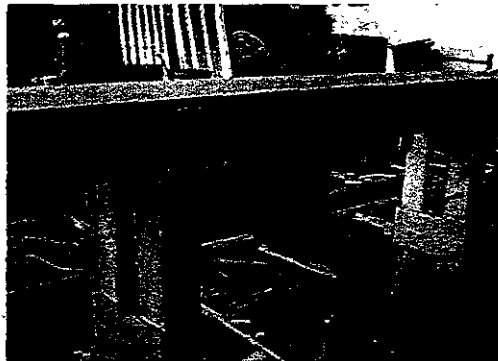
PERIODO: \_\_\_\_\_

 LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_



**FOTO 9** LA INSPECCION DIMENSIONAL (APLICACION DE CRITERIOS REFERIDOS A LAS TOLERANCIAS QUE RIGEN EL PROCESO) INDICARA QUE ELEMENTO FABRICADO ES ACEPTADO, REAPRADO O EN SU DEFECTO SUSTITUIDO. SE PERMITE LA APLICACION DE CALOR SIEMPRE Y CUANDO EL TALLER CUENTE CON UN PROCEDIMIENTO DOCUMENTADO Y LA EJECUCION SEA SUPERVISADA. EN ESTE CASO LA APLICACION DEL METODO FUE DEFICIENTE Y NO AUTORIZADO.



**FOTO 10** ES IMPORTANTE QUE EL CONTROL DE CALIDAD APLICADO POR LA SUPERVISION SE CUIDADOSO DE LOS DETALLES FINOS DE FABRICACION, AUN MAS CONSIDERANDO QUE LA ESTRUCTURA SERA APARENTE.

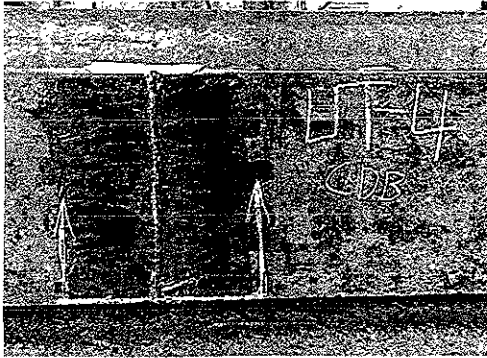
OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO:

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No.



**FOTO 11** APLICACION DE INSPECCION NO DESTRUCTIVA MEDIANTE ULTRASONIDO, ESTA PRUEBA EN PARTICULAR SE DISTINGUE FACILMENTE POR DEJAR EN EL AREA INSPECCIONADA UN RASTRO FISICO OCASIONADO POR I.F BARRIDO QUE EL TRASDUCTOR DEJA EN EL ELEMENTO. LA FOTOGRAFIA MUESTRA TAMBIEN EL NUMERO DE SPOT Y LA DIRECCION DE INSPECCION.



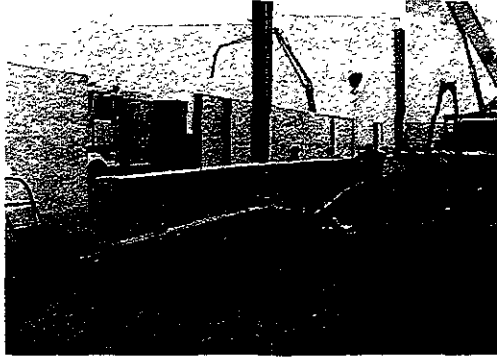
**FOTO 12** UN INADECUADO MANEJO EN EL TRANSPORTE Y DESCARGA DE LOS ELEMENTOS FABRICADOS OCASIONA FRECUENTEMENTE DAÑOS LOS CUALES DEBEN SER REPARADOS Y EN UN CASO EXTREMO SUSTITUIDOS.

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

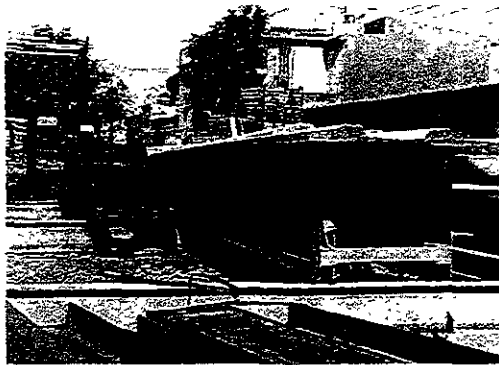
PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_



**FOTO 13** ACTIVIDADES PREVIAS AL MONTAJE DE LAS TRABES QUE CONFORMAN LOS MARCOS RIFIGIDOS. LA FOTOGRAFIA MUESTRA EL ALINEAMIENTO Y EMPATE DE JUNTAS ATORNILLADAS DE LA PIEZA.



**FOTO 14** PARA EVITAR TRABAJOS ADICIONALES POR DESCUIDO Y UN MAL MANEJO DE LOS ELEMENTOS FABRICADOS, ES IMPORTANTE DESTINAR UN AREA ESPECIFICA PAA EL ALMACENAMIENTO EN OBRA QUE CUENTE CON LAS PROTECCIONES ADECUADAS PARA RESGUARDO DEL MATERIAL.



OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_

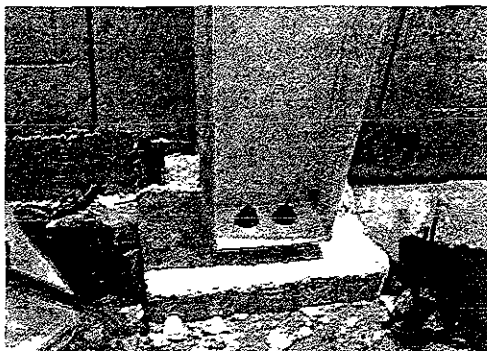


FOTO 15 CONCLUIDA LA CONSTRUCCION DE LOS DADOS DE CIMENTACION SE PROCEDE A REALIZAR EL MONTAJE DE LAS COLUMNAS, CONSIDERANDO TRES ASPECTOS IMPORTANTES: NIVELACION, PLOMEO Y RELLENO CON UN ESTABILIZADOR DE VOLUMEN DEPOSITADO EN EL ESPACIO EXISTENTE ENTRE LA PLACA BASE Y EL DADO.



FOTO 16 LA FOTOGRAFIA MUESTRA EL MONTAJE DE TRABES PRINCIPALES QUE CONFORMAN LOS MARCOS RIGIDOS DE LA NAVE INDUSTRIAL EN CONSTRUCCION.

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.

 CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

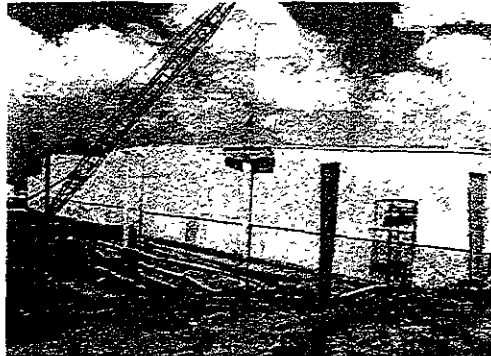
PERIODO: \_\_\_\_\_

 LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_



**FOTO 17** MONTAJE DE COLUMNAS METALICAS DEBE CONTAR CON UN REPORTE DE PROMEO Y NIVELACION, DE ESTA MANERA LA SUPERVISON PUEDE LIBERAR EL TRABAJO EJECUTADO.



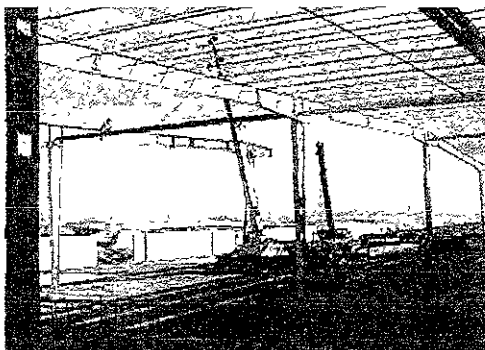
**FOTO 18** MONTAJE DE TRABES PRINCIPALES, EN LA FOTOGRAFIA SE MUESTRA COMO SE PREPARA LA ZONA DE APOYO EN LA PARTE SUPERIOR DE LA COLUMNA. ESTE PROCESO SE REPITE EN EL SIGUIENTE EJE DE COLUMNA PARA FINALMENTE MONTAR LAS PARTE CENTRAL DE LA TRABE.

OBRA: AMPLIACION DE NAVE EXEL.CONTRATISTA: COCIPSA, S.A. DE C.V.

PERIODO: \_\_\_\_\_

LUGAR: PUEBLA, PUE.

INFORME No. \_\_\_\_\_



**FOTO 19** FORMADOS LOS MARCOS PRINCIPALES SE PROCEDE A MONTAR LAS TRABES SECUNDARIAS O LARGUEROS QUE SOPORTARAN EL SISTEMA DE CUBIERTA DE LA NAVE.



**FOTO 20** EL SISTEMA DE CUBIERTA Y FACHADAS SE FABRICO CON LAMINA ENGARGOLADA EN SITIO. LA FOTOGRAFIA MUESTRA PARTE DE LA FACHADA DE LA NAVE.

### **Recepción y entrega de obra**

Debido al avance de obra que hasta el momento tiene la obra, los siguientes puntos se plantean como actividades que posteriormente se ejecutarán.

- a) Asistir a los recorridos de recepción de obra a la Contratista y de entrega al usuario de la misma, estos recorridos son programados por la Residencia además de efectuar las revisiones necesarias para las recepciones parciales y para constatar la terminación de la totalidad de los trabajos que fueron encomendados a la Contratista, incluyendo las pruebas y funcionamiento de las instalaciones.
- b) Realizar conjuntamente con la Residencia y la Contratista un levantamiento de los detalles faltantes o pendientes de corregir, indicando su localización, número y características exigiendo a la Contratista un programa para terminarlos, al que se le dará un seguimiento diario mediante conteo regresivo, verificando el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos.
- c) En la fecha que señale Lagermex, participar en el levantamiento de las actas de recepción parciales o final, cuyo contenido seguirá los lineamientos que para tal caso señala el Reglamento de la Ley de Obras Públicas

### **Para la terminación de los servicios de la Supervisión**

- a) Entregar a Lagermex para su custodia, la documentación que respalde su actuación: Bitácoras de Obra, informe de terminación de obra, finiquitos, actas de recepción-entrega, inventario de instalaciones y balance de suministros hechos por Lagermex, manuales e instructivos si los hubiere.
- b) Entregar a Lagermex los levantamientos referentes a la actualización del proyecto, adecuaciones, modificaciones y cancelaciones.
- c) Integrar la memoria de la obra.
- d) Cuando haya recibido a satisfacción de Lagermex la documentación mencionada, esta procederá a elaborar el acta de finiquito de los servicios de la Supervisión.

**COMENTARIOS  
Y  
CONCLUSIONES**

## COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

La implantación de una metodología para supervisar obras con características especiales como son las estructuras metálicas tendría una mayor repercusión en el control de calidad, la metódica revisión de los puntos críticos como es la aplicación de los depósitos de soldadura, la correcta utilización de diversos grados de acero indicados por el proyectista, la ubicación de los elementos metálicos en su posición correcta dentro de la estructura final. Si estos puntos, entre otros, son descuidados por la supervisión puede causar fallas a la estructura durante o posterior a la ejecución de obra, generando un impacto tanto económico como en la seguridad de las personas que construyen o usuarios del inmueble, cosas no deseables cuando las pérdidas son incuantificables.

La idea en la que gira esta metodología es dar un orden y forma a las actividades realizadas por la supervisión y de acuerdo a las etapas que se van presentando, aunque como toda actividad humana estas actividades pueden cambiarse en forma y tiempo, pero es labor de la supervisión encaminar todos los esfuerzos para proporcionar el orden y la forma de aplicación de la metodología.

La metodología propone conjuntar actividades que actualmente se ejecutan de manera dispersa, y en algunos casos no son consideradas, arrojando resultados negativos en la calidad obtenida. Su posible aplicación redundará en beneficios económicos, estructurales y para aprovechar las grandes ventajas que ofrece la utilización de acero estructural en la ejecución de los proyectos.

El equipo y/o herramientas utilizadas en la metodología propuesta para la supervisión, son de utilización actual (equipos de exploración, equipos de medición y calibración, líquidos penetrantes, laboratorios de ensaye, insumos, etc.), son de fácil adquisición en el mercado nacional, aunque por desgracia no son fabricados en México, la mayoría son de origen europeo y americano principalmente.

Dentro de la metodología se planteo la necesidad de incorporar en estas actividades los avances tecnológicos más recientes para el envío y recepción de información escrita,

utilizando principalmente los equipos computacionales y pensando sobre todo en las distancias que se manejan entre una residencia de obra y las oficinas centrales, tanto de la contratista como del cliente.

El envío que se hace actualmente de información como son: informes, planos, boletines, notas de bitácora, oficios, etc., en distancias considerables se realiza mediante el correo postal y mediante el fax tradicional. El empleo del correo electrónico, la posibilidad de crear páginas web para una obra en especial, puede significar una mayor eficiencia en el manejo de la información. El equipo de cómputo es lo que actualmente se usa en las tareas de supervisión, pero desaprovechándose una gran cantidad de posibilidades por la versatilidad de estas herramientas.

Por otra parte los procesos en los que se involucra la estructura metálica merecen ser comentadas por ser en estas actividades en las que se debe aplicar la metodología propuesta.

#### **Para el proceso de fabricación**

La fabricación de estructuras metálicas, se debe realizar en talleres especializados que cuenten con instalaciones y equipos adecuados y una cuidadosa selección de personal (obreros calificados, trazadores, soldadores, montadores, etc.).

En estas instalaciones, la estructura de acero nace y sale absolutamente terminada y prefabricada, de acuerdo con procesos industrializados modernos y con un programa de control de calidad en cada una de las operaciones que se realizan. La fabricación debe apegarse estrictamente al cumplimiento de las normas internacionales que la rigen. Los trabajos que se realizan en el taller para la fabricación de estructuras metálicas: enderezado, trazo, corte, habilitado, armado, soldadura, pintura, almacén y embarque, deben vigilarse constantemente, para asegurar la calidad de la estructura.

Los planos de fabricación, son documentos muy importantes ya que garantizan el éxito de una obra, y a partir de éstos, se puede tener una definición exacta de las características de la estructura antes de fabricarla, con una aproximación del 2%, si la ingeniería es confiable. Estos documentos, contienen la información definitiva en dimensiones para que la

estructura responda a las necesidades del análisis, diseño y geometría fijada por el proyectista. Lo anterior, requiere que en los planos de ingeniería básica estén debidamente indicados la estructuración, las escuadrías de los elementos estructurales, los perfiles que forman los miembros, el criterio de juntas, el tipo de acero y elementos de unión utilizados, los tamaños y tipos de las soldaduras, las características de los elementos de unión, para formar un conjunto de piezas y obtener como resultado una estructura absolutamente prefabricada.

Los planos bien elaborados deben tener cuatro características fundamentales: claridad, precisión, rapidez y economía. Para lograr lo anterior, es necesario establecer un sistema de dibujo, tomando como base el sistema que emplean algunas firmas de ingeniería que presentan planos completos y de excelente calidad.

Se deberá solicitar la elaboración de los planos de taller, por parte del fabricante. Debe incluir tanto el despiece de las partes que compondrán cada elemento, la forma de unión entre ellos y la manera en que se realiza el montaje. Los planos de taller no deben ser copia de los planos estructurales. El proyectista estructural deberá revisarlos y aprobarlos, también la supervisión como el arquitecto, debe participar en este proceso.

En México, la experiencia en la fabricación de estructura de acero ha demostrado que por muy sencilla que sea una obra, es indispensable la elaboración de los planos necesarios para el detallado de la estructura. de lo contrario habrá numerosos errores en detrimento de la calidad final de la estructura.

Actualmente, gracias a nuevas técnicas que utilizan algunos talleres en la *fabricación de estructuras* como el CNC (Computerized Numeric Control), con procesos automatizados en las etapas de corte en frío con sierra, taladrado, marcado y corte térmico, se reduce de manera importante el tiempo de construcción de una estructura de acero, lo que da como consecuencia una fabricación precisa, rápida y económica.



Para asegurar una buena fabricación, es aconsejable contar con el apoyo de un laboratorio de control de calidad, que asista al taller y verifique que los materiales, el personal y los procesos de fabricación sean adecuados para el proyecto específico. Asistir al taller para verificar que estén utilizando los materiales, personal y equipo correctos.

### **Para los procesos de soldadura y electrodos**

En general, los cuatros procesos de soldadura de arco eléctrico más comunes en estructuras de acero, son Soldadura de Arco Eléctrico con Electrodo Recubierto (SMAW), Soldadura de Arco Sumergido (SAW), Soldadura Protegida con Gases (GMAW) y Soldadura con Electrodo con Núcleo de Fundente (FCAW). El electrodo E7018 tiene características favorables en construcción soldada (alta tenacidad, medida con la prueba de muesca V, y resiste favorablemente las concentraciones de tensiones cíclicas triaxiales) en conexiones tradicionales viga-columna.

Los dos tipos básicos de soldadura empleados en construcción soldada, son de filete y a tope y de acuerdo con la posición relativa de los elementos por soldar. Los factores que afectan el proceso de soldadura son el espesor de las piezas por unir, la posición, las facilidades del fabricante y la disponibilidad de soldadores calificados.

La fabricación de juntas soldadas, requiere una serie de cuidados en su diseño y ejecución que involucran al proyectista, al soldador y al supervisor capacitado, a fin de asegurar una buena calidad de las uniones soldadas. Deben evitarse los defectos comunes en la soldadura tales como: socavación, provocada por la presencia de materiales ajenos en el metal base, penetración incompleta, consistente en la falta de fusión en la raíz inclusión de escoria ocasionada por la intromisión de óxidos provocada por la inclusión de gas en la soldadura.

Las soldadoras sobre cabeza deben evitarse, debido a la dificultad para depositarlas.

### **Para el proceso de montaje**

El estricto cumplimiento de las normas de montaje que establecen los organismos internacionales, sobre todo del primer tramo de columnas, garantiza la geometría del resto de la estructura. El montaje implica el conocimiento y evaluación del lugar de la obra, conocimiento de equipo, elección del método de montaje más conveniente y establecer una

adecuada ejecución del plan general de construcción. Aprovechando la característica principal de la estructura de acero, que es la prefabricación, un montaje bien programado, contando con el equipo adecuado, puede efectuarse en un tiempo menor al requerido por otros procedimientos. El control de calidad en el montaje, se reduce a la vigilancia en geometría de la estructura, especialmente en lo relativo a ejes, niveles, plomos y juntas.

Se deberá comprobar que las piezas, al bajarlas del transporte, no hayan sufrido daños. En ese caso, será necesario desecharlas y sustituirlas por otras, a menos que se puedan corregir sin que su capacidad se disminuya. En el ámbito general, no deben ser enderezadas en caliente, ya que las propiedades del acero pueden ser alteradas de manera importante.

Revisar que el equipo para izaje tenga la capacidad debida y este perfectamente apoyado en donde se consideró adecuado.

Verificar con equipo topográfico, que las distancias indicadas en los planos se hayan respetado en la obra. En caso de existir diferencias, se deberá notificar al fabricante para que efectúe los ajustes necesarios.

Se considera que las piezas ya montadas estén plomeadas, niveladas y alineadas, si el error no excede de  $L/500$ .

Al ir colocando las piezas deberá revisarse que no se dejen zonas de falla potencial, o con riesgo de sobrecarga.

Identificar, con ayuda del proyectista estructural, las piezas que requieran apuntalamientos temporales, tanto para evitar flechas producto de las cargas verticales (antes de tener trabajo como sección compuesta con losa de concreto, como para impedir deformaciones laterales en los marcos rígidos).

Definir si se requieren colocar elementos de rigidez transversal temporal, como contraventeo, en tanto no se completa la estructura.

### **Para la supervisión**

La supervisión debe ser oportuna, ordenada y controlada. La falta de una supervisión adecuada, puede ser la causa de deficiencias en la construcción de una obra en acero. Una inspección insuficiente, se debe a que no se cuenta con normas ni recomendaciones para inspeccionar y vigilar las diversas etapas del proyecto. En nuestro medio, es común

encontrar empresas que no realizan supervisión en los proyectos que desarrollan, o por el contrario, empresas no tienen establecidos sistemas de revisión convenientes, difícilmente tienen lograr un grado de calidad aceptable.

Es conveniente, que las empresas supervisen todo el proceso de construcción de una edificación, desde de la etapa de proyecto estructural hasta la terminación del montaje. Por ello se recomienda contar con el apoyo de un laboratorio de control de calidad y equipo de topografía para detectar las anomalías a tiempo y actuar en consecuencia.

Revisar los criterios de estiba sobre la estructura durante el proceso constructivo, para impedir que existan sobrecargas importantes no previstas que puedan afectar el comportamiento futuro.

En estructuras soldadas, la calificación del soldador es de vital importancia. Durante la ejecución de soldadura, deberán aplicarse algunos de los métodos de inspección siguientes para garantizar la calidad de las soldaduras: Inspección visual, inspección con partículas magnéticas, inspección con líquidos penetrantes, inspección ultrasónica y/o inspección radiográfica.

Se puede concluir que si se cuenta con material de buena calidad, aprovechamiento integral de los perfiles estructurales, elección de un sistema estructural adecuado al tipo de suelo y zona sísmica, que combine propiedades de rigidez, resistencia, ductilidad, amortiguamiento y capacidad de absorción de energía, factibilidad en el diseño y fabricación de las conexiones, fabricación con metodologías que ayuden a implementar un estricto control de calidad incluido el montaje programado, entonces la estructura de acero será económica y confiable respondiendo a las condiciones que sirvieron de base para su análisis y diseño. El diseño de estructuras de acero, debe regirse por criterios que asocien la seguridad estructural de las mismas con la facilidad de fabricación y montaje, aspectos estéticos y arquitectónicos impuestos y en consecuencia, con la economía del proyecto.

# **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

1. **MANUAL DE SOLDADURA MODERNA Tomo 3**  
Howard B. Cary  
Prentice-Hall Hispanoamericana, S. A.  
México, D. F.
2. **CONTROL DE CALIDAD EN SOLDADURA INDUSTRIAL  
(POR METODOS RADIOLOGICOS)**  
De la Vega Carlos A.  
Editorial Diana S. A.  
México, D. F.
3. **DISEÑO ESTRUCTURAL**  
Meli Roberto  
Editorial Limusa  
México, D. F.
4. **MANUAL PARA CONSTRUCCION EN ACERO**  
Compañía Siderúrgica de Guadalajara, S. A. de C. V.  
Metalco  
Zapopan, Jalisco
5. **CATALOGO RESUMIDO DE ELECTRODOS**  
West-arco Electromanufacturas S. A.  
Fusagasuga, Colombia
6. **STRUCTURAL WELDING CODE – STEEL**  
American Welding Society  
Miami, Florida USA

7. **ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION  
(MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES)**  
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas  
México, D. F.
  
8. **SOLDADURA**  
Pender, A. James  
McGraw-Hill / Interamericana de México  
Naucalpan, Estado de México
  
9. **ASEGURAMIENTO DE CALIDAD**  
Documento Interno de Colinas de Buen S. A. de C. V.
  
10. **PROCEDIMIENTOS DE PRODUCCION**  
Documento Interno de TECMOSA e IMMSA  
Monclova, Coahuila
  
11. **MEMORIA DE CALCULO PARA LA OBRA EXEL-PUEBLA**  
F. H. Consultores S. A. de C. V.  
COCIPSA Constructores, 1998
  
12. **NORMA OFICIAL MEXICANA  
NOM-H-172-1992 "PROCEDIMIENTOS PARA SOLDAR ACERO  
ESTRUCTURAL"**  
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial  
Dirección General de Normas
  
13. **ACERACION**  
Rocha Rangel Enrique  
Meléndez Valencia Elodino  
Universidad Autónoma Metropolitana  
México, D. F.

14. **EJECUCION DE PROYECTOS DE ACERO ESTRUCTURAL**  
Soto Rodríguez Héctor  
Revista de Ingeniería Civil  
México D. F.  
Edición de mayo No. 373
  
15. **INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCION EN ACERO A.C.**  
Comentarios sobre especificaciones  
México D. F.
  
16. **PRACTICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE ACERO**  
Instituto Mexicano del Petróleo
  
17. **INTERNET ADVISOR**  
Revista mensual  
Editorial Mina  
Naucalpan, Estado de México
  
18. **CONCEPTOS DE COMPUTACION**  
Jamrich Parsons June - Oja Dan  
International Thomson Editores, 2da edición  
México, D. F.
  
19. **REVISTA RED**  
Revista Mensual  
Pagina web ([www.red.com.mx](http://www.red.com.mx))