

# **INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**INGENIERÍA MECÁNICA**

**PRESENTA:**

**JOSÉ LUIS RINCÓN ESPINOSA**

**NOMBRE DEL PROYECTO:**

**ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS A  
ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO  
PARA LA OBRA “LIVERPOOL TUXTLA  
ORIENTE” EN ÁREA DE BULBOS,  
MONTACARGAS Y ELEVADORES.**

**PERIODO DE REALIZACIÓN:**

**AGOSTO- DICIEMBRE 2016**

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS .....	5
General .....	5
Específicos .....	5
CAPITULO 1 CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO.....	6
1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA .....	7
1.2 MISIÓN, VISIÓN .....	7
1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	8
1.4 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	9
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 PROCESO HISTÓRICO DEL PROCESO DE SOLDADURA.....	11
2.1.1 Orígenes .....	11
2.1.2 Desarrollo.....	11
2.1.3 Fundamentos de soldadura.....	11
2.1.4 Contexto.....	12
2.2 TIPOS DE PROCESOS DE SOLDADURAS .....	13
2.2.1 Soldadura Oxiacetilénica (OAW).....	13
2.2.2 Soldadura de arco con electrodo revestido (SMAW).....	15
2.2.3 Soldadura de arco metálico con protección de gas (GMAW).....	19
2.2.4 Soldadura de arco con electrodo de tungsteno y protección de gas (GTAW) ....	21
2.2.5 Soldadura de arco sumergido .....	24
2.3 TIPOS DE JUNTAS .....	25
2.3.1 Junta a tope (Butt joint).....	26
2.3.2 Junta de esquina (Corner joint).....	27
2.3.3 Junta en “T” (T-joint).....	28
2.3.4 Junta de Traslape (Lap-joint) .....	29
2.3.5 Junta de borde (Edge joint) .....	30
2.4 TIPOS DE SOLDADURAS .....	32
2.4.1 Soldadura con bisel.....	33
2.4.2 Soldadura de filete.....	34
2.4.3 Soldaduras en botón o en tapón y soldaduras en ranura o en ojal .....	35

2.4.4 Soldadura de espárragos .....	35
2.4.5 Soldadura por puntos y soldadura por proyección.....	36
2.4.6 Soldadura por costura.....	36
2.4.7 Soldadura de reverso y soldadura de respaldo .....	37
2.4.8 Soldaduras de recargue.....	37
2.4.9 Soldaduras de componentes curvos .....	38
<b>CAPÍTULO 3 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN UNIONES SOLDADAS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS .....</b>	<b>39</b>
3.1 NORMAS .....	40
3.1.1 ¿Qué es una norma? .....	40
3.1.2 Norma jurídica.....	41
3.1.3 ¿Por qué son importantes las normas?.....	41
3.1.4 ¿Qué es la normalización? .....	42
3.1.5 Grupos de interés y Comités Técnicos.....	42
3.1.5 Etapas de Desarrollo.....	43
3.2 NORMAS UTILIZADAS.....	43
3.2.1 AWS D1.1 .....	43
3.2.2 AWS D1.4 .....	44
3.3 ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	44
3.3.1 Resistencia a la tensión .....	44
3.3.2 Prueba de dobléz y dobléz guiado .....	46
3.3.3 Prueba de dureza .....	47
3.3.4 Pruebas de resistencia al impacto.....	48
3.3.5 Prueba de macroataque .....	49
3.4 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	50
3.4.1 Inspección visual.....	50
3.4.2 Líquidos penetrantes.....	52
3.4.3 Partículas magnéticas.....	53
3.4.4 Radiografía .....	55
3.4.5 Ultrasonido.....	58

CAPITULO 4 DESARROLLO DEL PROYECTO .....	63
4.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA A REALIZAR EL PROYECTO.....	64
4.2 NORMAS PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	65
4.2.1 AWS D1.4 .....	65
4.2.2 AWS D1.1 .....	65
4.3 SELECCIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS APLICABLES AL PROYECTO	66
4.3.1 Inspección Visual.....	66
4.3.2 Ultrasonido y Radiografía .....	66
4.3.3 Líquidos Penetrantes .....	66
4.4 ELABORACIÓN DE REPORTES, ESQUEMAS E INFORME DE HALLAZGOS DE SITIO .....	67
4.4.1 WPS (Especificación de Procedimiento de Soldadura) Área de bulbos .....	67
4.4.2 Reporte de Calificación de soldadores en bulbos .....	68
4.4.3 Reportes de aceptación de bulbos con ensayo de Líquidos Penetrantes .....	70
4.4.4 WPS Para Elevadores de clientes y Foso montacargas .....	73
4.4.5 Calificación de soldadores en Elevadores y en Foso montacargas .....	76
4.4.6 Esquemas de vista .....	78
4.4.7 Reportes de Inspección Visual .....	80
4.4.8 Reporte de soldaduras realizadas por cada trabajador.....	82
RESULTADOS.....	83
CONCLUSIONES.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	86

## **INTRODUCCIÓN**

Hablar de calidad es muy importante, debido a que ella hace que los estándares de producción y fabricación crezcan, teniendo en cuenta la seguridad de los usuarios.

Las obras en construcción no están exentas del aseguramiento de calidad, debido a que en un futuro en estas habrá gran cantidad de personas, identificados como el usuario final, y por tanto, se debe garantizar su seguridad.

La empresa Calidad en MIPyMES se encarga de realizar la actividad de aseguramiento de la calidad, mediante ensayos no destructivos (END) que tiene como finalidad garantizar la sanidad de elementos estructurales de acero involucrados en el proceso constructivo de obras de diversa envergadura.

En el proyecto que se muestra a continuación, se podrá observar a los principales ensayos no destructivos que se emplean en la industria de la construcción edificaciones de obra civil y las que usan los laboratorios, además de mostrar la técnica de cada uno de ellos. También se narra cuáles son los tipos de juntas y uniones soldadas mayormente utilizadas, y los tipos de ensayos destructivos, los cuales solo se pueden hacer una vez a las probetas hechas para calificación de los procesos de soldadura.

Después de la inspección realizada por los ensayos seleccionados, se elaboraron una serie de reportes que se muestran a modo de ejemplo, debido a la política de privacidad de la empresa, en donde está prohibido revelar datos de los clientes.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Asegurar la calidad en las juntas inspeccionadas en la obra “Liverpool Tuxtla Oriente” en área de bulbos, elevadores y montacargas, realizando supervisión de los trabajadores y su equipo utilizado.

### **Específicos**

- Elaboración de END líquidos penetrantes, inspección visual y ultrasonido a elementos estructurales, para aseguramiento de la calidad de las estructuras.
- Realizar procedimientos de soldadura para los proyectos asignados por la supervisión.
- Elaboración de esquemas de vista, reportes de calificación, reportes de juntas elaboradas por cada trabajador.

**CAPÍTULO 1**

**CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR DE  
TRABAJO**

## **1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA**

La empresa CALIDAD EN MIPYMES surge por una necesidad fiscal ya que la persona moral encargada de KAPIG INGENIERIAS se encuentra agravada por muchos impuestos, continuando así con las actividades y servicios que se ofrecían en la empresa KAPIG INGENIERÍAS, oficios prestados a usuarios nuevos y recurrentes.

Los servicios que ofrece la empresa CALIDAD EN MIPYMES son: consultoría para empresas de diferentes giros, por ejemplo, capacitación para empresas teniendo en cuenta la calidad, adicionando ensayos no destructivos para empresas dedicadas a la construcción y metal mecánica.

CALIDAD EN MIPYMES es fundada en el 2013 como tal, surge con el cambio de régimen fiscal, continuando con consultoría a turismo, planes internos de protección civil, planes para empresarios de organismos intermedios, distintivos en turismo, seguridad e higiene en las empresas, plan interno y de emergencias para empresas en el área de protección civil, realizando trabajos en metal mecánica como los ensayos no destructivos en uniones soldadas, realizando las inspecciones basados en los códigos y manuales estadounidenses AWS (American Welding Society), realizando ensayos no destructivos en inspección visual, líquidos penetrantes, ultrasonido, macro ataques, partículas magnéticas, ensayos de dureza.

## **1.2 MISIÓN, VISIÓN**

1.2.1 Misión: Fortalecer a la micro, pequeña y media empresa a través de ensayos, consultoría y certificación, a través de personal altamente calificado y certificado para impulsar la mejora continua.

1.2.2 Visión: Continuar con los servicios pero con un número pequeño de prestadores de servicios, con personal calificado sin perder la calidad y las normas que avalen los trabajos.

### 1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Croquis de ubicación de la empresa.

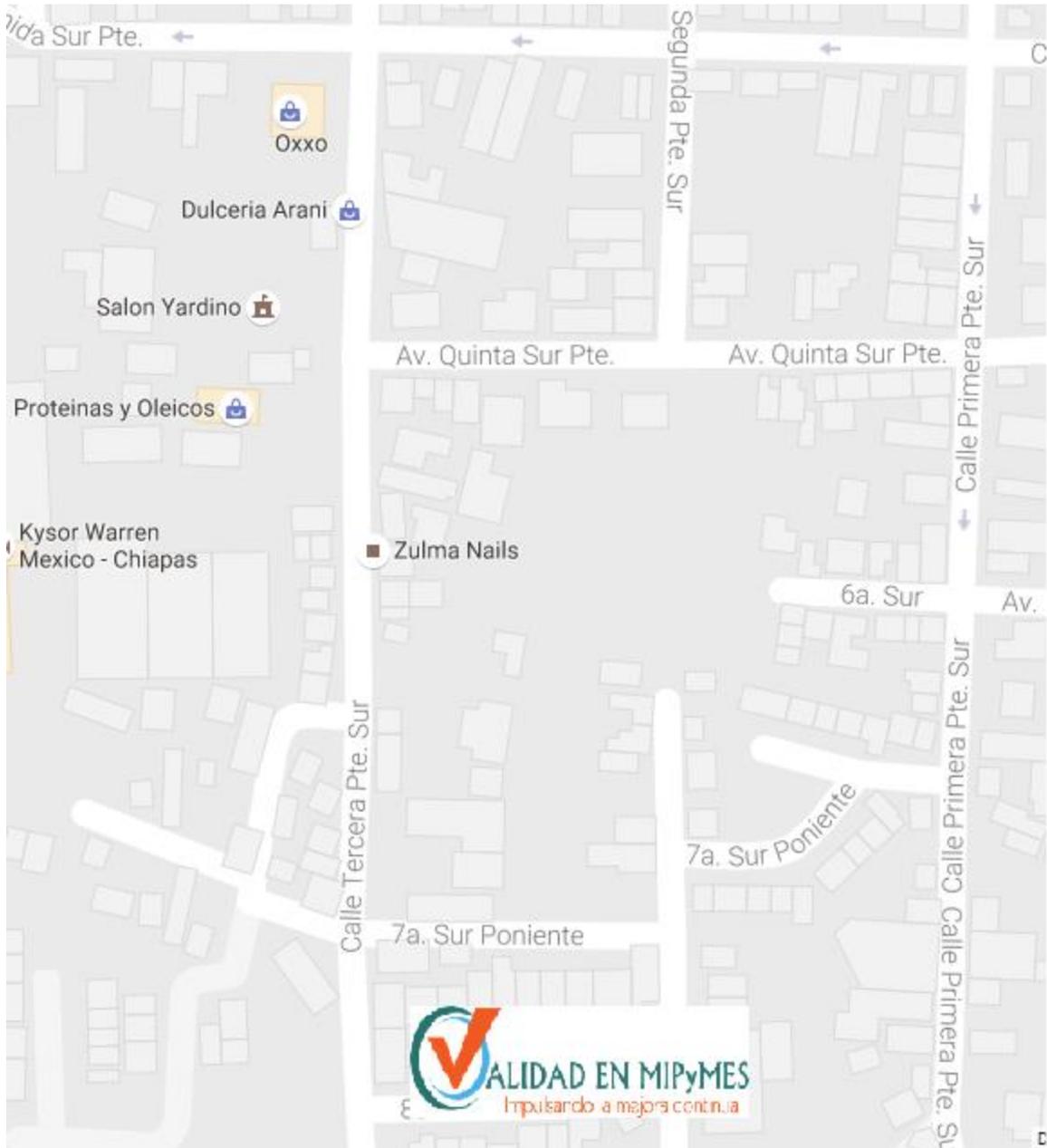
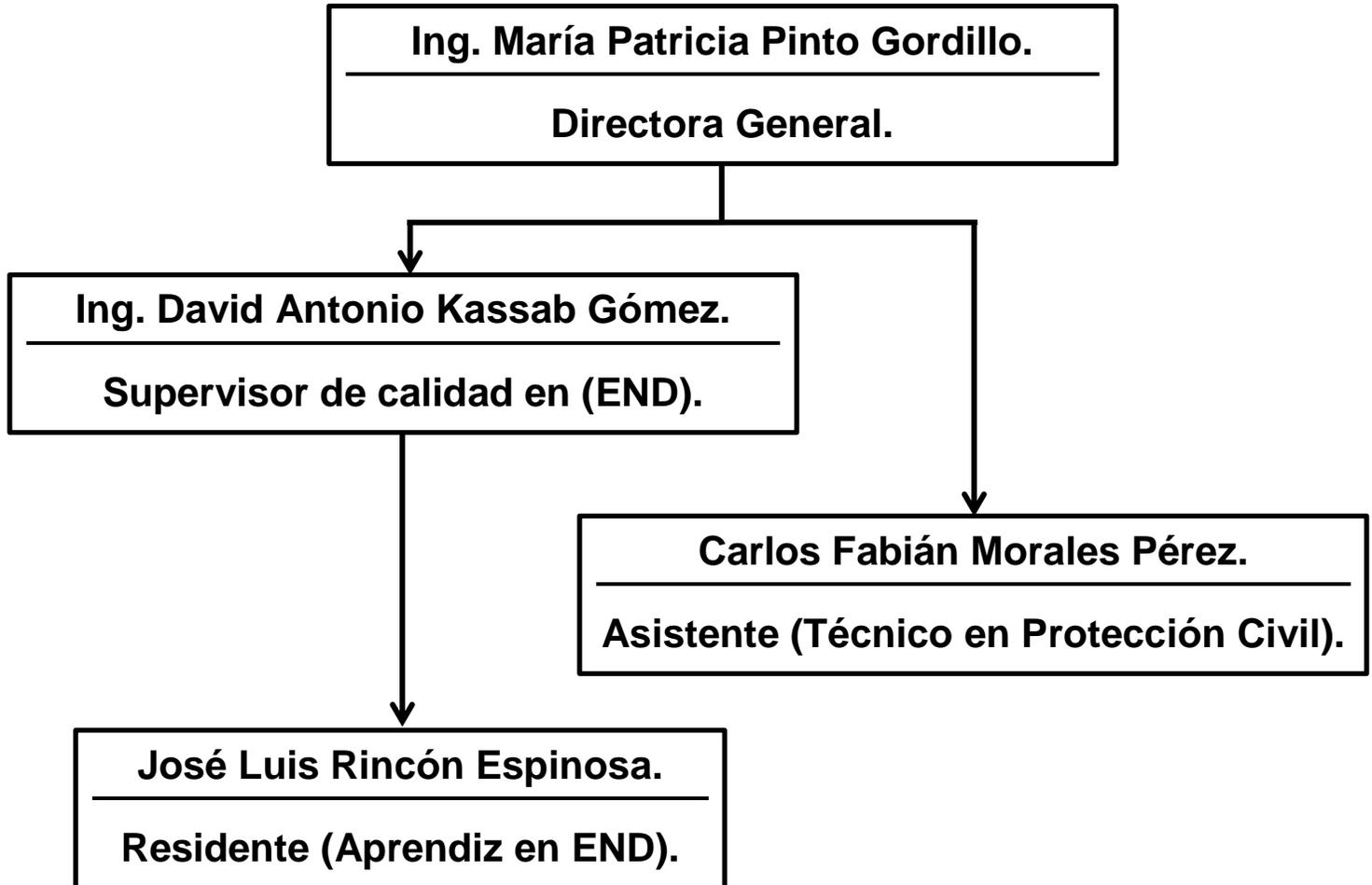


Figura 1.1 Croquis de la empresa Calidad en MyPIMES, ubicada en 2 Poniente sur #784, entre 7 y 8 sur, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; México.

#### 1.4 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

La empresa está constituida por 4 integrantes, los cuales se mencionan a continuación.



# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2.1 PROCESO HISTÓRICO DEL PROCESO DE SOLDADURA**

### **2.1.1 Orígenes**

Muchos asignan el crédito de ser los precursores de la soldadura tanto a Sir Humphrey Davy, quien descubrió el arco eléctrico en 1801, como a Auguste De Meritens con su primera soldadora por arco eléctrico en 1880. Sin embargo, mucho antes de que estos dos distinguidos señores aparecieran en escena, el profesor G. Ch. Lichtenberg (Goettingen 1742-1799) suelda una bobina de reloj y una hoja de cortaplumas mediante arco eléctrico. El suceso es descrito por el profesor Lichtenberg en una carta escrita a su amigo J. A. H. Reinmarius en 1782, en ella describe un proceso de unión mediante electricidad similar al realizado por el arco eléctrico. (Achisol)

### **2.1.2 Desarrollo**

Existen manuscritos que detallan el hermoso trabajo en metales realizado en tiempos de los Faraones de Egipto, En el tiempo del Imperio Romano ya se habían desarrollado algunos procesos, los principales eran soldering brazing y la forja. La forja fue muy importante en la civilización romana es así como a Volcano, dios del fuego, se le atribuía gran habilidad en este proceso y otras artes realizados con metales. (Soldadoras Miller México)

### **2.1.3 Fundamentos de soldadura**

La soldadura es un proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contacto de dos (o más) partes mediante la aplicación conveniente de calor o presión.

En algunos casos se agrega un material de aporte o relleno para facilitar la fusión.

Entre sus ventajas destacan las siguientes: Proporcionar una unión permanente; la unión soldada puede ser más fuerte que los materiales originales, si se usa un metal de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores a la de los materiales originales y se emplean las técnicas de soldadura adecuadas; es la forma más económica de unir componentes; no se limita al taller, también se usa en campo.

Al poseer ventajas, también se encuentran desventajas como lo son: Las soldaduras se realizan de forma manual y tiene costos altos en mano de obra; usan mucha energía; no permite un desensamble adecuado, para mantenimiento (WordPress).

#### **2.1.4 Contexto**

La humanidad no sería la misma que conocemos sin las uniones soldadas, ya que los avances tecnológicos han contribuido al crecimiento y evolución de diferentes sectores industriales como el automotriz, naviero, aeroespacial, manufacturero y de la construcción. Lo que evidencia que muchos metales son soldables siempre que se emplee el proceso adecuado, el metal requerido para hacer la unión, una buena preparación de junta y la selección correcta del metal de aporte.

## 2.2 TIPOS DE PROCESOS DE SOLDADURAS

### 2.2.1 Soldadura Oxiacetilénica (OAW)

En este proceso se funden las piezas de trabajo con el calor de una llama, sin electricidad. La llama se produce por la combustión de un gas combustible con aire u oxígeno.

Los gases combustibles más comunes son el acetileno, el hidrogeno, el gas natural, el propano y el butano. Estos gases se queman con oxígeno más que con aire.



Figura 2.1 Equipo de soldadura oxiacetilénica.

Soplete: Es la parte más importante de la soldadura con gas. Mezcla y controla el paso de los gases para tener la llama requerida. Está formado por dos válvulas, una cámara de mezcla y una boquilla.

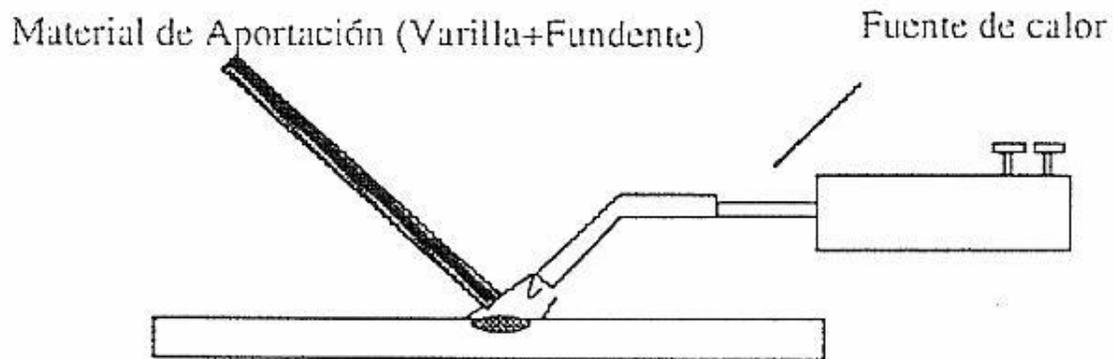
Reguladores: O válvulas automáticas de reducción, deben usarse solo con los gases para los que fueron diseñados y para las presiones marcadas; su función es reducir la presión del cilindro y mantener un presión constante en el soplete.

Cilindros: El oxígeno se obtiene en cilindros de 20 a 300 pies cúbicos de capacidad, con presiones hasta de 2200 lb/pulg. El color verde es para oxígeno y el rojo para acetileno.



**Figura 2.2 Soplete típico para soldar.**

Se emplean dos técnicas: el avance directo y el de retroceso; en el primero la parte superior del soplete se mantienen en ángulo de 15 grados respecto a la vertical, el soplete precalienta la pieza de trabajo por soldar, mientras la varilla de soldadura se sumerge en el pocillo fundido a 15 grados de la vertical en dirección opuesta, se retira y se mueve a lo largo de la soldadura. En la segunda se asegura una buena penetración, se inicia con dirección contraria a la dirección del recorrido, el ángulo de abertura cambia de acuerdo al espesor del metal, y la varilla se mantiene en el pocillo fundido (COMIMSA, 2000).



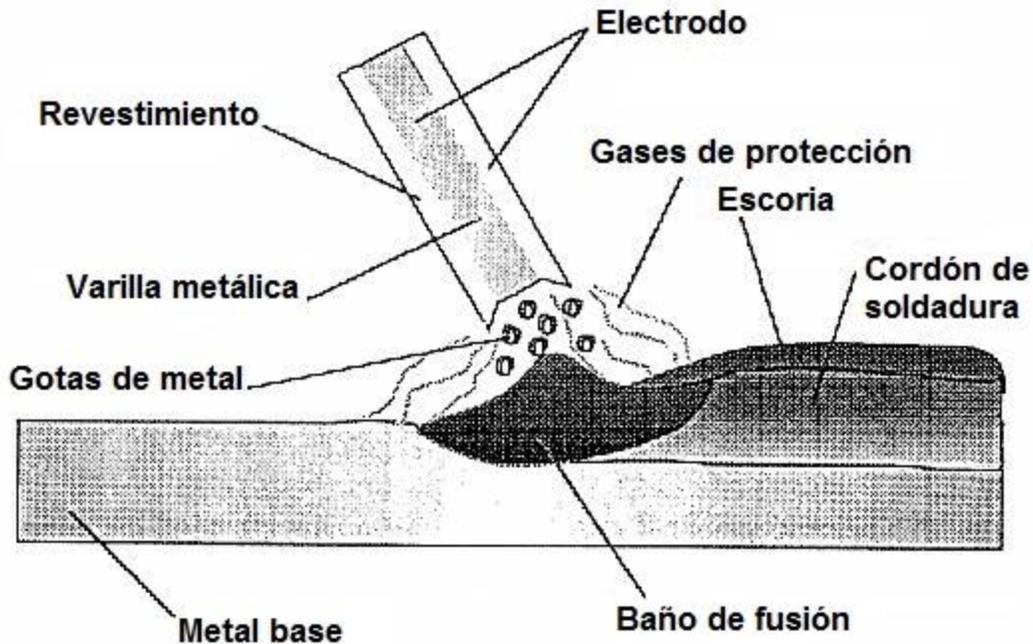
**Figura 2.3 Soldadura oxiacetilénica.**

### **2.2.2 Soldadura de arco con electrodo revestido (SMAW)**

Efectúa el arco entre el electrodo revestido y el metal base. El proceso es usado con la protección de la atmosfera creada con la descomposición del recubrimiento del electrodo, sin la aplicación de presión y la alimentación del metal de aporte del electrodo.

Principios de operación.

Consiste en el establecimiento de un arco eléctrico entre el electrodo y el metal base. El arco se inicia por un toque momentáneo del electrodo sobre el metal base, el calor generado funde la superficie del metal base para formar un baño metálico, el metal del electrodo fundido se transfiere a través del arco metálico en el baño fundido depositándose sobre el metal base. El depósito es cubierto por una capa de escoria que viene del recubrimiento del electrodo. El arco es protegido por una atmosfera de gas producida por el recubrimiento del electrodo.



**Figura 2.4 Soldadura de arco metálico con electrodo revestido.**

Una de sus ventajas principales es que es el más utilizado debido a su flexibilidad para soldar gran cantidad de metales en todas las posiciones y en variedad de espesores. Es ampliamente usado en trabajos de manufactura, en campo, en construcción en mantenimiento. Su principal método de aplicación es de manera manual.

Posición utilizada: Tiene la capacidad de poder soldarse en todas las posiciones, plana, horizontal, vertical y sobre cabeza, dependiendo del tamaño y tipo de electrodo y de la corriente.

Metales soldables: En este proceso se puede usar la mayoría de los aceros y algunos metales no ferrosos.

Circuito eléctrico: Los dos cables se conectan a la máquina, el de corriente y el de tierra, la soldadura se puede realizar con corriente alterna o corriente directa, y puede ser con electrodo al negativo o al positivo (DCEN o DCEP).

La selección de un metal de aporte se basa en la sustentabilidad del electrodo y la composición de propiedades del metal depositado.

La American Welding Society (AWS) ha desarrollado un sistema de identificación para los electrodos usados en soldadura por arco.

EXXX: La letra E es de electrodo revestido, los primeros 2 o 3 dígitos son la resistencia mínima a la tensión requerida por el deposito. El siguiente digito es la posición en la que puede ser usado el electrodo y el último digito describe la usabilidad del electrodo determinada por la composición del recubrimiento que presenta el electrodo (COMIMSA, 2000).

CLASIFICACIÓN	CORRIENTE	PENETRACIÓN	RECUBRIMIENTO
F-3 EXX10	CDEP	ALTA	CELULOSA-SODIO
F-3 EXXX1	CA Y CDEP	ALTA	CELULOSA-POTASIO
F-2 EXXX2	CA Y CDEN	MEDIA	RUTILO-SODIO
F-2 EXXX3	CA Y CD	BAJA	RUTILO-POTASIO
F-2 EXXX4	CA Y CD	BAJA	RUTILO-POLVO DE HIERRO
F-4 EXXX5	CDEP	MEDIA	BAJO HIDROGENO-SODIO
F-4 EXXX6	CA O CDEP	MEDIA	BAJO HIDROGENO-POTASIO
F-4 EXXX8	CA O CDEP	MEDIA	BAJO HIDROGENO-POLVO DE HIERRO
F-1 EXX20	CA O CD	MEDIA	OXIDO DE HIERRO-SODIO
F-1 EXX24	CA O CD	BAJA	RUTILO-POLVO DE HIERRO
F-1 EXX27	CA O CD	MEDIA	OXIDO DE HIERRO-POLVO DE HIERRO
F-1 EXX28	CA O CDEP	MEDIA	BAJO HIDROGENO-POLVO DE HIERRO

**Tabla 1 Significado del último dígito de clasificación.**

### 2.2.3 Soldadura de arco metálico con protección de gas (GMAW)

Este proceso de soldadura se da por medio de un arco eléctrico entre el electrodo del metal de aporte y el metal base. La protección de la soldadura se obtiene a través de del suministro de gases internos.



Figura 2.5 Soldadura de arco metálico con protección de gas.

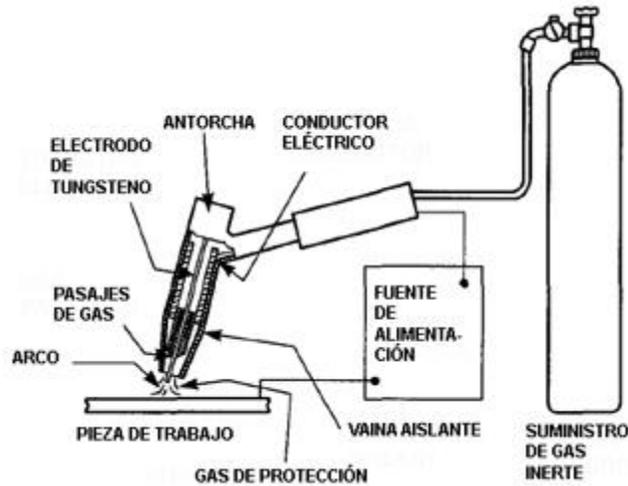
El proceso puede ser automático o semiautomático, se utiliza en soldaduras de alta producción, se pueden soldar metales como: aceros al carbón, acero inoxidable, cobre, aluminio, aleaciones de níquel y aleaciones magnesio.

Tipos de corriente.

Corriente directa: Requiere corriente continua con polaridad invertida (electrodo al positivo); el electrodo al negativo es poco usado, ya que se vuelve inestable.

Corriente alterna: No es muy utilizado ya que el arco se extingue durante cada unidad del ciclo a medida que la corriente se reduce a cero.

Equipo: Fuente de poder, unidad de control, unidad de alimentación de alambre, equipo de gas protector, pistola y alambre electrodo.



**Figura 2.6 Equipo de soldadura de arco metálico con protección de gas.**

Fuente de poder.

Deben ser de corriente continua o directa, su capacidad puede variar de 20 hasta 1,200 amperes.

Métodos de aplicación.

El método semiautomático es más utilizado, consiste en una pistola movida a mano con la alimentación constante del metal de aporte, el otro método es el automático, donde la realización de la junta es automatizada.

Tipos de transferencia: Existen 4 tipos de transferencia del metal de aporte, estos son: transferencia pulverizada (spray), globular, pulsada y corto circuito.

Gases de protección: Se utilizan los siguientes gases: Argón, helio, CO<sub>2</sub>.

Metal de aporte.

El metal de aporte que se utiliza consiste en un alambre sólido continuo, la AWS presenta un sistema de identificación.

ERXXS-X: ER, el alambre sirve para electrodo o varilla; 2 o 3 dígitos de la resistencia a la tensión mínima; S de alambre sólido y el último número es un prefijo a la composición química del material (COMIMSA, 2000).

## 2.2.4 Soldadura de arco con electrodo de tungsteno y protección de gas (GTAW)

En este proceso el electrodo usado no se consume durante la operación de soldadura, al ser de tungsteno le permite soportar altas temperaturas.

El arco se genera entre el electrodo y la pieza de trabajo, teniendo un suministro de gas para formar una atmosfera protectora, se añade aporte externamente, sea manual mediante el soldador o con un mecanismo de aporte continuo de alambre. Al no dejar escoria, solo se limpia con cepillo.

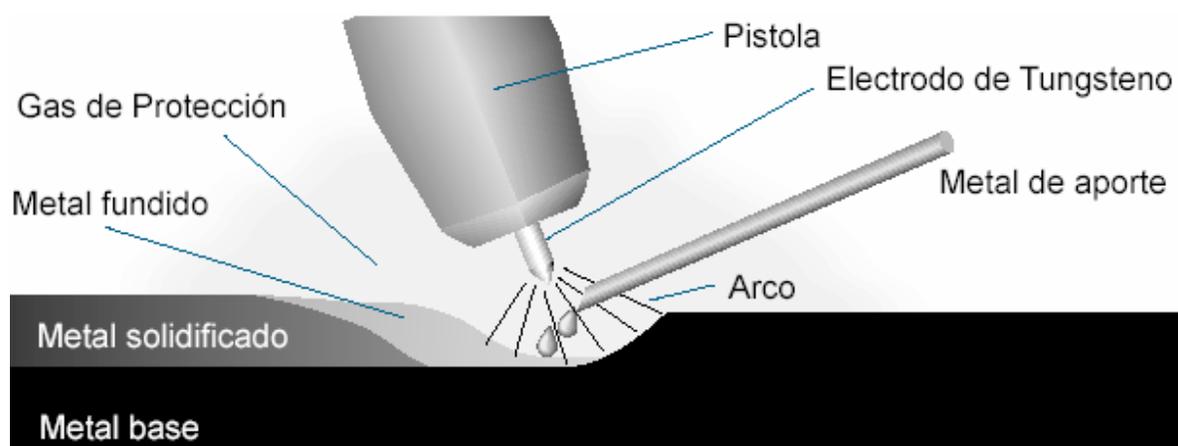
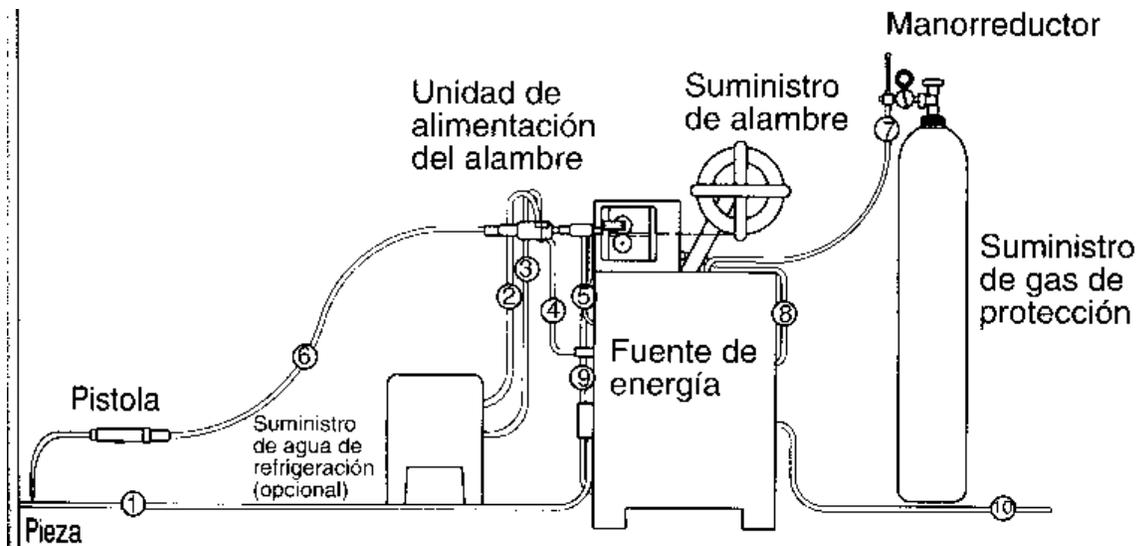


Figura 2.7 Soldadura de arco con electrodo de tungsteno y protección de gas.

Equipo.

El equipo requerido para un sistema GTAW consta de una fuente de poder que proporcione un tipo de corriente constante, ya sea directa o alterna. Es necesario contar con aparatos que regulen el flujo gaseoso. A fuente debe contar con un generador de alta frecuencia para poder iniciar el arco.



**Figura 2.8 Equipo para proceso GTAW.**

La nomenclatura usada para los electrodos es la siguiente: EW que significa electrodo y la sigla en inglés del tungsteno, y es seguido de letras que describen el tipo de aleación.

CLASIFICACIÓN AWS	ALEACIÓN	COLOR
EWP	Tungsteno puro	VERDE
EWTh-1	0.8-1.2% Thorio	AMARILLO
EWTh-2	1.7-2.2% Thorio	ROJO
EWTh-3	0.35-0.55% Thorio	AZUL
EWZr	0.15-0.40% Zirconio	CAFE

**Tabla 2 Clasificación AWS de electrodos de Tungsteno.**

El Thorio y el Zirconio hacen más estable el arco, estos electrodos se recomiendan para soldar aluminios.

Corriente directa (electrodo al negativo).

El 70% del calor es generado por en la pieza de trabajo y el 30% en el electrodo, siendo depósitos profundos usados en aceros.

Corriente directa (electrodo al positivo).

El 70% del calor es generado por el arco y el 30% por la pieza, siendo el depósito amplio y poco profundo.

La clasificación por AWS es la siguiente:

AWS-ER 70S-3: E es el material de aporte; R que es varilla especial para TIG; 70 la resistencia mínima a la tensión en  $\text{lb/in}^2$  por  $10^3$ ; S que es alambre sólido; 3 composición química y puede acompañarse de una letra como es: B= Cromo-Molibdeno; D=Magnesio-molibdeno; Ni= Níquel.

Ventajas.

Tiene aplicaciones en la industria, se pueden soldar espesores muy delgados, es limpio muy fácil de controla (COMIMSA, 2000).

### 2.2.5 Soldadura de arco sumergido

Es el más eficiente en términos de velocidad de depósito de soldadura. Se caracteriza por el uso de un electrodo de alimentación continua, el cual produce un arco con el metal base y es cubierto totalmente con una capa de fundente granular, de aquí es de donde toma su nombre.

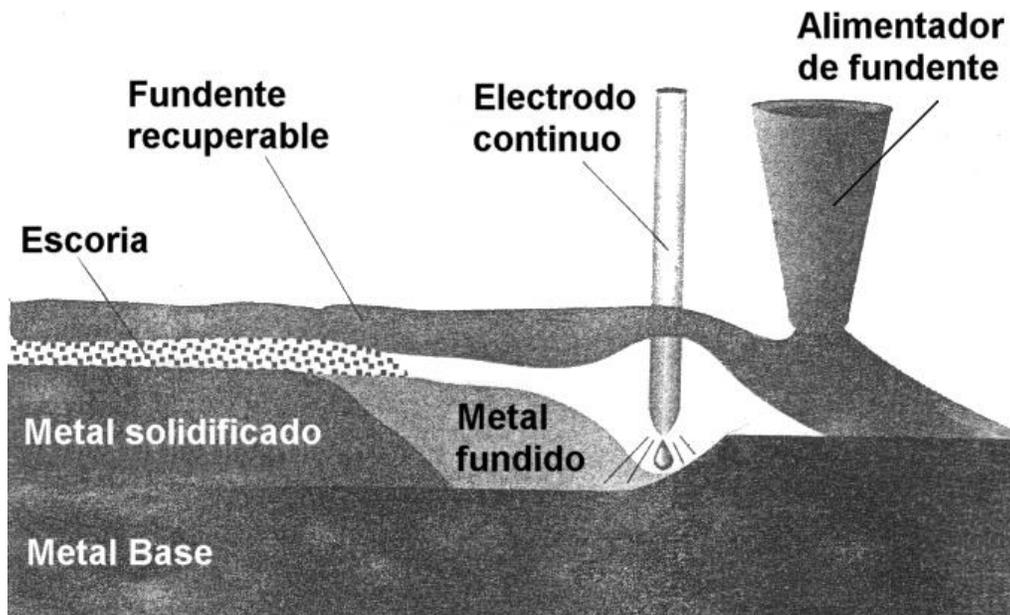


Figura 2.9 Soldadura de arco sumergido.

Principio de operación.

El electrodo es alimentado de la misma manera que los demás procesos, pero la diferencia es la forma en la que protege el depósito de soldadura. El fundente granular es alimentado por encima y alrededor del electrodo para facilitar la protección del baño metálico. A medida que la soldadura avanza, va dejando una capa de escoria solidificada cubriendo el metal de aporte. Una vez terminado el cordón de soldadura, la escoria puede ser removida, el fundente granular que no ha sido fundido puede ser recuperado y reutilizado, si no sufre algún tipo de contaminación.

Material de aporte.

Utiliza por separado los electrodos y los fundentes, de esta manera existe una numerosa cantidad de posibles combinaciones disponibles para aplicaciones específicas. Hay dos tipos de combinaciones.

Un electrodo aleado con fundente neutro.

Un electrodo sin aleación con fundente aleado.

Ventajas.

Tiene mucha aceptación en la industria y puede realizarse sobre una numerosa cantidad de aceros. Debido a su alta velocidad de depósito, ha demostrado ser lo bastante efectiva para ser utilizado en recubrimientos y construcción de superficies desgastadas, en donde las superficies necesitan mayor resistencia a la corrosión y abrasión debido que es más económico recibir un metal base con una capa de soldadura resistente a la abrasión y corrosión (COMIMSA, 2000).

### **2.3 TIPOS DE JUNTAS**

Es importante conocer los tipos de juntas antes de comenzar el proceso de soldado, ya que eso nos brindara información de la unión, COMIMSA hace referencia a estos tipos en su manual, describiéndolas como se muestra a continuación.

Antes de iniciar el depósito de soldadura en una unión cualquiera deberá evaluarse la configuración y el ensamblaje. Existen 5 tipos de juntas.

1. Juntas a tope (Butt joint).
2. Junta de esquina (Corner joint).
3. Junta en "T" (T-joint).
4. Junta de Traslape (Lap-joint).
5. Junta de borde (Edge joint).

### 2.3.1 Junta a tope (Butt joint)

La junta a tope es el tipo más simple de junta soldada. Se utiliza para unir dos objetos que reposan sobre el mismo plano. La junta entre los dos objetos puede consistir en dos bordes cuadrados, en forma de "V" o de "U". El perfil depende de los materiales que serán soldados, y también puede depender de la aplicación que se le desea dar a esos materiales. Todas las juntas a tope pueden consistir en una soldadura simple o doble, siendo las soldaduras simples las que tienen una mejor relación costo-beneficio (COMIMSA, 2000).

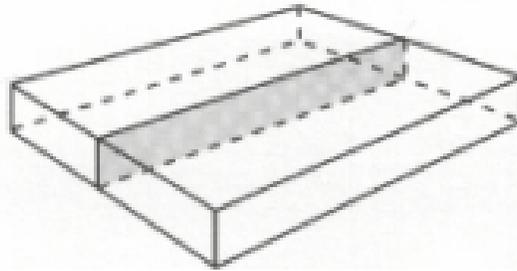


Figura 2.10 Junta a tope.



Figura 2.11 Junta a tope con componentes curvos.

### 2.3.2 Junta de esquina (Corner joint)

La soldadura de esquinas se usa para unir dos objetos en un ángulo de 90 grados. Los objetos se colocan de manera tal de que sólo se toquen sobre un borde. Esto deja un surco en forma de "V" que debe ser rellenado con material de soldadura. Utilizar esta soldadura en "V" permite una unión mucho más fuerte, y también permite al soldador unir los objetos en un solo paso. Si los objetos fueron acomodados de una manera distinta, la unión puede requerir de dos soldaduras separadas (en la parte superior e inferior) y podría no resultar tan fuerte (COMIMSA, 2000).

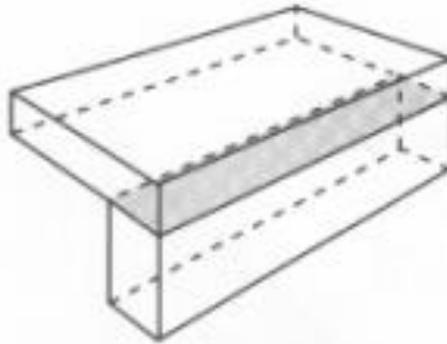


Figura 2.12 Junta de esquina.

### 2.3.3 Junta en "T" (T-joint)

Las soldaduras en "T" se utilizan para unir dos objetos en el ángulo adecuado para formar una forma de "T". Si el objeto metálico estuviera colocado por encima del techo en una formación de tipo cruz, el resultado de la soldadura sería lo que se conoce como una junta en forma de cruz (COMIMSA, 2000).

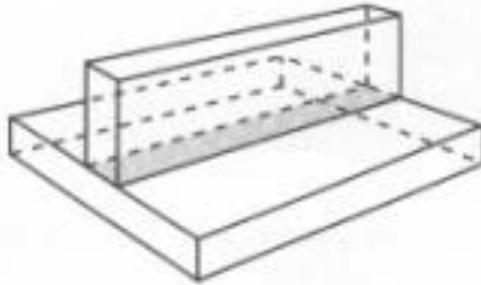


Figura 2.13 Junta en "T".

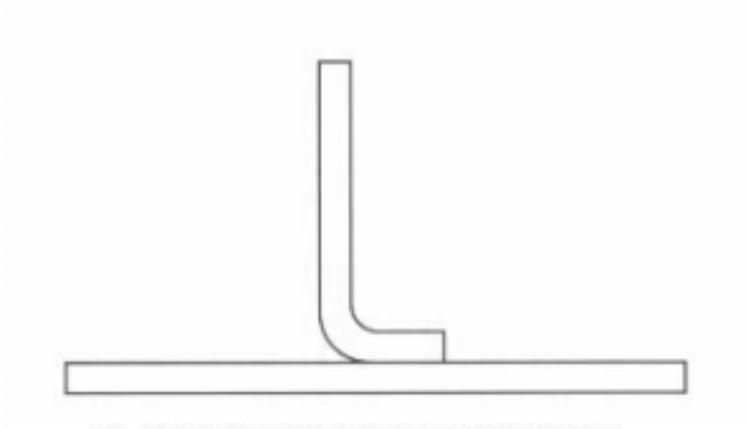


Figura 2.14 Junta en "T" con componente curvo.

### 2.3.4 Junta de Traslape (Lap-joint)

Las juntas traslapadas se usan para superponer dos objetos que no reposan directamente uno sobre el otro. Como sólo una pequeña porción de los objetos se superpone, una junta de bordes no es suficiente. En su lugar, se sueldan las juntas donde el borde de uno de los objetos toca al otro (COMIMSA, 2000).

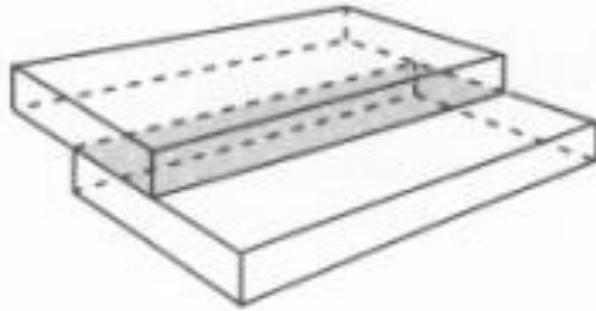


Figura 2.15 Junta de traslape.



Figura 2.16 Juntas de traslape con componentes curvos.

### 2.3.5 Junta de borde (Edge joint)

Una junta de borde es similar a una junta a tope, pero se usa sobre los bordes de dos objetos de distribución vertical. Para añadir fuerza a la unión, deben soldarse dos o más bordes (COMIMSA, 2000).

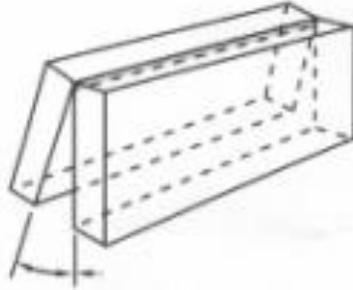


Figura 2.17 Junta en Borde.



Figura 2.18 Juntas en Borde con componentes curvos.

Algunos de los elementos importantes que componen una junta son los siguientes:

1. Raíz (Joint Root).
2. Cara de la ranura (Groove Face).
3. Cara de la raíz (Root Face).
4. Abertura de la raíz (Root Opening).
5. Angulo de la ranura (Groove Angle).
6. Angulo del Bisel (Bevel Angle).

Existen 18 tipos de ranuras de acuerdo a AWS 3.0 que son utilizadas en soldaduras con arco eléctrico.

1. Ranura cuadrada (Square-groove weld).
2. Ranura con bisel (Bevel-groove weld).
3. Ranura en "V" (V-groove weld).
4. Ranura en "J" (J-groove weld).
5. Ranura en "U" (U-groove weld).
6. Flare-bevel-groove-weld.
7. Flare-"V"-groove-weld.
8. Soldadura de filete (Fillet weld).
9. Edge-weld.
10. Edge-flange-weld.
11. Corne-flange-weld.
12. Spot weld.
13. Seam weld.
14. Plug weld.
15. Slot weld.
16. Surfacing weld.
17. Backweld.
18. Backing-weld.

## **2.4 TIPOS DE SOLDADURAS**

La información presentada es tomada de, como guía, hay nueve categorías de soldaduras asociadas con símbolos de soldadura. En cada una se aplican tipos de soldadura, las cuales son las siguientes:

1. Soldadura con bisel.
2. Soldaduras de filete.
3. Soldadura en botón o en tapón o soldaduras en ranura o en ojal.
4. Soldadura de espárragos.
5. Soldadura por puntos o soldadura por proyección.
6. Soldadura por costura.
7. Soldadura de reverso o soldadura de respaldo.
8. Soldaduras con recargue.
9. Soldadura de componentes curvos.

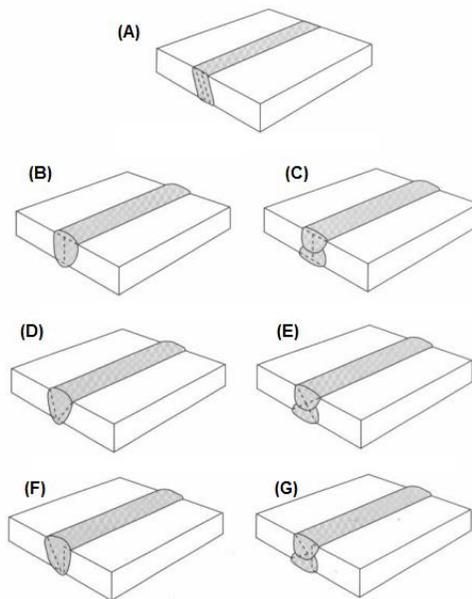
### 2.4.1 Soldadura con bisel

Una soldadura con bisel es, “una soldadura hecha en un bisel entre las piezas”.

Hay ocho tipos de soldadura con bisel:

1. Bisel recto.
2. A tope con inglete.
3. Bisel en V.
4. Bisel en 1/2 V.
5. Bisel en U.
6. Bisel en J.
7. Bisel en V ensanchado.
8. Bisel en 1/2 V ensanchado.

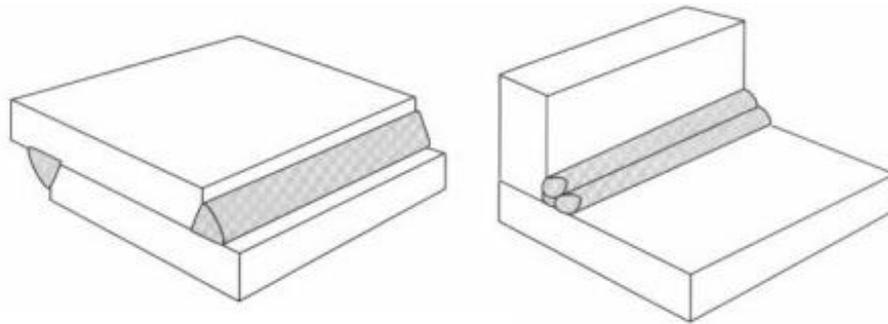
Sus nombres implican como las configuraciones actuales se ven cuando son vistas en sección transversal. Todos estos tipos de soldadura con bisel pueden ser aplicados a juntas que son soldadas de un solo lado o de ambos lados (AWS American Welding Society).



**Figura 2.19 Tipos de Soldadura con Bisel; (A): Soldadura con bisel inclinado; (B): Soldadura con bisel recto; (C) Soldadura con doble bisel recto; (D): Soldadura con bisel en "V"; (E): Soldadura con bisel en "X"; (F): Soldadura con bisel en "1/2 V"; (G): Soldadura con bisel en "K".**

### 2.4.2 Soldadura de filete

“una soldadura de sección transversal aproximadamente triangular uniendo dos superficies aproximadamente en ángulos rectos en una junta solapada, en T o en L”. Cuando el diseño lo permite, es preferida la soldadura de filete a la soldadura con bisel por razones económicas. Generalmente no se requiere preparaciones de borde para soldadura de filete, pero la superficie a soldar debe estar limpia. La soldadura de filete no toma el nombre de la geometría de junta asociada, como la soldadura con bisel; es un tipo particular de soldadura aplicada a una junta solapada, t o junta en L (AWS American Welding Society).



**Figura 2.20 Tipos soldadura de filete; Izquierda Soldadura de filete de una pasada de ambos lados den una junta solapada; Derecha: Soldaduras de filete de múltiples pasadas de un solo lado en una junta en "L".**

### 2.4.3 Soldaduras en botón o en tapón y soldaduras en ranura o en ojal

Dos de los tipos de soldaduras usadas para unir juntas solapadas son soldaduras en botón o en tapón y soldaduras en ranura o en ojal. La soldadura en botón o en tapón es “una soldadura hecha en un agujero circular en uno de los componentes de la junta fundiendo ese componente con el otro componente”. El agujero puede estar abierto en uno de los extremos (AWS American Welding Society).

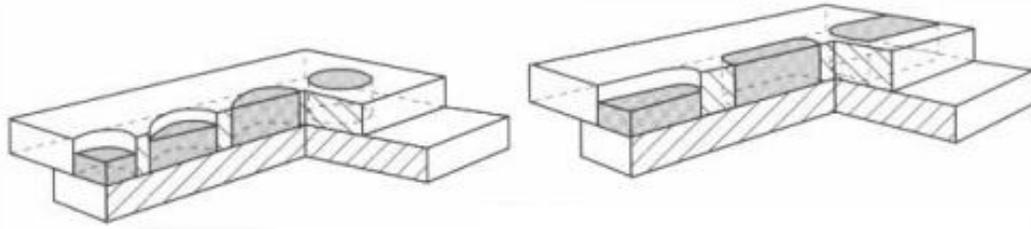


Figura 2.21 Tipo de Soldadura en botón y en ranura; izquierda: soldadura en botón, derecha: soldadura en ranura.

### 2.4.4 Soldadura de espárragos

Soldadura de espárrago es “un término general para unir un espárrago metálico o algo similar a una pieza. La soldadura se puede realizar por arco, resistencia, fricción u otro proceso con o sin protección de gas”. Los materiales de los espárragos más comúnmente soldados con el proceso de soldadura de espárrago por arco son acero de bajo carbono, acero inoxidable y aluminio (AWS American Welding Society).

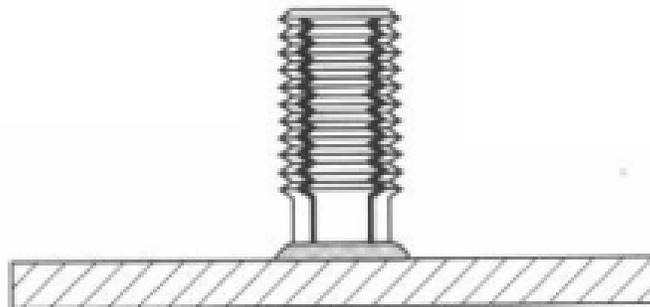


Figura 2.22 Soldadura de espárrago.

### 2.4.5 Soldadura por puntos y soldadura por proyección

Una soldadura por puntos es, “una soldadura hecha entre y sobre componentes solapados en los cuales la coalescencia puede empezar y ocurrir sobre la superficie de contacto o puede empezar desde el componente que está más afuera”. Una superficie de contacto es definida como, “la superficie de un componente que está en contacto con otro componente al cuál será unido”. Generalmente las soldaduras por puntos son asociadas a las soldaduras por resistencia (AWS American Welding Society).

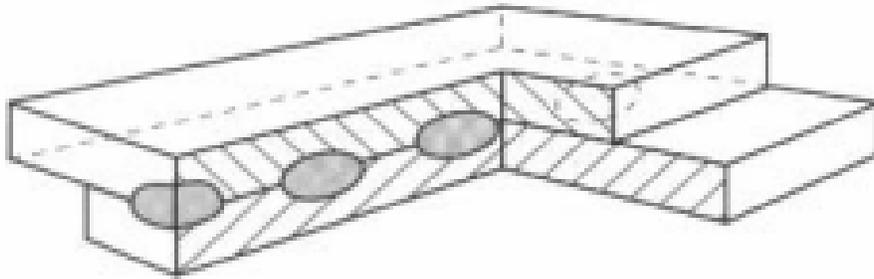


Figura 2.23 Soldadura por puntos.

### 2.4.6 Soldadura por costura

Una soldadura por costura es “una soldadura continua hecha entre o encima de componentes solapados, en los cuáles la coalescencia puede empezar y ocurrir en la superficie de contacto, o puede provenir de la superficie externa de uno de los componentes. La soldadura continua puede consistir de un cordón de soldadura o de una serie de puntos de soldadura superpuestos” (AWS American Welding Society).

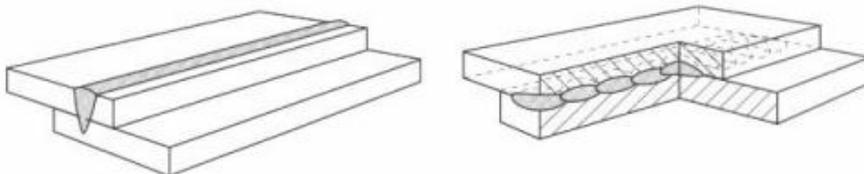


Figura 2.24 Izquierda: Costura de soldadura por haz de electrones; derecha: soldadura por costura.

### 2.4.7 Soldadura de reverso y soldadura de respaldo

Estas soldaduras están hechas en la parte de atrás de una junta soldada. Si bien se aplican en la misma posición, son depositadas en forma diferente. “Una soldadura hecha en la parte de atrás de una soldadura con bisel simple”. Una soldadura de respaldo es “un respaldo en forma de soldadura”. Una soldadura de reverso es aplicada después de que el frente es soldado, mientras que una soldadura de respaldo es depositada antes de soldar en lado frontal (AWS American Welding Society).

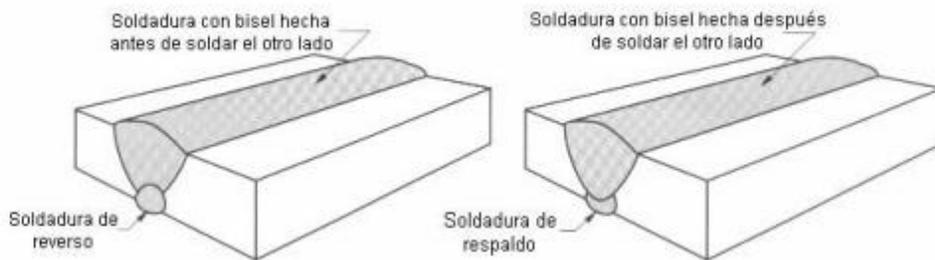


Figura 2.25 Izquierda: Soldadura de reverso; Derecha: Soldadura de respaldo.

### 2.4.8 Soldaduras de recargue

Este tipo de soldadura se aplica a la superficie de un metal. Una soldadura de recargue es definida como, “una soldadura aplicada a una superficie, oponiéndose a hacer una junta, para obtener las propiedades o dimensiones deseadas” (AWS American Welding Society).

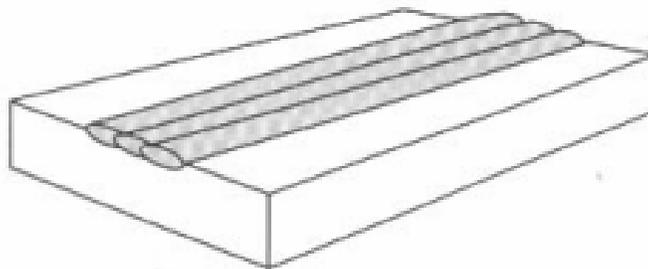
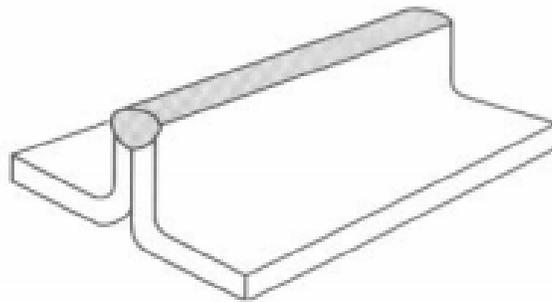


Figura 2.26 Soldadura de recargue.

#### **2.4.9 Soldaduras de componentes curvos**

Una soldadura de componentes curvos, en el caso del símbolo que la representa, se refiere a, “una soldadura hecha en los bordes de dos o más juntas de componentes, usualmente de poco espesor, con por lo menos un componente curvo”. Por eso, el símbolo representa el uso de un componente o componentes curvos y no el tipo específico de soldadura requerido. Una soldadura sobre bordes curvos es, “una soldadura en una junta en extremo, una junta a tope de componentes curvos o una junta en L de componentes curvos en las cuales el espesor completo de los componentes es fundido” (AWS American Welding Society).



**Figura 2.27 Soldadura en borde a tope con componentes curvos.**

## **CAPÍTULO 3**

# **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN UNIONES SOLDADAS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS**

## **3.1 NORMAS**

### **3.1.1 ¿Qué es una norma?**

Se entiende cómo norma a la regla o un conjunto de estas, una ley, una pauta o un principio que se impone, se adopta y se debe seguir para realizar correctamente una acción o también para guiar, dirigir o ajustar la conducta o el comportamiento de los individuos.

Norma es un término que proviene del latín y significa “escuadra”. Una norma es una regla que debe ser respetada y que permite ajustar ciertas conductas o actividades. En el ámbito del derecho, una norma es un precepto jurídico.

Es un documento que establece, por consenso y con la aprobación de un organismo reconocido, reglas y criterios para usos comunes y repetidos. Es decir, establece las condiciones mínimas que deben reunir un producto o servicio para que sirva al uso al que está destinado.

Una Norma es el resultado del trabajo técnico y acuerdos obtenidos entre las partes interesadas (integrantes) de los Comités Técnicos de Normalización Nacional del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (IMNC/CTNN).

Las normas están constituidas en un deber o debe ser, como deben ser los sujetos, existen diferentes formas de normas jurídicas o morales.

Las normas se diferencian de un lugar a otro y el tiempo.

Regulan las relaciones sociales de la vida cotidiana, donde le damos sentido a nuestras acciones (IMNC)

### **3.1.2 Norma jurídica**

En Derecho, una norma o regla jurídica es una regla general, precepto u ordenación, con derechos y deberes, establecida por una autoridad competente para ordenar el comportamiento y, por tanto, la convivencia del ser humano.

Esta es impuesta por obligación, cuyo incumplimiento trae aparejado una sanción. En este ámbito, existen diferentes tipos de normas, como las normas de orden público o privado, las normas imperativas, las normas permisivas, las normas permanentes, las normas transitorias, entre otras. Cuando esta norma jurídica va acompañada de algún tipo de delito se habla de norma penal (IMNC).

### **3.1.3 ¿Por qué son importantes las normas?**

Las normas están en todas partes y nos protegen a todos:

- Los productos elaborados conforme a normas son más aptos, más seguros, de buena calidad y poseen información para guiar al consumidor.
- Las normas aseguran la compatibilidad de los productos y la disponibilidad de repuestos que prolongan la vida útil del producto.
- Las normas facilitan el comercio, colaboran en la regulación del mercado, permiten la transferencia de tecnología y promueven el desarrollo económico.
- Las normas protegen la salud, seguridad y propiedad, de peligros, como el fuego, las explosiones, los químicos, las radiaciones y la electricidad.
- Las normas protegen el medioambiente.
- Las normas representan resultados probados de investigación tecnológica y desarrollo.
- En el ámbito empresarial, las normas sobre materiales y componentes facilitan los pedidos y aceleran las entregas.
- Las normas nacionales alineadas a las internacionales facilitan el acceso a los mercados de exportación.

- Las normas permiten innovar, anticipar y mejorar productos.
- Las normas de sistemas de gestión ayudan a encontrar oportunidades de mejora y reducir costos (IMNC).

#### **3.1.4 ¿Qué es la normalización?**

Según la ISO, es la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo, en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico.

#### **3.1.5 Grupos de interés y Comités Técnicos**

Las partes interesadas en normalización, comprenden a todos aquellos grupos que tienen un interés en la normalización porque son afectados por ella y por lo tanto, desean contribuir en el proceso de desarrollo de Normas.

Las partes interesadas participan en el trabajo técnico del IMNC nombrando personal con experiencia, para que sea representada y contribuir en el desarrollo de las normas. Los integrantes de los Comités, normalmente se componen de una mezcla de grupos de partes interesadas y representan las posiciones que han sido consolidadas entre los sectores que representan (IMNC).

### **3.1.5 Etapas de Desarrollo**

Las normas se desarrollan tomando en cuenta el consenso de acuerdo con las siguientes etapas:

- Etapa 0: Etapa preliminar
- Etapa 1: Etapa de propuesta
- Etapa 2: Etapa preparatoria
- Etapa 3: Etapa de comité
- Etapa 4: Etapa de encuesta
- Etapa 5: Etapa de aprobación
- Etapa 6: Etapa de publicación
- Etapa 9: Etapa de mantenimiento

## **3.2 NORMAS UTILIZADAS**

### **3.2.1 AWS D1.1**

El código contiene los requerimientos para fabricar y armar estructuras soldadas de acero. En la medida que se estipula en los documentos de contrato, se debe requerir el cumplimiento de todas sus provisiones.

Fue desarrollado específicamente para estructuras de hacer soldadas que utilizan aceros al carbón o de baja aleación con espesor de 1/8 de pulgada (3 mm) o mayor con una resistencia a la fluencia mínima especificada de 100 Ksi (690 MPa) o menor (AWS D1.1, 2010).

### **3.2.2 AWS D1.4**

Este código se debe aplicar a soldaduras de:

1. Acero reforzado a acero reforzado.
2. Acero reforzado a aleaciones de acero estructural de bajo carbón.

Cuando el documento es estipulado en documentos contractuales conforme con todas las provisiones que deben ser requeridas, excepto para provisiones especifique modificar (AWS D1.4, 2010)

## **3.3 ENSAYOS DESTRUCTIVOS**

### **3.3.1 Resistencia a la tensión**

Esta prueba es la que más se utiliza para verificar las siguientes propiedades mecánicas.

- Resistencia ultima a la tensión.
- Punto de cadencia.
- Porcentaje de elongación.
- Porcentaje de reducción de área.
- Ductilidad.
- Módulo de elasticidad.
- Limite proporcional.
- Limite elástico.
- Tenacidad.

Algunas de estas propiedades pueden ser determinadas directamente en la lectura de un medidor, mientras que otras resultan del análisis de la gráfica esfuerzo-deformación que se produce durante la prueba. La ductilidad se puede determinar haciendo mediciones comparativas de las probetas antes y después de la prueba.

Los mejores resultados se obtienen con una probeta de sección reducida y la preparación de la probeta es crítica, ya que pequeñas imperfecciones en el acabado de la superficie pueden resultar en reducciones significativas de la resistencia y ductilidad de la muestra.

Imagen

El análisis de la gráfica esfuerzo-deformación que se puede obtener durante un prueba de tensión nos proporciona importante información sobre el material a prueba (Inspección y sistemas de Calidad, S.A. de C.V., 2003).

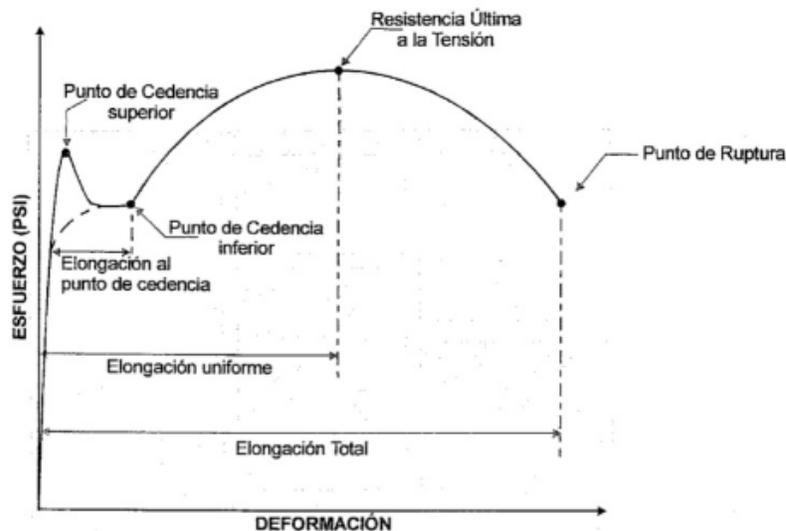


Figura 3.1 Grafica esfuerzo-deformación.

### 3.3.2 Prueba de doblez y doblez guiado

Las pruebas de dobles se utilizan típicamente para comprobar la ductilidad de material y el dobles puede ser libre o guiado. Sin embargo, en inspección de soldadura las pruebas de doblez casi siempre son efectuadas para verificar sanidad.

Se trata de doblar la placa superior hasta tocar la placa base y luego inspeccionar visualmente para detectar fallas del tipo de porosidad, falta de fusión, etc (Inspección y sistemas de Calidad, S.A. de C.V., 2003).

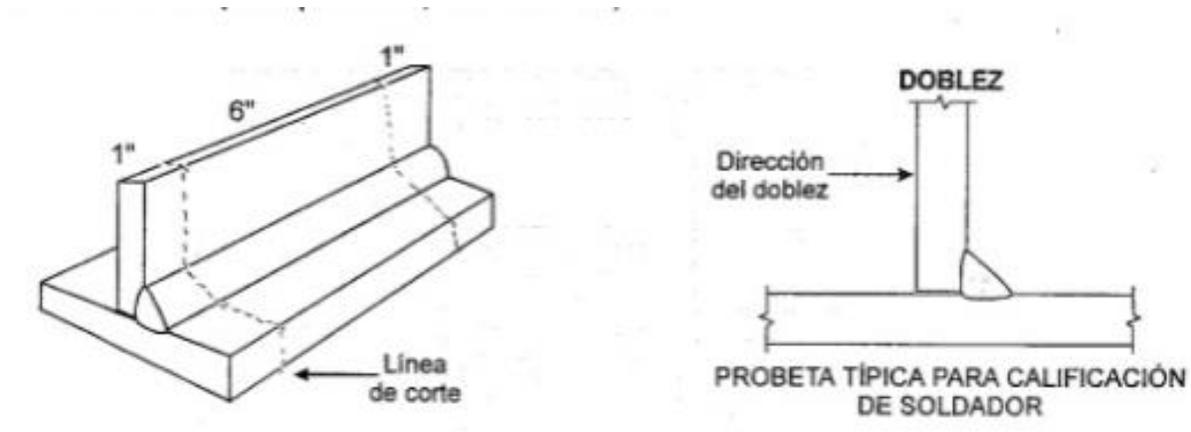


Figura 3.2 Preparación para prueba de doblez.

### 3.3.3 Prueba de dureza (Inspección y sistemas de Calidad, S.A. de C.V., 2003)

La dureza se define como la posición que presenta un material a ser indentado. Para determinar la dureza se utilizan diferentes tipos de indentadores.

PRUEBA	INDENTADOR	FORMA DE LA INDENTACIÓN
BRINELL	Esfera de acero o carburo de Tungsteno de 10 mm Ø	
VICKERS	Diamante piramidal	
KNOOP Microdureza	Diamante piramidal	
ROCKWELL		
A } C } D }	Diamante cónico	
B } F }	Esfera de acero de 1/16" Ø	
G } E }	Esfera de acero de 1/8" Ø	

**Figura 3.31 Tipos de durezas e indentación (Inspección y sistemas de Calidad, S.A. de C.V., 2003).**

La dureza es una de las medidas más fáciles de obtener debido a los diferentes métodos que se usan para determinarla.

- Dureza Brinell: Este método es comúnmente usado para determinar la dureza en piezas grandes de una gran variedad de materiales porque el indicador cubre un área relativamente grande.  
Un indicador, es forzado dentro de la superficie del objeto a prueba con una cierta carga, cuando esta carga es removida se mide el tamaño de la huella que quedo y se determina la dureza en tablas.
- Dureza Rockwell: Utiliza diferentes indentadores para diferentes rangos de dureza, los indentadores utilizados son puntas de diamante o esferas de acero.
- Dureza Vicker y Knoop: Se refiere a pruebas de micro dureza porque la impresión que dejan se debe observar con lupa, estas dos pruebas se utilizan para verificar dureza en piezas o áreas pequeñas y las dos utilizan indentadores de diamante piramidal, pero su configuración es diferente.

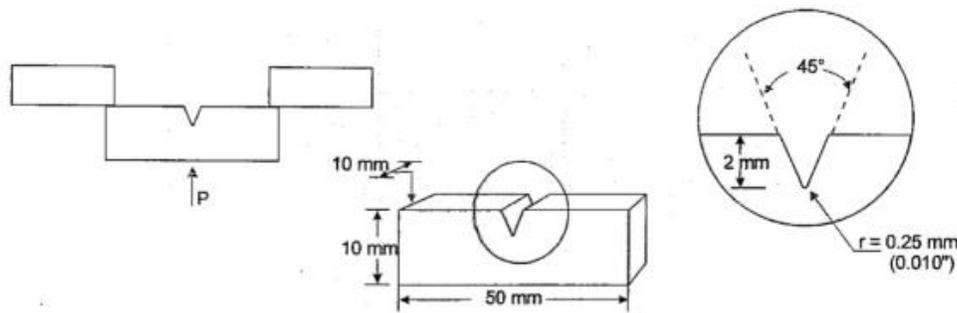
### 3.3.4 Pruebas de resistencia al impacto

Las pruebas de impacto nos permiten determinar la disminución en resistencia a la fractura causada por una carga repentina en presencia de una muesca.

Existen dos métodos fundamentales.

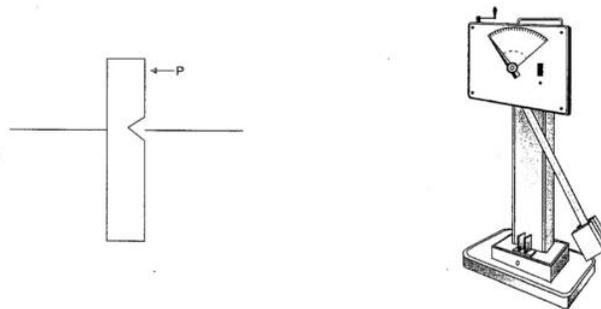
- La prueba Charpy.
- La prueba Izod.

En la prueba Charpy un probeta es de tipo rectangular soportada en sus extremos y con una muesca perfectamente definida es golpeada en forma transversal. La energía que se absorbe al fracturar la probeta es medida como una disminución en energía del péndulo que golpea.



**Figura 3.4 Prueba Charpy.**

En la prueba Izod el principio es el mismo, solo que el diseño de la probeta es diferente. La muesca tiene un radio agudo en la raíz y esto implica grandes diferencias en calores de energía absorbida entre aceros tenaces y frágiles (Inspección y sistemas de Calidad, S.A. de C.V., 2003).



**Figura 3.5 Prueba Izod.**

### 3.3.5 Prueba de macroataque

Las pruebas de macroataque son utilizadas con el fin de determinar:

1. La sanidad de la soldadura.
2. La distribución de las inclusiones no-metálicas en la soldadura.
3. El número de pasos.
4. La extensión de la zona afectada por el calor.
5. La localización y profundidad de penetración de la soldadura.

En las pruebas macroscópicas, después de hacer un corte transversal en la probeta y pulir según se requiera, se ataca con ácido o con algún otro agente para revelar la configuración de la soldadura. La observación se efectúa a simple vista o con aumentos de hasta 10 veces.

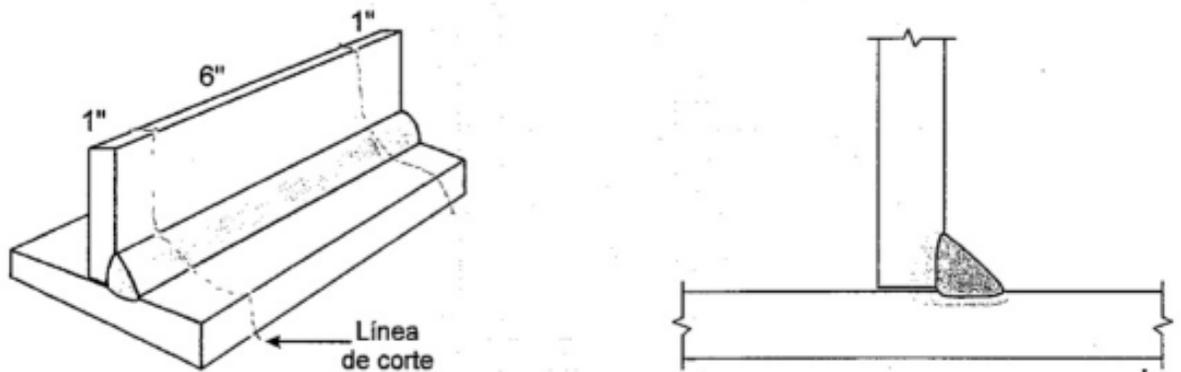


Figura 3.6 Corte Transversal.

Un procedimiento común y sencillo para aceros al carbón es el siguiente:

1. Después de cortar la probeta a las dimensiones requeridas se esmerila y pule la superficie a examinar hasta un acabado fino. Se ataca con una solución de persulfato de amonio (10%) y agua.
2. El ataque, que se realiza frotando con un algodón empapado de solución, se continúa hasta que hay una clara definición de la estructura de la soldadura y sus zonas adyacentes. Se lava con agua limpia y después con alcohol etílico y se procede a secar completamente. Para observar posteriores se cubre con un espesor fino de laca transparente (Inspección y sistemas de Calidad, S.A. de C.V., 2003) .

### **3.4 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

La información recopilada pertenece al manual de soldadura para inspectores.

Los ensayos no destructivos en la inspección a soldadura juegan un papel muy importante en la verificación de la sanidad interna y externa tanto en el metal base como en la soldadura.

#### **3.4.1 Inspección visual**

Esta inspección debe efectuarse antes, durante y después de la aplicación de la soldadura, ya que si solo se aplica como inspección final, es posible omitir detalles importantes que al final nos hagan rechazar la soldadura aplicada (COMIMSA, 2000).



**Figura 3.7 Inspección visual a soldadura apoyado por una lupa.**

Una de sus ventajas es que requiere poco equipo y el equipo auxiliar puede ser el siguiente:

Dispositivos de magnificación (lupas o estereoscopios).

Dispositivos de iluminación.

Boroscopio.

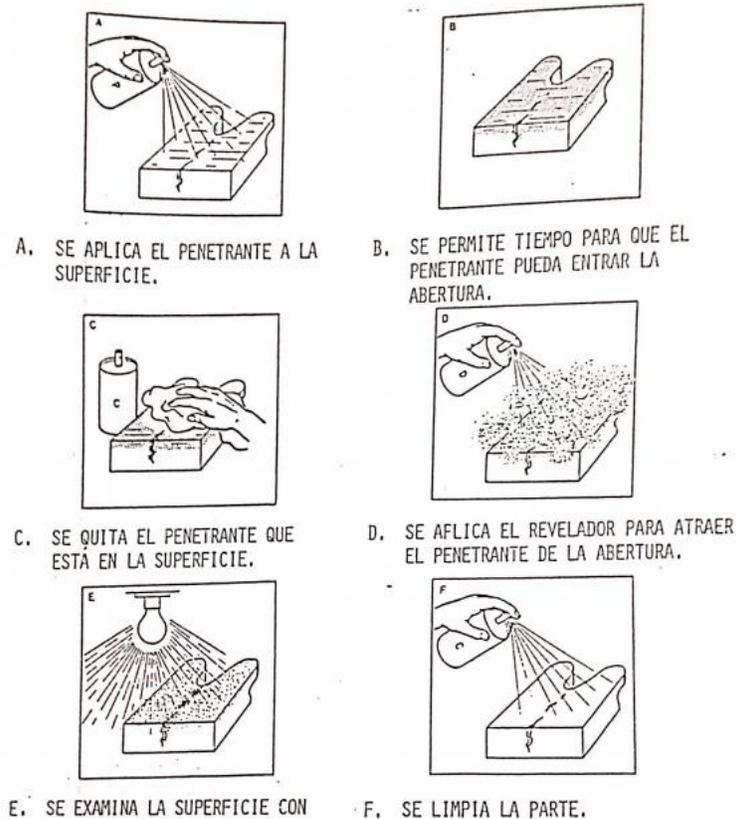


**Figura 3.8 Equipo para auxilio de inspección visual (lámpara).**

### 3.4.2 Líquidos penetrantes

Tiene como fin detectar discontinuidades superficiales, cuanta con una secuencia de inspección como la siguiente:

1. Pre-limpieza de la zona o pieza a inspeccionar.
2. Aplicación del líquido penetrante.
3. Tiempo de permanecia del penetrante.
4. Remoción del penetrante.
5. Aplicación del revelador.
6. Tiempo de permanencia del revelador.
7. Post-limpieza de la zona o pieza a inspeccionar.



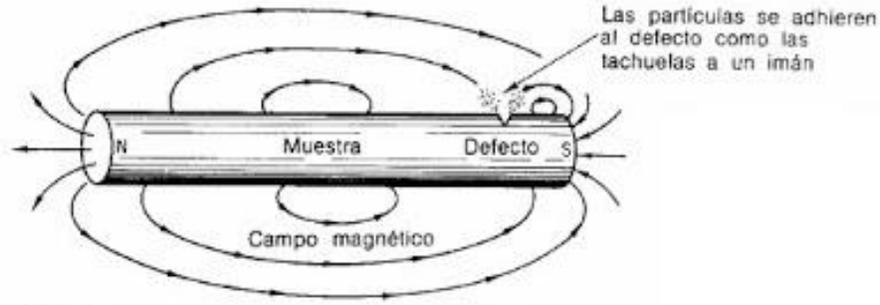
**Figura 3.9** Secuencia de inspección con líquidos penetrantes.

Tipos de penetrantes: Visible (contraste por color), fluorescente (contraste por brillo) y duales.

Método de remoción: Lavables con agua, post-emulsificada, removibles con solventes (COMIMSA, 2000).

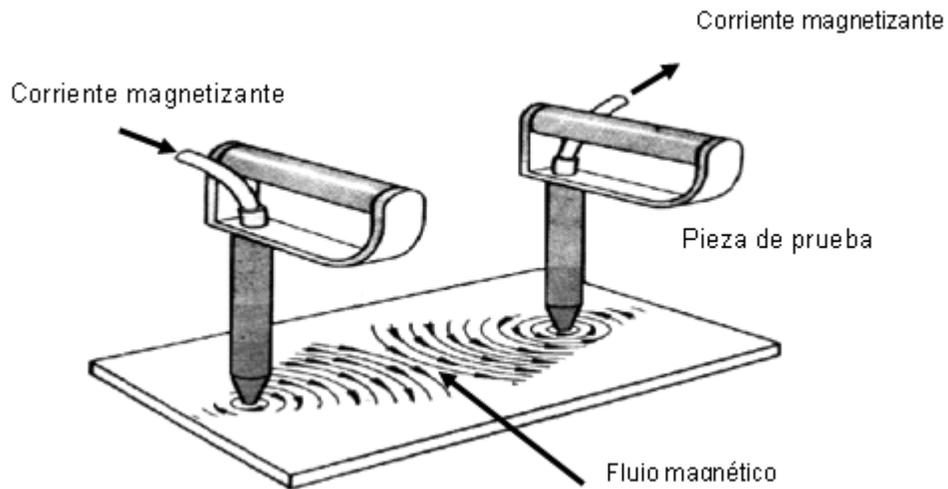
### 3.4.3 Partículas magnéticas

Este método es utilizado para localizar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos. La inspección por partículas magnéticas está basada en el principio de que líneas de fuerza magnética serán distorsionadas en cualquier cambio en la continuidad del material inspeccionado.



**Figura 3.10 Flujo magnético.**

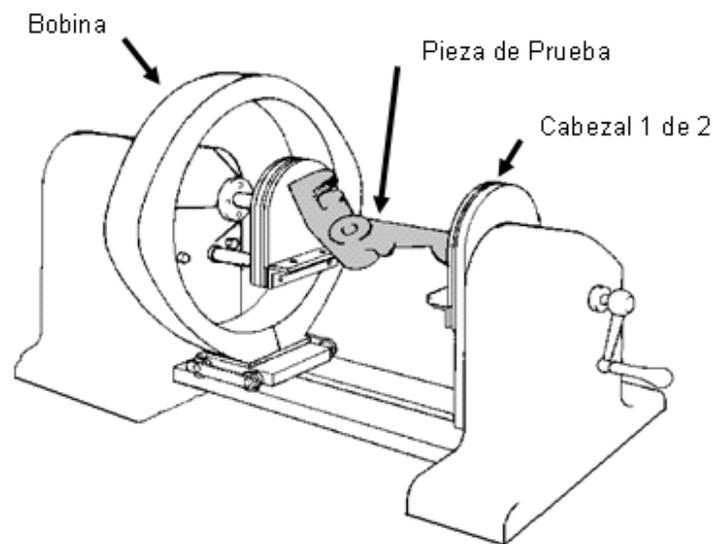
Una soldadura podrá magnetizarse pasando corriente eléctrica a través de la misma. En el método de magnetización directa se utiliza generalmente corriente directa o con corriente directa de media onda o de onda completa tiene la habilidad de penetración.



**Figura 3.11 Magnetización directa.**

La detección de discontinuidades ligeramente subsuperficiales depende de algunas variables diferentes como: método de magnetización, tipo de corriente, dirección y densidad del flujo magnético, propiedades de soldadura.

Cuando se evalúa solamente discontinuidades superficiales, se utiliza generalmente el método de magnetización indirecta y corriente alterna. La corriente alterna tiene una habilidad de penetración baja, lo cual permite al campo magnético concentrarse en la superficie de la soldadura (COMIMSA, 2000).



**Figura 3.12 Magnetización indirecta.**

### 3.4.4 Radiografía

Es un método de inspección no destructiva que utiliza radiación ionizante para penetrar una soldadura y revelar las condiciones internas de la misma. Cuando una soldadura es expuesta a la radiación ionizante, parte de esta radiación se dispersa, parte se absorbe y parte se transmite a través de la misma hasta llegar a un dispositivo de detección. A mayoría de los ensayos actuales de radiografía involucran sistemas de registro permanente por medio de películas radiográficas o videos.

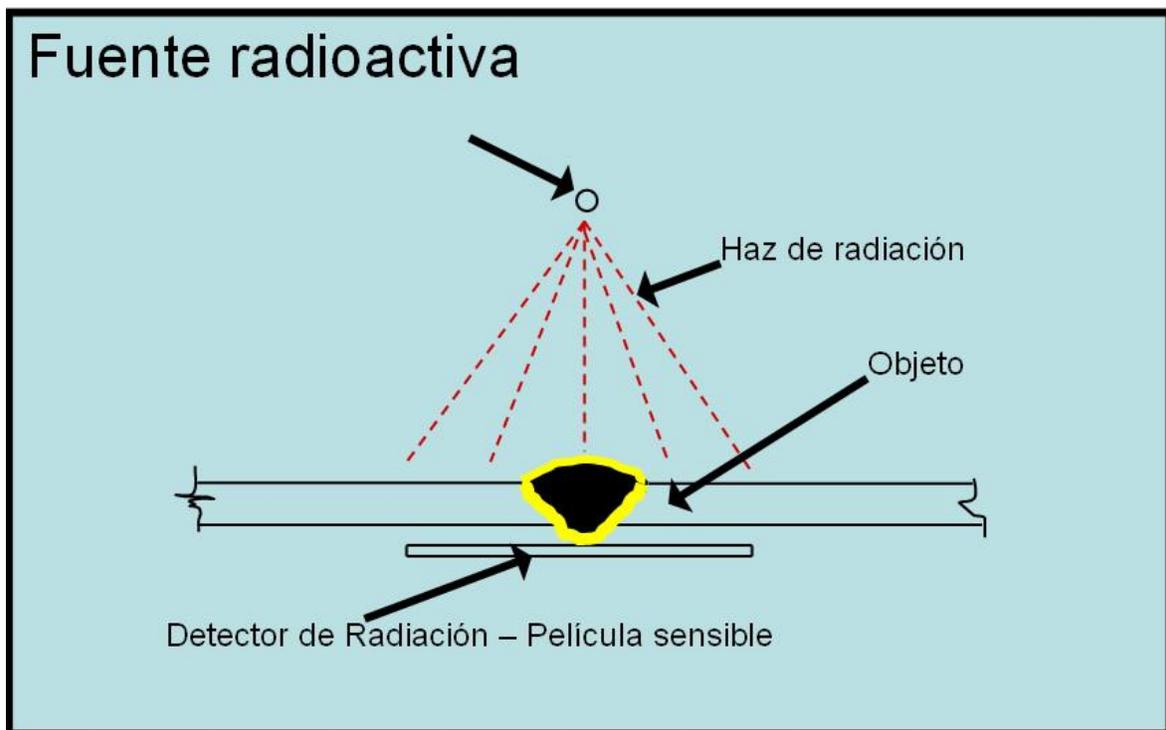


Figura 3.13 Ensayo de radiografía.

El ensayo de radiografía involucra en general dos pasos: la elaboración de la radiografía y su interpretación.

Los elementos necesarios para llevar a cabo estos dos pasos son los siguientes:

1. Fuente de radiación.
2. Soldadura a radiografiar.
3. Película radiográfica.
4. Personal capacitado para efectuar el ensayo.
5. Proceso químico para revelado de la película.
6. Personal capacitado para interpretar la radiografía.

Se utilizan generalmente dos fuentes de radiación, en la inspección de soldadura y que son equipos de rayos X e isótopos radioactivos (rayos gamma).

Los rayos X para inspección en campo son generados por equipos de baja energía capaces de radiografiar objetos de espesores relativamente bajos. La radiación gamma en la inspección de campo es generada por el isótopo Iridio (Ir 92) con el cual puede inspeccionarse hasta pieza de aproximadamente 3" de espesor.

La película radiográfica, es otro elemento esencial en este ensayo, el cual consiste en un plástico delgado, transparente que contiene en cada cara una emulsión de cristales de bromuro de plata. Esta emulsión es sensible a la radiación tal y como lo es la película radiográfica lo es a la luz.

El revelado de la película convierte la imagen producida en la emulsión por la exposición a la radiación en una imagen visible permanente.

La interpretación de una radiografía consiste en evaluar las imágenes resultantes de varias regiones claras y oscuras en la película.

Las regiones oscuras representan las partes de la soldadura más fácilmente penetradas por la radiación, mientras que las regiones claras representan las áreas más difícilmente penetradas por la radiación.

La interpretación se lleva a cabo generalmente en cuartos con baja iluminación y colocando la película en una fuente de luz brillante.

Una limitación significativa del ensay por radiografía es el hecho de que las discontinuidades deben ser preferentemente paralelas en su mayor dimensión respecto a la dirección del haz de radiación. Esto generalmente no es un problema para porosidades o inclusiones de escoria y a que estas tiene generalmente una sección transversal redonda. En cambio, en el caso de grietas, fusión incompleta y laminación, estas discontinuidades son difíciles o imposibles de detectar dependiendo de su orientación (COMIMSA, 2000).

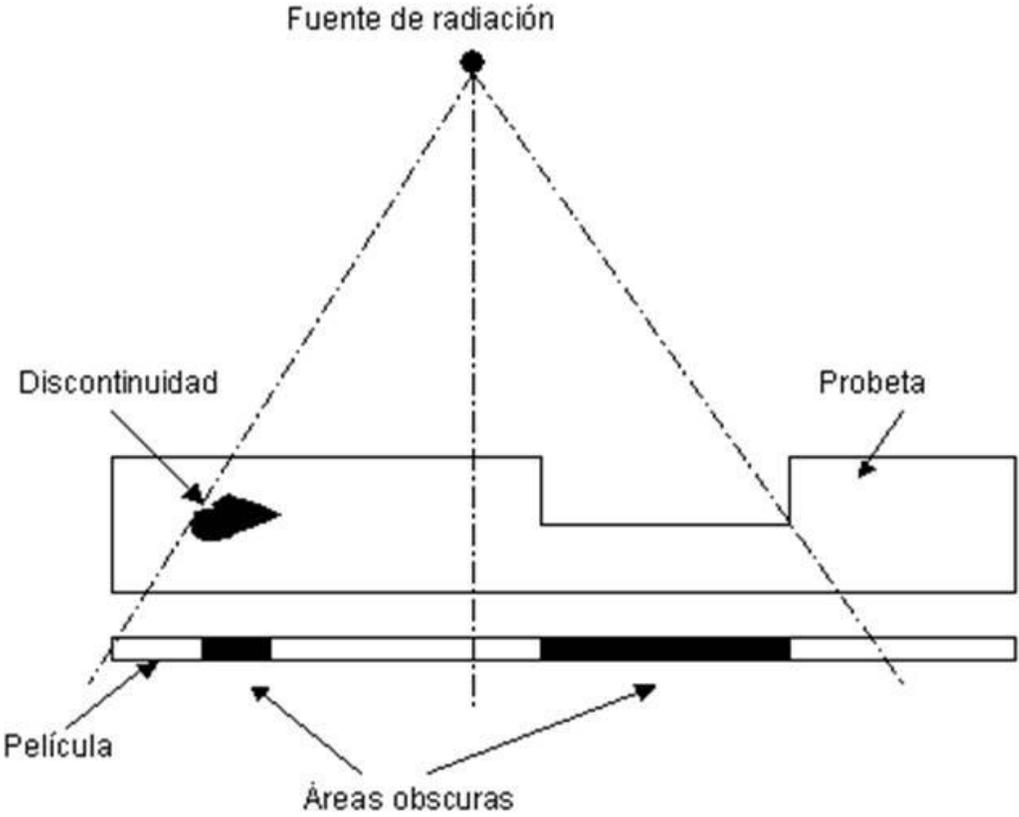
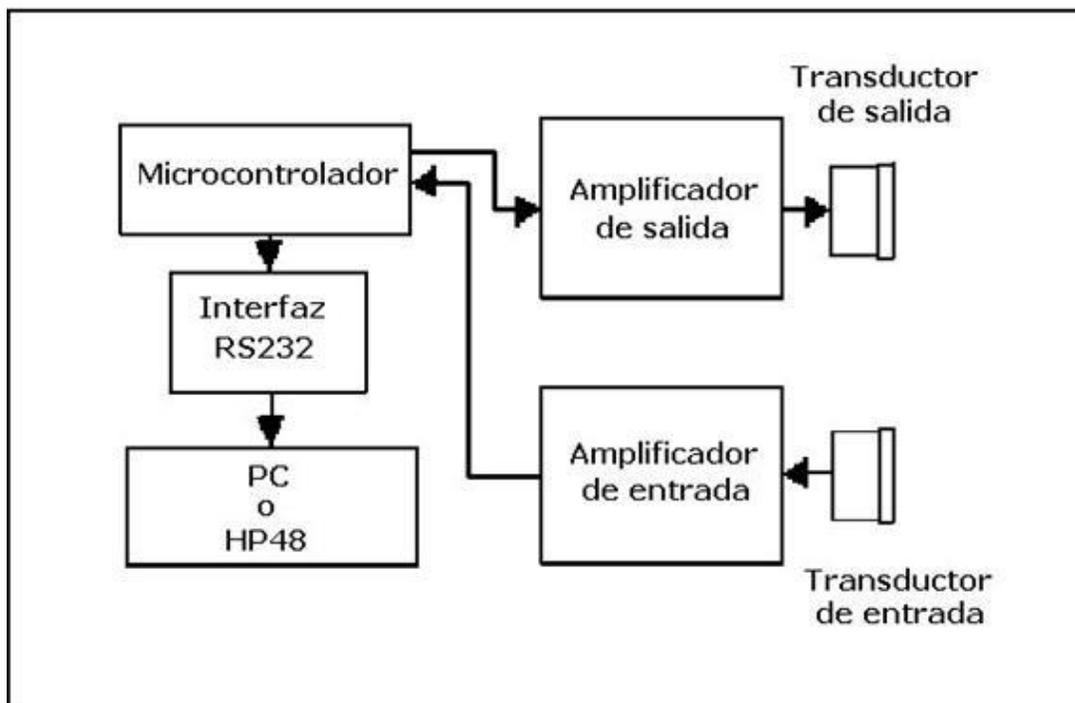


Figura 3.14 Detección por radiografía de discontinuidades planares en varias orientaciones.

### 3.4.5 Ultrasonido

La inspección por ultrasonido es uno de los métodos de inspección no destructivos más ampliamente usados. Su aplicación es la detección y caracterización de discontinuidades internas y superficiales, medición de espesores, determinación de adherencia, etc.

En la inspección de soldadura se utiliza generalmente el método de pulso-eco en la presentación SCAN-A. Este sistema utiliza un tubo de rayos catódicos que muestra la información del ensayo.

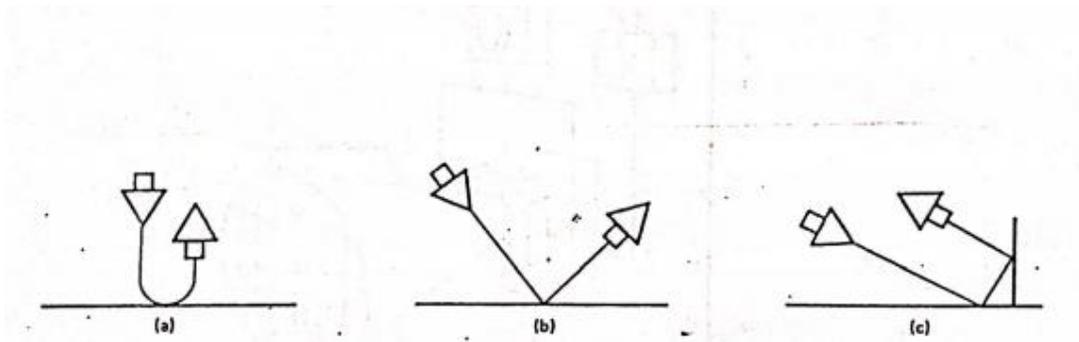


**Figura 3.15 Diagrama general de un equipo pulso-eco de ultrasonido.**

El principio consiste en introducir al material a inspeccionar ondas sónicas de alta frecuencia para detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales. Las ondas de sonido viajan a través del material con alguna pérdida de energía (atenuación) y es reflejado en las interfaces. El haz de sonido reflejado es detectado y análisis para definir la presencia y localización de una discontinuidad.

En muchos aspectos la onda de ultrasonido es similar a las ondas de luz; ambas son ondas y obedecen a una ecuación general de onda.

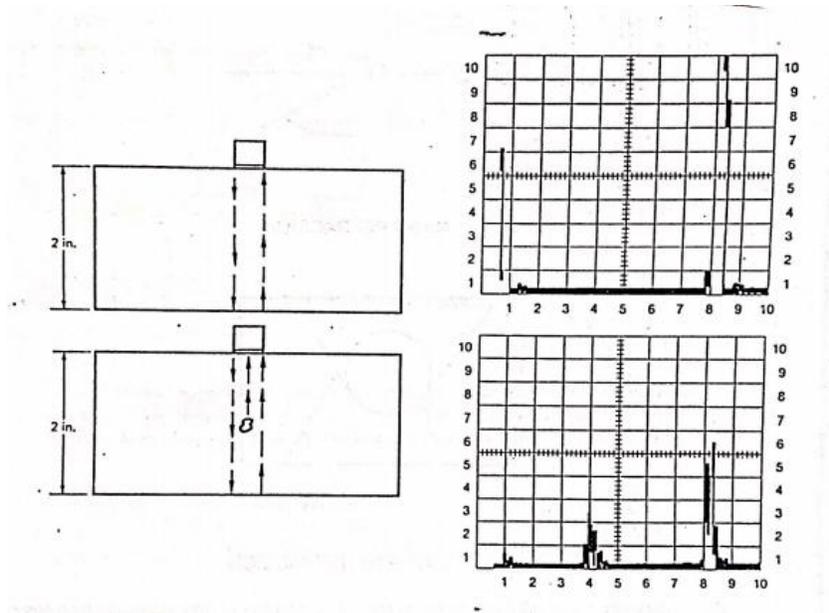
Las ondas de ultrasonido son reflejadas por superficies; refractadas cuando cruzan por una interface entre dos substancias que tienen diferentes velocidades acústicas; y difractadas en esquinas y obstáculos circulares. A dispersión debida a acabados superficiales rugosos, partículas o tamaño de grano grande reduce la energía del haz ultrasónico.



**Figura 3.16 Reflexión de sonido en interfaces, a) indicación normal, b) indicación de ángulo, c) indicación de esquina.**

En la inspección por ultrasonido se utiliza por lo general ondas longitudinales u ondas transversales. Las frecuencias más comúnmente utilizadas son de 1 a 5 MHz con haces e sonido o ángulos de  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ .

En la inspección con haz recto; el sonido transmitido perpendicularmente a la superficie de entradas del sonido.



**Figura 3.17 Inspección con haz recto.**

Cuando se inspecciona una pieza con caras paralelas se obtiene un eco de reflexión en el tubo de ensayo catódico (TRC) y si existe una discontinuidad entre estas dos caras, también aparecerá una señal debida a la discontinuidad en el TRC.

Utilizando un bloc de referencia el cual cuenta con una discontinuidad artificial o natural de tamaño conocido, es posible calibrar el equipo y así calcular aproximadamente el tamaño de las discontinuidades detectadas.

En la mayoría de las inspecciones de soldadura se efectúan utilizando la técnica de haz angular. Idealmente solamente aparecerán en el TRC señales originadas por discontinuidades durante la inspección. Desafortunadamente en muchas ocasiones se obtienen ecos debidos a la configuración geométrica de la pieza inspeccionada.

Por lo tanto cuando se lleva a cabo una inspección por ultrasonido se deberá de tener cuidado de no reportar como una discontinuidad una señal debida a la configuración de una pieza.

Es por lo general deseable que el haz de sonido intercepte el plano de la discontinuidad lo más cercano posible a los 90° de tal manera que la mayor parte del sonido sea reflejado hacia el transductor. Es importante, en lo posible inspeccionar el total de la soldadura y zona afectada por el calor, así como el metal base adyacente. Frecuentemente se utilizan transductores de más de un ángulo para así interpretar discontinuidades lo más cercano posible a los 90°.

Las principales ventajas de la inspección por ultrasonido respecto a los otros métodos de inspección no destructiva de refacciones son:

1. Es posible inspeccionar piezas de dimensiones relativamente grandes.
2. Su alta sensibilidad permite la detección de discontinuidades muy pequeñas.
3. Mayor cantidad en determinar la posición de discontinuidades internas y estimar su tamaño y caracterizar su orientación, forma y naturaleza.
4. Se requiere acceso por una sola cara.
5. Mayor rapidez de resultados.

Las desventajas del método son:

1. La operación manual requiere de la cuidadosa atención de técnicos expertos.
2. Se requiere un gran conocimiento técnico para el desarrollo de sistemas de inspección.
3. Es difícil de inspeccionar componentes con superficie muy rugosa, de forma irregular, muy pequeños, delgados o inhomogeneos.
4. Las discontinuidades que están inmediatamente por debajo de la superficie son difíciles de detectar.
5. Se requiere estándares de referencia para calibrar el equipo.

(COMIMSA, 2000)

Como resultado de los diferentes ensayos no destructivos, tenemos diferentes indicadores dependiendo del método empleado, en una inspección visual podemos encontrar fisuras grietas, porosidades o socavados, estas fallas son superficiales, en líquidos penetrantes se observa un cambio de color, debido a que el último líquido deja una capa blanca en la junta que a su vez, comienza a extraer el líquido rojo penetrante y es ahí donde encontraremos las fallas, ya que, se comenzara a observar manchas rojas y si hay fallas, comenzara a supurar el líquido, viéndose de color morado, en la radiografía, encontramos películas que nos muestran la junta, ahí vemos sombras que nos revelarán si existe alguna falla interna o superficial en la pieza analizada, en ultrasonido, sabremos si tenemos fallas al momento en el que se nos muestra una señal mayor a la que hayamos colocado en el equipo, esta señal la obtendremos de un patrón estandarizado, al pasar el límite que se nos muestra en pantalla sabremos que estamos ante una discontinuidad en la pieza, todas estas fallas, son analizadas bajo el código empleado AWS D1.1 y AWS D1.4 que son los utilizados, teniendo sus propios criterios de aceptación en cada tipo de unión.

## **CAPITULO 4**

# **DESARROLLO DEL PROYECTO**

El proyecto de residencia se basó en las siguientes actividades para realizar:

1. Reconocimiento del área a realizar el proyecto.
2. Investigar acerca de las normas para ensayos no destructivos.
3. Selección de ensayos no destructivos aplicables al proyecto: “Ensayos no destructivos a elementos estructurales de acero para la obra Liverpool Tuxtla Oriente, en el área de bulbos, montacargas y elevadores.
4. Elaboración de reportes y esquemas e informes de hallazgos de sitio.

Las actividades comenzaron desde el 20 de Junio del 2016 en las instalaciones de la empresa Calidad en MIPyMES.

#### **4.1 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA A REALIZAR EL PROYECTO**

Las actividades se realizaron en dos locaciones diferentes, los cuales fueron: la empresa Calidad en MIPyMES, en donde se realizó la investigación acerca de normas aplicadas a los ensayos no destructivos y elaboración de reportes; la segunda ubicación fue la correspondiente a la obra “Liverpool Tuxtla Oriente” ubicada en la salida oriente de la ciudad.

Esta tarea fue una de las que más tiempo llevo en completar, debido a que al comenzar con el proyecto de bulbos, la construcción era solo de un nivel, siendo que se realizaban las inspecciones en los bulbos de acero de refuerzo de  $\frac{3}{4}$  y 1 pulgada de diámetro en planta baja de la obra, siendo que mediante jornadas, previamente pactadas con los clientes y la empresa, el avance en de la obra iba a la par de las inspecciones de bulbos, terminando de realizar las inspecciones en el tercer nivel a finales de agosto.

A la par de estar haciendo los ensayos en bulbos, también se comenzó a inspeccionar los proyectos de la obra denominados como: “Foso montacargas” y “Elevadores de clientes”. Por lo tanto, la actividad de reconocer el área de trabajo finalizó cuando se acabaron las labores de colocar acero estructural en el tercer nivel, justo antes de proceder con los trabajos de soldadura realizados por personal de la contratista.

## **4.2 NORMAS PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

Las dos normas que se aplicaron al proyecto fueron las de los códigos de la American Welding Society (AWS).

### **4.2.1 AWS D1.4**

Este código, se usó para la elaboración de un WPS (Procedimiento de soldadura) para el material varilla de acero de refuerzo, el cual se realizó con las recomendaciones del código, apoyándose con los planos solicitados en obra a la contratista y simulando las condiciones del trabajo que se estaría realizando en campo.

Además de tomar en consideración los criterios de aceptación de la unión soldada, para ser aceptable después de la inspección por líquidos penetrantes, dicha prueba no destructiva es recomendada por el código para su aceptación.

### **4.2.2 AWS D1.1**

Este código es usado para el acero estructural, el cual sirvió para realizar diferentes WPS's dependiendo del perfil de HSS que se usó en campo, dicho material había sido especificado en planos por la contratista responsable del proyecto, los cuales habían sido solicitados al inicio del proyecto.

Los criterios mencionados en el código se emplearon para la aceptación de casi el total de juntas producidas en campo.

Ambos códigos sirvieron para realizar calificación a soldadores, ya que ellos no contaban con una calificación previa, y así poder realizar actividades de soldadura en los proyectos de la obra.

## **4.3 SELECCIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS APLICABLES AL PROYECTO**

### **4.3.1 Inspección Visual**

El código D1.1 marca la inspección visual como un ensayo que se tiene que realizar antes de hacer cualquier otro, y este debe de ser:

- Antes: Durante la preparación de la junta, se tiene que inspeccionar que la junta esté preparada lo mejor posible.
- Durante: Supervisar que el soldador, este trabajando bajo los parámetros establecidos en el procedimiento de soldadura.
- Después: Una vez terminado el trabajo de soldadura en la junta se procede a hacer la inspección visual, para determinar si es aceptable o no, de acuerdo a los criterios marcados en el código.

### **4.3.2 Ultrasonido y Radiografía**

Este método se utilizó para la calificación de soldadores, siendo un método de inspección volumétrico, ya que podemos encontrar fallas dentro o en la superficie de la junta, es un método recomendado por el código, al igual que el de radiografía, siendo métodos establecidos para la calificación de soldadores, las juntas que resulten aceptables harán que los trabajadores queden calificados.

### **4.3.3 Líquidos Penetrantes**

El código D1.4 establece este método como uno de inspección superficial, además de ser marcado como un método de inspección para el acero de refuerzo, este método se usó en el caso de los bulbos.

#### **4.4 ELABORACIÓN DE REPORTES, ESQUEMAS E INFORME DE HALLAZGOS DE SITIO**

El primer trabajo que se hizo al iniciar labores en la obra Liverpool Tuxtla Oriente fue en el área de bulbos en el nivel de planta baja, así que se solicitaron las propiedades del material utilizado, en este caso el acero de refuerzo de  $\frac{3}{4}$  y 1 pulgada de diámetro, también se le solicito un WPS (Especificación de Procedimiento de Soldadura) a la contratista encargada de la realización de los bulbos en el acero de refuerzo, al no contar con uno para el proceso, se les realizo un WPS que se acomodara al proceso en campo.

##### **4.4.1 WPS (Especificación de Procedimiento de Soldadura) Área de bulbos**

Su realización fue apoyándonos en el código AWS D1.4 especial para el acero de refuerzo.

Sabiendo cuales son las variables esenciales para el proceso de soldadura se elaboró dicho procedimiento.

- Diseño de junta.
- Metal base.
- Material de relleno.
- Tratamiento térmico.
- Características eléctricas (Polaridad, amperaje, voltaje).
- Técnica de aplicación.

Estas variables, son importantes, ya que de ellas depende directamente la calidad de la soldadura, por ejemplo: al variar el voltaje o el amperaje en la corriente del soldador, este podría tener un avance mayor pero dejara mucho chisporroteo o ira dejando socavados en la junta, haciéndola que sea no aceptable.

#### **4.4.2 Reporte de Calificación de soldadores en bulbos**

El aseguramiento de la calidad es muy importante, y debido a eso, a las normas y al código que establece que solo se puede tener personal calificado para realización de soldadura en las juntas, solicitamos calificaciones de los 5 soldadores que se encontraban laborando, y debido a que ninguno de ellos contaba con calificación, se calificó al personal, reproduciendo en la calificación la juntas de campo.

Se realizaron diez probetas, siendo dos por cada soldador, las diez probetas pasaron la inspección visual al no contener grietas, porosidades y socavados; al no contar con el equipo requerido para la elaboración de la prueba de radiografía se hicieron en un laboratorio con el equipo necesario.

Los resultados de las pruebas fueron que dos de los cinco soldadores fueron aceptables, a las probetas que resultaron no aceptables, se les aplicó una prueba de tensión en la cual resultaron aceptables, al resultar que no fallaron en la zona de soldadura al tener una mayor resistencia última.

A continuación se coloca un ejemplo de un reporte de calificación de soldador con algunos datos usados para el proyecto, tomando en cuenta el código D1.4

# REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR \*1

EMPLEADOR: (Nombre de la contratista).

OBRA: LIVERPOOL TUXTLA ORIENTE.

RFC: (RFC de la contratista).

CATEGORÍA: SOLDADOR	FECHA: DD/MM/AA	IDENTIFICACIÓN: (Número de seguridad social del IMSS).
NOMBRE:		
CURP:		
	HUELLA DIGITAL (IZQ).	HUELLA DIGITAL (DER).
ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA No.JFS-2016-01		

ESTE DOCUMENTO ES VÁLIDO PRESENTANDO EN ORIGINAL: LA CREDENCIAL DE ELECTOR, CEDULA PROFESIONAL O PASAPORTE.

VARIABLES	REGISTRO DE VALORES USADOS EN LA CALIFICACIÓN	RANGO DE CALIFICACIÓN
TIPO DE PROCESO	SMAW	SMAW
ELECTRODO (UNO)	5/32"	5/32" Y MENOR
CORRIENTE Y POLARIDAD	CDEP	CDEP
POSICIÓN	2G	1G Y 2G
MATERIAL DE RESPALDO	SIN RESPALDO	CON O SIN RESPALDO
ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL (VARILLA)	ASTM 615M	ASTM 615M
DIAMETRO METAL BASE (VARILLA)	D= 31.8 mm (10)	D= 31.8 mm (10)
METAL DE APORTE, CLASIFICACIÓN 5.5	E 9018	E 9018
ENSAYOS:		
INSPECCIÓN VISUAL: <b>APROBADO</b>	MACROATAQUE: NO REALIZADO	
TENSIÓN: <b>APROBADO</b>	RADIOGRAFÍA: NO <b>APROBADO</b>	

NOSOTROS CERTIFICAMOS QUE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE REGISTRO ES CORRECTA Y QUE LA UNIÓN FUE PREPARADA, SOLDADA Y EVALUADA DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO **AWS D1.4**.

**Al final se coloca el registro asignado como inspector, el nombre del inspector y la cedula profesional, además de contar con la firma del inspector para avalar el documento.**

\*Por cuestiones de privacidad con la empresa los logos fueron retirados, dejando solamente el cuerpo del reporte.

Con este documento se avala que el soldador hace bien su trabajo, por lo tanto puede continuar haciendo los trabajos de soldadura en bulbos, además de servirle para trabajos próximos en donde le soliciten calificación para trabajar en diferentes obras.

#### **4.4.3 Reportes de aceptación de bulbos con ensayo de Líquidos Penetrantes**

Como se había mencionado antes, los líquidos penetrantes son una forma de asegurar la sanidad de una junta soldada y es uno de los ensayos no destructivos (END) más utilizados en la industria, debido a su rapidez y facilidad de uso.

En cada jornada realizada a la obra se hacía una inspección a 10 bulbos que se seleccionaban al hacer en las columnas que se iban preparando para ser coladas.

Una vez que se tenían seleccionadas cuales eran los bulbos que se tenían para inspección, se les hacía un trabajo de limpieza, el cual consistía en la remoción del óxido generado en su superficie y eliminar la escoria que se pudiera presentar después de terminada la unión.

En relación a lo antes visto se procede a esto, se aplica un líquido limpiador, para terminar la limpieza de la zona, posterior a esto se aplicaba el líquido penetrante de color rojizo, aplicando suficiente líquido de manera que la junta lo absorbiera, pasados aproximadamente de 10 a 15 minutos, se remueve el exceso de líquido y se vuelve a poner el limpiador y puliendo la superficie con un pañuelo o trapo, para finalmente colocar el líquido revelador, que es el que traerá de vuelta a la superficie el líquido penetrante, el revelador forma una capa blanca en la superficie, por lo tanto en donde haya una grieta, socavado o porosidad, se mostraría una mancha de color morada, con líquido en exceso y se sabría que hay una imperfección en la unión soldada.

A continuación se presenta un ejemplo de reporte de inspección por líquidos penetrantes para la obra Liverpool Tuxtla Oriente en área de bulbos.

USUARIO: <b>Contratista</b>		HOJA 1 DE 2	
LUGAR DE EVALUACIÓN:		OBRA	
PROCEDIMIENTO No <b>LP01-2016</b>		NORMA: <b>(AWS D1.4)</b>	
MÉTODO: <i>Líquidos penetrantes (rojos), removibles con solvente.</i>		REPORTE: <b>CALIDAD EN MIPYMES-2016/##</b>	

**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS POR LÍQUIDOS PENETRANTES A SOLDADURAS DE ACERO DE REFUERZO:**

SE ANALIZARON **10** SOLDADURAS DE RANURA EN ACERO DE REFUERZO, CORRESPONDIENTE AL ARMADO DE COLUMNAS QUE SE UBICAN EN LOS EJES A42, B42 Y C43 DEL 1<sup>ER</sup> PISO (NIVEL 6.10); SIENDO 3 BULBOS EN LAS COLUMNAS A42 Y B42 Y 4 BULBOS EN LA COLUMNA C43.

DE LAS PRUEBAS REALIZADAS CON LÍQUIDOS PENETRANTES SE OBTUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS: 10 BULBOS ACEPTABLES, COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN.

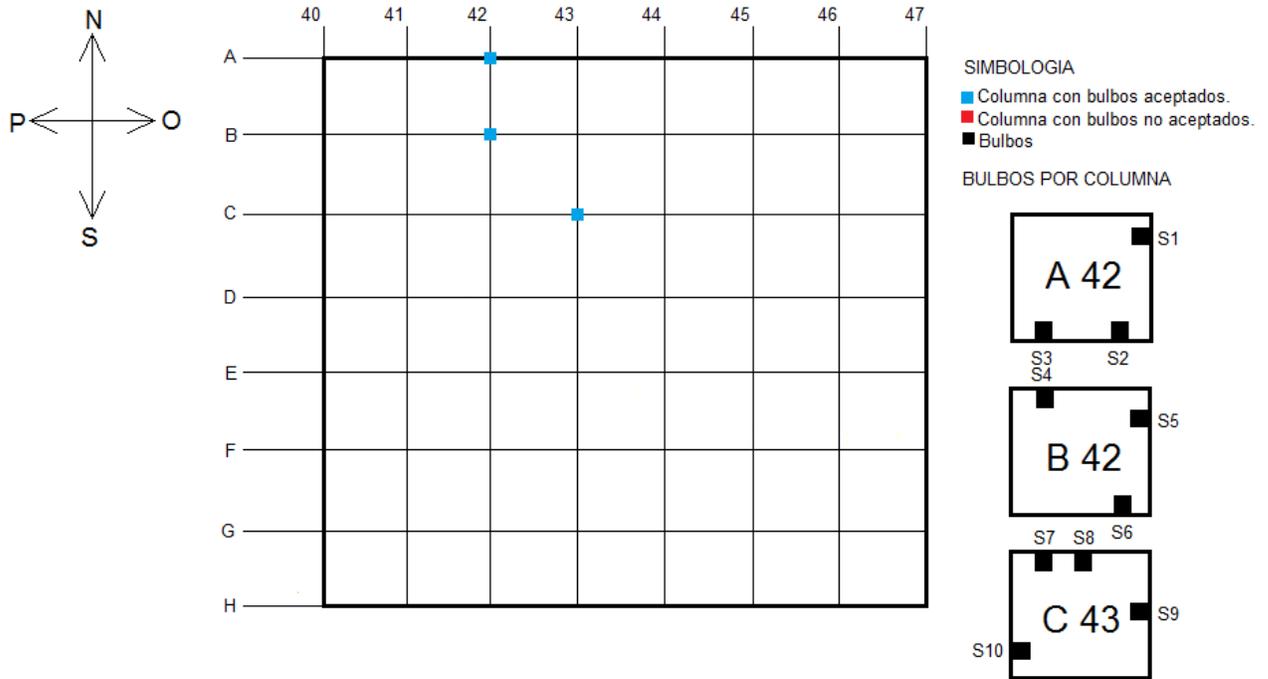
- A42—EN S1, S2 Y S3 NO SE DETECTARON DEFECTOS, POR LO QUE SE CONSIDERAN ACEPTABLES.
- B42—EN S4, S5 Y S6 NO SE DETECTARON DEFECTOS, POR LO QUE SE CONSIDERAN ACEPTABLES.
- C43—EN S7, S8, S9 Y S10 NO SE DETECTARON DEFECTOS, POR LO QUE SE CONSIDERAN ACEPTABLES.

\*Denotando a cada junta con la letra “S”.

PRESENTA
Nombre del inspector.
<i>Aquí se coloca la licenciatura y la cedula profesional del inspector.</i>

USUARIO: <b>Contratista</b>		HOJA 2 DE 2	
LUGAR DE EVALUACIÓN:	OBRA.		
PROCEDIMIENTO No.:	<b>LP01-2016</b>	NORMA:	<b>(AWS D1.4)</b>
METODO:	<i>Líquidos penetrantes (rojos), removibles con solvente.</i>		REPORTE: <b>CALIDAD EN MIPYMES-2016/##</b>

ESQUEMA PARA LA UBICACIÓN DE LOS BULBOS EN COLUMNAS.



PRESENTA
Nombre del inspector.
<i>Aquí se coloca la licenciatura y la cedula profesional del inspector.</i>

#### **4.4.4 WPS Para Elevadores de clientes y Foso montacargas**

Al comenzar actividades en los proyectos de Elevadores de Clientes y Foso montacargas, se solicitaron los planos de trabajo, en donde se especificaban los materiales que se usarían durante el trabajo, junto con medidas y preparaciones que deberían de tener las juntas a soldar.

Al igual que en bulbos se hizo una solicitud de un procedimiento (WPS) y calificación de los soldadores que iban a trabajar, al no contar con un procedimiento y la calificación de cada soldador, se elaboró el procedimiento que usarían en la producción de soldadoras en campo y uno para la calificación de soldadores, tomando en cuenta el código AWS D1.1 para acero estructural y las variables esenciales.

A continuación se muestra un ejemplo de WPS para calificación usado en elevadores y foso montacargas.

# Especificación de procedimiento de soldadura, precalificado (WPS).

## ID. WPS-LTO-JFCA-PCJC

Obra:

Proceso de soldadura: Arco Manual con Electrodo Revestido (SMAW).

PQR: Precalificado por AWS D1.1

### DISEÑO DE JUNTA

- POSICIÓN DE LA JUNTA: A tope.
- TRATAMIENTO DE LA RAÍZ: Bisel en "V" 60°.
- ABERTURA DE RAÍZ: 3 mm.
- CARA DE RAÍZ: 2 mm.

### METAL BASE

Especificación del material: Placa de 19 mm de espesor ASTM-A36.

### MATERIAL DE RELLENO

Especificación del material: E-7018 Clasificación: AWS A5.5

Describir el metal de relleno: Electrodo de 3.2 mm de diámetro.

### TRATAMIENTO TÉRMICO

No aplica.

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Corriente Directa Electrodo al Positivo (+).

### TÉCNICA DE APLICACIÓN

Cordones en serie con oscilación de 2 veces el diámetro del electrodo.

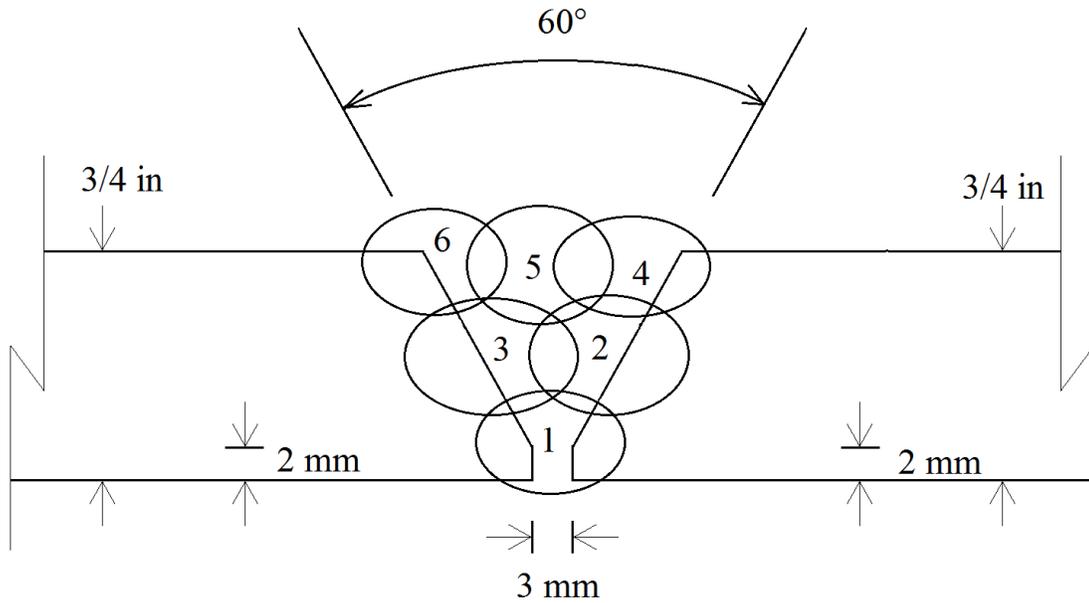
# Especificación de procedimiento de soldadura, precalificado (WPS).

ID. WPS-LTO-JFCA-PCJC

## PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.

Paso(s)	Metal de aporte		Variables eléctricas			Velocidad de avance $\frac{cm}{min}$
	Diámetro (mm)	Clasificación (AWS)	Polaridad	Amperaje (A)	Voltaje (V)	
1	3.2	A5.5	Invertida.	90-130	20-23	6.88
2						
3						
4						
5						
6						

### DISEÑO DE JUNTA



**CONTRATISTA RESPONSABLE:**

**AUTORIZADO POR:**

**FECHA:**

#### **4.4.5 Calificación de soldadores en Elevadores y en Foso montacargas**

Se buscó tener gente preparada y calificada en su trabajo, así que como en bulbos, se calificó personal para los trabajos de soldadura, haciendo uniones en perfiles HSS y placas de acero.

Se realizó una probeta por cada soldador, con placas de acero, con la preparación correspondiente a su WPS.

A cada una de las probetas se les hicieron los ensayos no destructivos de inspección visual, el cual consistía en ver la sanidad de la pieza superficialmente, que cumpliera con el código en el aspecto de no tener fisuras, porosidades, grietas o socavados, además se usó, ultrasonido, el cual mediante un transductor y un gel que se le coloca a la pieza posterior a una limpieza de escoria y oxidación que se pudiera generar al momento de elaboración, se calibra el equipo de acuerdo al espesor de la pieza, colocando un rango de posibilidad de detección de falla puesto por un estándar, al no sobrepasar esta señal, se comprobó que la pieza fue trabajada de una forma correcta, usando el WPS de calificación, y continuando con la supervisión de campo, también se requirió de radiografía para aprobar la calificación, fueron aceptables en los tres tipos de ensayos.

A continuación se muestra la calificación utilizada para otra contratista dentro de la obra Liverpool Tuxtla Oriente.

La calificación se realizó con base a los criterios establecidos en el código AWS D1.1.

# REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADOR

EMPLEADOR:

OBRA: LIVERPOOL TUXTLA ORIENTE.

RFC:

CATEGORÍA: SOLDADOR	FECHA: DD/MM/AA	IDENTIFICACIÓN NSS:	
NOMBRE:			
CURP:	HUELLA DIGITAL (IZQ).	HUELLA DIGITAL (DER).	
ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA No. WPS-LTO-JFCA-PCJC			

ESTE DOCUMENTO ES VÁLIDO PRESENTANDO EN ORIGINAL: LA CREDENCIAL DE ELECTOR, CEDULA PROFESIONAL O PASAPORTE.

VARIABLES ESENCIALES	REGISTRO DE VALORES USADOS EN LA CALIFICACIÓN	RANGO DE CALIFICACIÓN		
TIPO DE PROCESO	SMAW	SMAW		
METAL DE APORTE, CLASIFICACIÓN 5.5	1/8"	1/8" Y MENOR		
ELECTRODO	E 7018	E 7018		
POSICIÓN	3G	RANURA JPC	RANURA JPP	FILLETE
		P, H, V	P, H, V	P, H, V
PROGRESIÓN	ASCENDENTE	ASCENDENTE		
MATERIAL DE RESPALDO	SIN RESPALDO	CON O SIN RESPALDO		
ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL (PLACA)	ASTM A36	ASTM A36		
ESPESOR DE METAL BASE (PLACA)	19 mm	3 - 38 mm		
ENSAYOS REALIZADOS:				
INSPECCIÓN VISUAL: <b>APROBADO</b>				
ULTRASONIDO: <b>APROBADO</b>		RADIOGRAFÍA: <b>APROBADO</b>		
REPORTE DAKG UT/05		REPORTE RT-001/16 (PRUEBAS DE SOLDADURAS, S.A. DE C.V.)		

NOSOTROS CERTIFICAMOS QUE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE REGISTRO ES CORRECTA Y QUE LA UNIÓN FUE PREPARADA, SOLDADA Y EVALUADA DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO **AWS D1.1**.

**Al final se coloca el registro asignado como inspector, el nombre del inspector y la cedula profesional, además de contar con la firma del inspector para avalar el documento.**

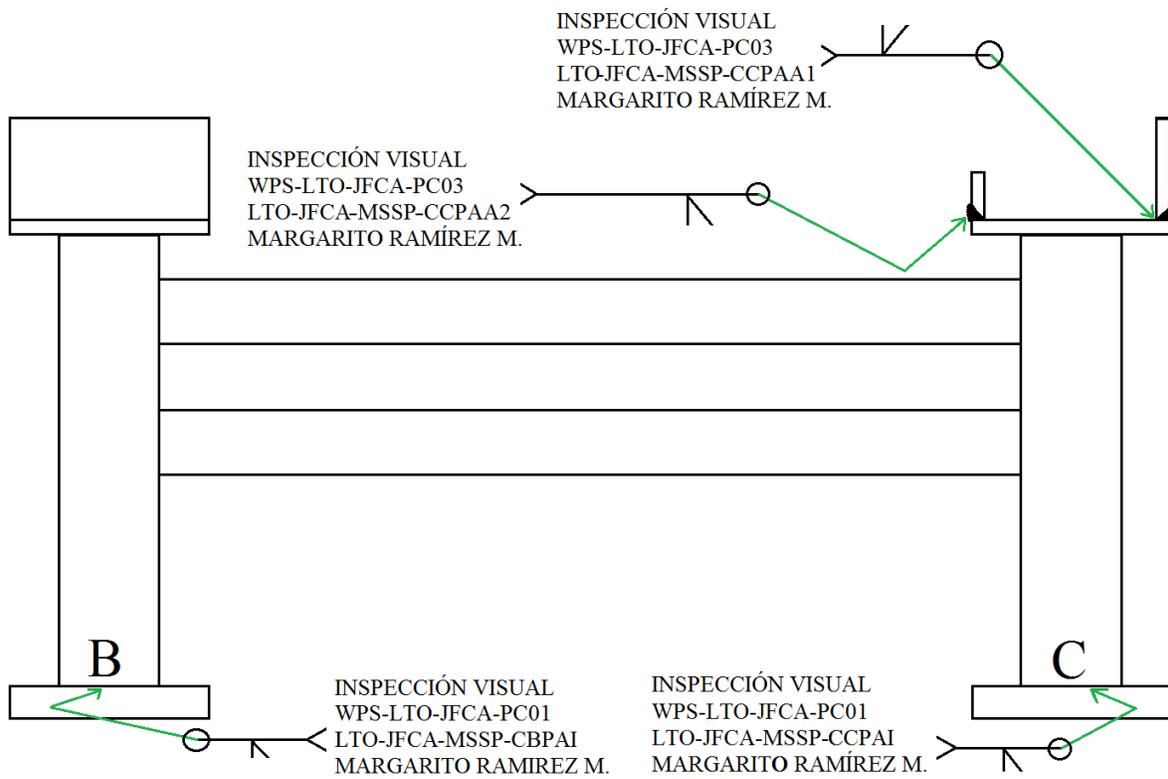
#### **4.4.6 Esquemas de vista**

Los esquemas de vista son de mucha utilidad debido a que se complementaban junto con dos reportes más, apoyados con los planos dados por la contratista responsable del proyecto, se elaboraron estos esquemas, en donde se hace referencia a las juntas trabajadas en cada una de las vistas del foso montacargas y de los elevadores.

Parte del trabajo era la supervisión de ambos proyectos, y antes de colocar alguna pieza de acero estructural había que hacer revisión de que las juntas cumplieran con la preparación adecuada antes de que los soldadores comenzaran a hacer su trabajo, para evitar problemas de calidad.

A continuación se muestra un ejemplo de esquema realizado durante la supervisión de estructuras, además de supervisar el trabajo de los soldadores, que ellos cumplieran con condiciones para el trabajo, dándole una nomenclatura a cada junta realizada e inspeccionada visualmente.

# Foso Montacargas Vista Lado Norte, Segundo Piso, Sec. 1



**ELABORADO POR:**

---

Nombre del responsable de la obra, parte de la supervisión.

Cada flecha mostrada en los esquemas podía ser de un color diferente y podía ser entre verde, amarillo y rojo, donde significaban lo siguiente:

- Verde: Junta liberada por inspección visual.
- Amarillo: Junta pendiente de inspección visual o que aún estaba en proceso de ser terminada.
- Rojo: Junta rechazada por inspección visual y que estaba pendiente su reparación.

Su reparación era hecha en función de los tiempos que determinaba la contratista para hacer el trabajo.

#### **4.4.7 Reportes de Inspección Visual**

Después de tener los esquemas, se realizaron reportes de las juntas a las que se les realizó inspección visual, que fueron el 100% de las juntas realizadas en campo.

Se les asignó una nomenclatura para poder identificarla con mayor facilidad.

Tomando en cuenta la aceptación de las mismas, por los criterios establecidos en el código AWS D1.1, mismos que se muestran en los anexos.

A continuación se presenta un ejemplo de reporte de inspección visual, que a su vez es complemento de los esquemas previamente realizados, ya que ellos sirvieron para la localización de las juntas.

**OBRA:** Liverpool Tuxtla Oriente

**PROYECTO:** Elevadores/Foso montacargas

**CONTRATISTA RESPONSABLE:**

**PROCEDIMIENTO:** IV/2016.

**USUARIO:**

### REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL A SOLDADURAS.

IDENTIFICACIÓN DE UNIÓN SOLDADA (NOMENCLATURA)	DIBUJO	DICTAMEN	
		1 <sup>A</sup> INSPECCIÓN	2 <sup>A</sup> INSPECCIÓN
LTO-JFCA-ELPB-CDPAS	<b>ESQUEMA</b> Elevadores Vista Lado Norte Sec. 1 Planta Baja.	INACCESIBLE (RECHAZADA)	
LTO-JFCA-ELPB-CDPAI		ACEPTABLE	-
LTO-JFCA-ELPB-CDVC1		ACEPTABLE	-
LTO-JFCA-ELPB-CDVC2		ACEPTABLE	-
LTO-JFCA-ELPB-CCVC1		ACEPTABLE	-
LTO-JFCA-ELPB-CCVC2		ACEPTABLE	-

#### **NOMENCLATURA: LTO-JFCA-MSS1-CCPAA1**

**LTO:** Obra; **JFCA:** Supervisión; **MSS1-CCPAA1:** Proyecto y Ubicación de junta.

**CCPAA1:** Columna (c) placa de anclaje a placa de anclaje.

#### **INDICACIONES REGISTRABLES DE ACUERDO AL CÓDIGO AWS D1.1.**

- **Grietas:** No aceptables, cualquiera que sea su longitud.
- **Falta de fusión:** No aceptables, cualquiera que sea su longitud.
- **Socavados:** 0.25 mm en elementos primarios y 1 mm en otros casos.
- **Poros:** No aceptables mayores a 2.5 mm de diámetro.
- **Falta de relleno:** 0.7 mm en el 10% de la longitud de la junta.
- **Refuerzo (Vista):** Mayor a 3 mm.

**Realizo Inspección:**  
Inspector.

**Presenta:**  
Directora General de la empresa.

#### 4.4.8 Reporte de soldaduras realizadas por cada trabajador

Como un complemento más de los esquemas, se llevó un control de las juntas realizadas por cada trabajador, juntas que habían sido aceptadas por inspección visual, colocando el nombre del soldador, y la nomenclatura de reconocimiento de junta.

Se muestra un ejemplo de este tipo de reporte usado en la obra.

**Obra:**

**Nombre de Soldador:**

Proyecto	Nivel	Nomenclatura de junta	Tipo de inspección	Dictamen	Esquema
Elevadores	Primer Piso	LTO-JFCA-ELPP-CAPAI	Visual	Aceptable	Lado Oriente Izq. Sec. 1
	Segundo Piso	LTO-JFCA-ELSP-CCVC6		Aceptable	Lado Norte Sec. 1
		LTO-JFCA-ELSP-CCDC6		Aceptable	
		LTO-JFCA-ELSP-CDPAI		Aceptable	
		LTO-JFCA-ELSP-CCVC1		Aceptable	Lado Norte Sec. 2
		LTO-JFCA-ELSP-CCVC2		Aceptable	
		LTO-JFCA-ELSP-CDVC1		Aceptable	

EJEMPLO: NOMENCLATURA: LTO-JFCA-MSS1-CCPAA1

LTO: Obra; JFCA: Supervisión; MSS1-CCPAA1: Proyecto y Ubicación de junta.

CCPAA1: Columna (c) placa de anclaje a placa de anclaje.

---

Control de Calidad de contratista.

Soldador.

Aseguramiento de Calidad de la empresa.

Se elabora de acuerdo al avance que tenían los trabajadores, de acuerdo al proyecto, al nivel en donde se encuentra la junta, su calidad y el esquema en donde podemos ubicarlo con facilidad.

## RESULTADOS

Después de 6 meses de trabajo en la obra, se aseguró la calidad de casi el total de juntas que incluía el proyecto en elevadores y foso montacargas, siendo estos dos los de más cuidado por el funcionamiento que tendrán en un futuro, solo 12 juntas fueron rechazadas, debido a que quedaron inconclusas, por motivos de inaccesibilidad de los soldadores a dichas juntas, se planteó a la contratista y la supervisión el demoler parte de tres tabes de concreto para terminar la soldadura, aunque la respuesta por parte de ellos, fue que el calculista de dicha contratista aseguro que no habría problema de dejar las juntas en ese estado, en una primera inspección visual a las juntas realizadas en un elevadores en uno de los sótanos, se detectó que todas las juntas tenían socavados mayores a los establecidos en el código, se señaló lo sucedido, y se solucionó colocando un cordón más de soldadura en las partes afectadas, además de bajar la intensidad de las máquinas de soldar y haciendo que el soldador trabajara despacio, posterior a eso en una segunda inspección resultaron ser aceptable, logrando así tener un gran aprovechamiento en la calidad, solucionando problemas surgidos en la obra por negligencias de tiempo.

Se realizaron 16 reportes de calificación, siendo 5 de soldadores en área de bulbos y 11 en área de elevadores y foso montacargas, solo un aspirante fue rechazado en su prueba de calificación, debido a que su probeta no cumplía con los requisitos en el código AWS D1.1, no se realizó ningún reporte acerca de este trabajador.

Se elaboraron 7 procedimientos diferentes para la obra, en donde uno fue para la parte de bulbos, y los otros 6 para elevadores y montacargas, ya que el materia de aporte era diferente, siendo en el primer caso para varillas de  $\frac{3}{4}$  y 1 pulgada de diámetro y en el segundo para perfiles estructurales HSS de 8x8", HSS 10x8", HSS 10x10", HSS 12x6", placa con placa y uno para calificación.

10 reportes de vistas fueron hechos, para la obra, perteneciendo 5 a cada proyecto, en donde se exponen las vistas de los lados, norte, sur, este y oeste de cada proyecto en los niveles correspondientes a cada uno.

Se elaboraron 40 reportes de inspección visual a soldadura producida en campo, en donde se llevó a detalle la evaluación de junta, y colocando el nombre asignado mediante nomenclaturas a cada una de ellas.

De los 11 soldadores calificados para trabajar en el área de elevadores y foso montacargas solo 8 trabajaron ahí, elaborándose un reporte de juntas trabajadas para cada uno de ellos.

Se hicieron 21 visitas a la obra en el área de bulbos, realizándose 10 ensayos de líquidos penetrantes por visita a la obra, en donde los bulbos encontrados con defectos eran señalados para su compostura, en donde se debería de agregar un cordón más de soldadura en las partes afectadas, después de rebajar material de relleno hasta el diámetro del metal base, la supervisión decidió cortar cada bulbo y volver a hacer la junta, por falta de herramienta de desbaste.

## CONCLUSIONES

Los trabajos realizados en la obra, fueron de mucha utilidad para la misma, asegurando la calidad y sanidad de juntas en los elementos estructurales ya que ellos son los que constantemente están sometidos a cargas puntuales y cíclicas de flexión, torsión y a cortante, es por eso mismo que la unión con un material de relleno de mayor capacidad a la fluencia tiene que ser aceptable y pasar con los criterios de normalización previamente estandarizado por laboratorios internacionales.

Después del tiempo se obtuvo experiencia laboral y en campo, donde se ponen a prueba conocimientos adquiridos en la carrera, además de obtener nuevos conocimientos, en este caso en el área de los ensayos no destructivos.

Se obtuvo experiencia en obras civiles, en donde se colabora con gente que a veces no tiene la disposición de ayudar o colaborar con otras empresas, esto fue un reto que se tuvo que aceptar, hasta lograr una buena relación con las empresas involucradas para una buena colaboración y lograr las metas en la obra.

Fue una buena experiencia el aprender de los ensayos no destructivos y su importancia en las obras civiles, y como se tiene que trabajar este aspecto desde las piezas que vienen de taller, en donde se tiene que cumplir con las especificaciones.

Supervisar un proyecto de obra es complicado, pero con la ayuda de mis asesores, logre desarrollar esta tarea, ya que mi asesor interno me aconsejaba ver mis alcances en la obra, mismos que me eran otorgados por mi asesor externo en la obra.

Estoy satisfecho con lo realizado, ya que se aplica cosas aprendidas en la carrera, que fueron útiles en diferentes partes del proyecto.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Achisol. (s.f.). <http://www.achisol.co.cl/Recursos/Archivos/Historia.pdf>  
(Historia de la Soldadura, Achisol).**

**AWS American Welding Society. (s.f.). AWS A2.4 STANDARD SYMBOLS FOR  
WELDING, BRAZING AND NONDESTRUCTIVE EXAMINATION.**

**COMIMSA. (2000). MANUAL DE SOLDADURA PARA SUPERVISORES.  
SALTILLO, COAH, MÉXICO.**

**IMNC. (s.f.). Obtenido de  
[http://www.imnc.org.mx/servicios\\_normalizacion.html](http://www.imnc.org.mx/servicios_normalizacion.html)**

**Inspección y sistemas de Calidad, S.A. de C.V. (2003). Inspección de  
Soldadura.**

**Soldadoras Miller México. (s.f.). Obtenido de  
<http://www.soldadorasmillermexico.com/historia-soldadura.html>**

**WordPress. (s.f.). Obtenido de  
<https://hectorariel26.wordpress.com/2009/11/20/fundamentos-de-soldadura/>**