



6  
Dej  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"

"COMPORTAMIENTO Y DISEÑO DE  
CONEXIONES SOLDADAS EN  
ESTRUCTURAS METÁLICAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE.

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JESUS CENTENO VILLALOBOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



San Juan de Aragón, Edo. de Méx.

1991



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# INDICE

1.- INTRODUCCION

2.- PROPIEDADES FISICAS DE LAS SOLDADURAS

3.- CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE CONEXIONES

4.- TECNICAS DE SOLDADURA

5.- CRITERIOS DE DISEÑO

6.- BIBLIOGRAFIA

## 1.- INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

En la construcción de Estructuras Metálicas, las conexiones juegan un papel muy importante, debido a que de ellas depende, que el comportamiento físico de las estructuras sea el mismo o el más aproximado al realizar el análisis estructural, ya que una conexión que no satisfaga los requerimientos de rigidez y resistencia, ya sea por error en el diseño o durante la ejecución de la misma, redundará negativamente en el comportamiento de la estructura, pudiendo ocasionar daños de gran importancia.

Existen varios métodos o formas para realizar una conexión, siendo las más comunes, las remachadas, atornilladas, soldadas y con pasadores. Las primeras han caído en desuso, debido principalmente al alto costo en relación a las atornilladas y soldadas, las últimas generalmente son usadas para apoyos de puentes o de articulaciones.

La soldadura ha venido adquiriendo cada vez más importancia, debido a la creciente demanda de los productos, a la extensión de la soldabilidad de los materiales y a los requerimientos de calidad cada vez más estrictos. En consecuencia, las características de los equipos se han vuelto más sofisticadas, adecuándose a las condiciones de aplicación de la soldadura, para poder obtener altas concentraciones de material de aporte y de mejor calidad.

Existen muchas razones para la utilización de la soldadura en el diseño y construcción de estructuras, pero probablemente una de las razones más importantes, es que el diseño de soldadura ofrece la oportunidad de llevar a cabo el uso de los materiales en forma eficiente.

Además de ofrecer una velocidad de fabricación y erección que puede ayudar a comprimir un programa de producción habilitado y así poder tener flexibilidad en cambios posibles.

La soldadura puede ser un factor muy importante en la economía, esto debido al progreso obtenido en equipos para soldar y en el desarrollo de soldaduras (electrodos), lo que la hacen más confiable y de gran aceptación, adoptandola como una poderosa herramienta para el desarrollo de la construcción de Estructuras Metálicas.

**2 .- PROPIEDADES FISICAS  
DE LAS SOLDADURAS**

### DESARROLLO HISTORICO DE LA SOLDADURA

Los principios fundamentales que dieron origen a los métodos actuales de soldadura, tuvieron su aparición en el año de 1881, en el cuál se logro establecer por primera vez un arco eléctrico entre electrodos de carbón, con el propósito de soldar bornes de plomo en baterías de acumulador.

Antes, en 1877, se efectuaron las primeras soldaduras por presión, que consistía únicamente, en unir piezas de poco espesor sin calentarlas; esta unión se lograba al aplicar una fuerte presión en piezas delgadas, limpias y colocadas a traslape. Este método desde su aparición encontró poca aplicación, utilizándose únicamente para casos muy particulares, en la actualidad sólo se usa para soldar cintas de aluminio o aleaciones de cobre, como en la unión de bobinas de motores eléctricos.

El proceso más antiguo de soldadura es el de forjado, que consiste en caldear los metales a soldar y colocándolos uno encima del otro siendo necesaria la aplicación de un fundente, cuya función es la de limpiar químicamente las superficies en contacto. La presión requerida para la unión se proporcionaba colocando las piezas sobre un yunque donde se golpeaban hasta que se quedaban unidas, después se dejaban enfriar lentamente.

Esta soldadura no ofrece garantía por no asegurar una penetración completa, además de resultar muy costosa por la cantidad de trabajo realizado y tiempo de calentamiento de los metales, por esta razón sólo se utilizó mientras se desarrollaban nuevos métodos.

Actualmente la soldadura de forja sólo se usa para trabajos de artesanía.

Una de las aportaciones más importantes en la década de 1880, fue el método desarrollado por los alemanes N. de Berardos y S. Orczewky, quienes utilizaron el arco de carbón para la fusión local de los aceros, esto en 1885.

En 1887 empieza a desarrollarse el corte de acero, mediante chorros de oxígeno, utilizado como material oxidante, siendo el que proporciona la energía calorífica y el combustible necesario para el corte.

En 1891 se logró la primera soldadura de dos placas mediante un alambre de acero desnudo a través del cuál se establecía el arco eléctrico. En 1894 se logra la primer soldadura de aplicación práctica industrialmente, utilizando la llama de oxi-hidrógeno. Ya en 1837 se había descubierto esta llama pero no se había usado en soldadura, por lo tanto puede decirse que primero se descubrió la soldadura de arco y después la soldadura por llama, aunque la soldadura por llama se desarrollo más en esta década (1890) y fue la primera en aportar resultados prácticos.

En 1901 se construye el primer soplete industrial oxiacetilénico. En 1904 se construye el soplete para el cobre oxiacetilénico.

Para el desarrollo completo de la soldadura y corte con soplete oxiacetilénico, fue de vital importancia el desarrollo que tuvo la fabricación industrial de oxígeno y acetileno.

Ello obligó a que los procesos de fabricación de los gases tuvieran un desarrollo paralelo a los descubrimientos y fabricación de los sopletes para soldaduras y corte.

En 1906 se da uno de los principales pasos para el desarrollo de la soldadura de arco eléctrico, el cuál consistió en agregar un revestimiento a los electrodos metálicos usados para soldar, este descubrimiento fue realizado por el sueco O. Kjellberg.

En 1913 se fabrican las primeras máquinas de soldadura por resistencia eléctrica, dando lugar a un proceso muy versátil, por su fácil adaptación a las necesidades requeridas y su rápida aplicación.

En 1924 se descubre que la alta frecuencia ayuda a estabilizar el arco eléctrico, sin necesidad de establecer contacto entre los electrodos.

Este descubrimiento tiene aplicación primordial en el proceso T.I.G. (electrodo de tungsteno con gas inerte), en el cuál el electrodo nunca debe tocar el metal base.

En 1924 es descubierta la soldadura con hidrógeno atómico, la cuál consiste en establecer el arco eléctrico entre dos electrodos de carbón y hacer pasar hidrógeno atómico, con lo que se obtiene un aumento de temperatura en la zona del arco.

Este proceso se perfeccionó y actualmente se emplea principalmente para la soldadura de cobre y sus aleaciones.

En el año de 1934 el electrodo revestido alcanza una variedad de aplicaciones industriales casi generales, por las composiciones químicas de los revestimientos que fueron ampliamente desarrollados en este año.

En 1935 se empiezan a utilizar gases inertes para proteger el arco eléctrico.

El primer gas utilizado fue el hidrógeno y más tarde se utilizó el argón.

En 1936 se construye la primera máquina automática de soldadura, con electrodo de flujo continuo; esto fue realizado en Estados Unidos.

Este método es el que se está imponiendo actualmente y durante su desarrollo se ha alcanzado gran variedad de formas las cuales dependen principalmente del diámetro del electrodo el que puede variar desde micro alambres hasta electrodos de 5 cm. de diámetro, y los medios de protección los que pueden ser fundentes en polvo, fundente en pasta en el interior del electrodo hueco o gases inertes fluyendo alrededor del electrodo.

En 1938 la soldadura por resistencia eléctrica, se desarrolla notablemente al introducirse a su funcionamiento controles electrónicos que daban una mayor precisión tanto en temperatura como en dimensiones de la zona soldada, alcanzándose grandes velocidades de soldeo.

Desde que fue descubierta la soldadura por arco eléctrico y el empleo de revestimientos para dar mayor aplicación a los electrodos, el método del arco eléctrico manual, es el que mayor aplicación ha tenido, manteniéndose siempre en primer lugar por su mayor volumen de uso en comparación de los otros métodos.

Las máquinas usadas en el método de arco eléctrico manual son :

- Transformador de Corriente Alterna.
- Transformador de Corriente Rectificada.
- Generador de Corriente Continua.

## PROCESOS DE SOLDADURA

A  
U  
T  
O  
G  
E  
N  
A

POR FUSION

A LA LLAMA

- OXIACETILENICA
- OXHIDRICA
- HIDROGENO ATOMICO

ARCO ELECTRICO

- ELECTRODO DE CARBON Y CORRIENTE CONTINUA
- ELECTRODO DESNUDO CORRIENTE CONTINUA O ATMOSFERA INERTE
- ELECTRODO REVISTIDO CORRIENTE CONTINUA O CORRIENTE ALTERNA
- ARCO SUMERGIDO CORRIENTE CONTINUA O ATMOSFERA INERTE
- ARCO ATOMICO, EL ARCO SALTA ENTRE DOS ELECTRODOS EN ATMOSFERA DE HIDROGENO

METAL LIQUIDO

- ALUMINOTERMICA EN MOLDE (A LA PORCHE)

FUSION EN LA FRAGUA

POR PRESION

GAS DE AGUA

ELECTRICA POR RESISTENCIA

- A TOPE
- A SOLAPE

### PROCESOS DE SOLDADURA

La soldadura, es un método para unir acero por fusión, se usa tanto en edificios como en puentes. Comúnmente requiere menos material de conexión que otros métodos.

La soldadura comprende el proceso de unir metales mediante la aplicación de calor, presión o la combinación de ambas, por lo que existe una gran variedad de métodos para llevarla a cabo.

Estos procesos varían desde las soldaduras simples por calentamiento y fusión de metales blandos, hasta las soldaduras bajo el agua.

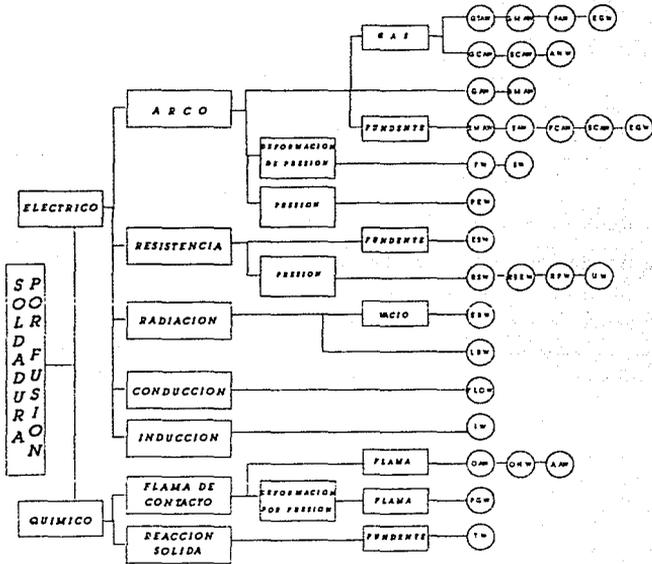
### SOLDADURA POR FUSION

El tipo de soldadura más común en trabajos de acero estructural es la soldadura por fusión, que es un método para conectar piezas por medio de metal fundido en el punto donde se desea efectuar la conexión. El metal base se funde localmente y se une con el metal depositado formando una conexión soldada.

Para la realización de trabajos de acero estructural se usa casi exclusivamente la soldadura de arco metálico. Así también para estructuras especiales puede usarse la soldadura por resistencia, de gas y fusión de metales blandos en donde se requieren soldaduras de detalle.

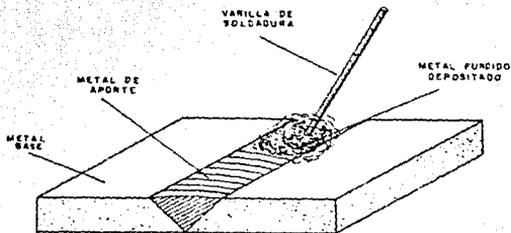
# SOLDADURA POR FUSION

CATEGORIA DE FUENTE DE LA SOLDADURA ENERGIA ENERGIA PROTECCION PROCESOS  
TERMINADA

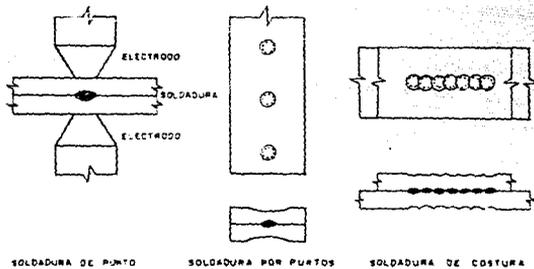


## DEFINICION DE PROCESOS DE SOLDADURA

PROCESO	DEFINICION
AAW	SOLDADURA POR AIRE ACETILENO
AHW	SOLDADURA CON HIDROGENO ATOMICO
BMAW	SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO DESNUDO
CAW	SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE CARBON
EGW	SOLDADURA POR ELECTROGAS
ESW	SOLDADURA POR ELECTROESCORIA
FLOW	SOLDADURA POR FLUJO
FCAW	SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO CONTINUO
FW	SOLDADURA POR CHISPA
GC/W	SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE CARBON Y GAS
GMAW	SOLDADURA POR ARCO CON ALAMBRE CONTINUO PROTEGIDO
GTAW	SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO
IW	SOLDADURA POR INDUCCION
LBW	SOLDADURA POR RAYO LASER
OA/W	SOLDADURA OXIACETILENITICA
OHW	SOLDADURA CON OXIHIDROGENO
PAW	SOLDADURA POR ARCO PLASMA
PEW	SOLDADURA POR PERCUSION
PGW	SOLDADURA CON GAS A PRESION
RPW	SOLDADURA POR PROYECCION
RSEW	SOLDADURA DE COSTURA POR RESISTENCIA
RSW	SOLDADURA DE PUNTOS POR RESISTENCIA
SCAW	SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE CARBON
SAW	SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO
SMAW	SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO RECUBIERTO
SW	SOLDADURA DE PERNO POR ARCO ELECTRICO
TW	SOLDADURA POR ALUMINOTERMIA
UW	SOLDADURA DE RESISTENCIA POR RECALCADO



Proceso de soldadura por fusión



Soldadura de resistencia

### SOLDADURA DE RESISTENCIA

Este proceso es esencialmente un proceso de soldadura a presión el cuál es una versión moderna del antiguo proceso de forja. El calor es generado por medio de resistencias eléctricas a una corriente de alto amperaje y bajo voltaje, que pasa a través de una pequeña Área de contacto entre las partes a conectar.

El calor desarrollado en este proceso ocasiona un estado plástico en el metal base y se efectúa la soldadura aplicando presión y uniéndolo localmente de este modo ambas piezas. En la industria se usan varias formas de resistencia, las más comunes son las de punto y las de costura.

El electrodo superior es el que se desplaza hacia abajo y ejerce la presión mecánica sobre las piezas que se van a soldar, la presión se ejerce por medio de una palanca que en el caso de las punteadoras de piso, esta colocada de tal manera que se accione con el pie y poder tener libres las manos para colocar las piezas.

En el caso de punteadoras manuales, la presión se ejerce sobre una palanca accionada con la mano.

Para aumentar el ciclo de trabajo de estas máquinas, se les instaló un sistema de enfriamiento por agua a través de conductos que recorren interiormente los electrodos y el núcleo de hierro, evitando el sobrecalentamiento de la máquina.

Puede conectarse la entrada de agua fría directamente a la respectiva conexión de la máquina, sin embargo es necesario estar seguro de que el agua esta circulando, ya que si por algún motivo se obstruye el paso del agua y no nos enteramos de esto, la máquina se sobrecalentará y no trabajará a la eficiencia requerida.

## SOLDADURA DE GAS

En la soldadura de gas, el calor se obtiene por medio de la combustión de un gas; se usa comúnmente una mezcla de oxígeno y acetileno, llamándose entonces a este proceso como soldadura de oxiacetileno. El metal fundido se obtiene de una varilla de soldadura desnuda.

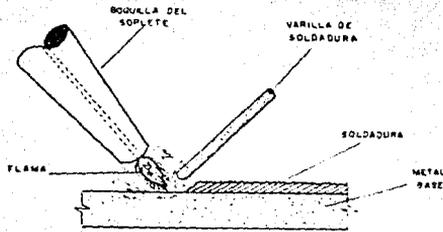
En este proceso se aprovecha el calor desarrollado por la llama producida por la combustión del acetileno en una corriente de oxígeno para fundir el metal de aportación en el extremo de la varilla y depositarlo sobre las superficies metálicas a soldar debidamente preparadas. La llama se dirige al punto deseado mediante el soplete en el que confluyen separadamente el oxígeno y el acetileno.

La combustión es la oxidación instantánea de una substancia que generalmente se manifiesta por el desprendimiento de luz y calor. En la soldadura por gas para que exista combustión debe de existir por lo menos dos elementos, un combustible y un comburente.

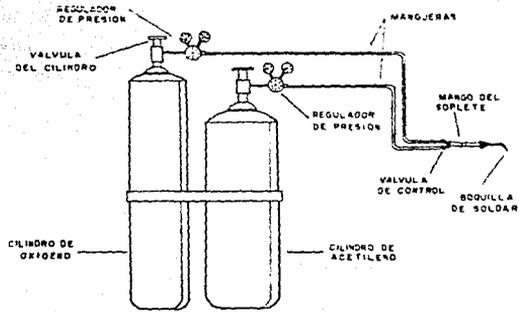
Los combustibles usados en la soldadura son el gas acetileno, el gas propano y el gas butano. El comburente es en general el oxígeno, sin este no hay combustión ya que no habría oxidación.

El mezclado del oxígeno y el acetileno debe de hacerse un poco antes de ser quemados, ya que no se pueden mezclar antes por sus diferentes propiedades físicas y químicas.

Acetileno. El acetileno no puede ser sometido a elevadas presiones porque explota espontáneamente. Para ser envasado a presión es necesario que se le construya un recipiente especial llamado acumulador el cuál consiste en tener impregnada una capa porosa (absorbente) construido de asbesto cemento y carbón la cuál contiene acetona.



Soldadura de gas



Equipo de soldadura

Esta acetona se mezcla con el acetileno, esta mezcla si puede someterse a una presión relativamente reducida lo que permite envasar una cantidad adecuada para su distribución.

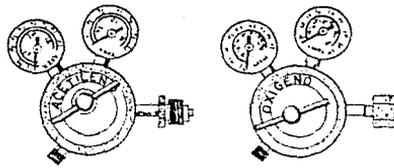
Oxígeno. El oxígeno si puede someterse a elevadas presiones y su envasado solo presenta las dificultades normales de cualquier recipiente que se somete a elevadas presiones, por lo cuál el envase es de acero de alta resistencia y sin costuras.

En cada uno de los recipientes es necesaria la colocación de un medidor de presión, que indicará la presión interior de cada uno de los tanques por utilizarse. Debe instalarse además un regulador para graduar la salida de los gases y así obtener la llama óptima.

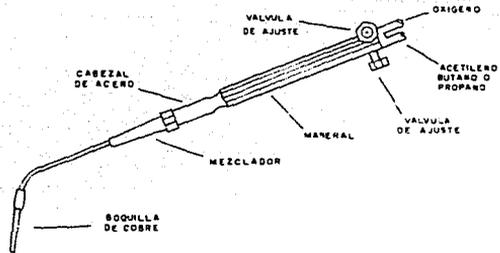
Para la mezcla de los gases y para que exista combustión es necesario de la ayuda de un soplete cuya función es la de mezclar el oxígeno y el acetileno u otro combustible a utilizarse, así como de dirigir esta mezcla a la zona de fusión, además de ser una pieza fácilmente sujetable para la ejecución correcta de la soldadura.

El equipo de oxiacetileno puede usarse en la soldadura de cualquier tipo de metal ferroso o no ferroso, pero es especialmente recomendado para soldaduras de piezas pequeñas o delgadas en las cuales se aplican aleaciones de bajo punto de fusión, en donde con la ayuda de fundentes se dejan depósitos tersos y de buena apariencia.

En la soldadura de piezas pequeñas de metales no ferrosos, tiene mucha ventaja sobre el arco eléctrico, y sobre todo para piezas que requieren soldaduras de flujo fino, como soldar placas traslapadas o para sellar coples, uniones u otro tipo de junta.



Regulador de presión



Soplete de soldar

Para rellenar y engrosar las juntas soldadas, así como para compensar las pérdidas del metal durante la fusión de los bordes de las piezas de trabajo, y en la soldadura con aportación de material, se necesita material adicional en forma de varillas como alambre de soldar, que se funde en el baño de fusión.

Todo alambre de soldar (material de aporte) esta en íntima acción recíproca con una serie de factores, prescindiendo de su composición. Dichos factores son la composición y la buena calidad del material de la pieza que se suelda, clase y naturaleza de los gases de soldar, regularización de la llama, conducción del soplete y del alambre.

Suponiendo de que actúan conjuntamente en la forma debida, puede decirse que la buena ejecución de la soldadura, que puede ser comprobada mediante diversos procedimientos de ensayo, depende de sus diferentes propiedades físicas y químicas, de la adecuada aleación del alambre de soldar y de su comportamiento durante la soldadura.

Otro de los materiales usados en la soldadura por gas son los fundentes que tienen por objeto remover las impurezas que se han formado durante el proceso de la soldadura, especialmente los óxidos metálicos. Estos fundentes son necesarios únicamente para metales que se oxidan fácil e intensamente y en los cuales la acción reductora de la llama soldante no alcanza por sí sola para reducir los óxidos en la medida suficiente; producen al mismo tiempo la conveniente fluidez del baño de fusión.

A pesar de la creciente popularidad de los métodos de soldadura automática y semiautomática, la soldadura oxiacetilénica manual sigue siendo el proceso más generalmente empleado. La razón es tanto histórica como económica.

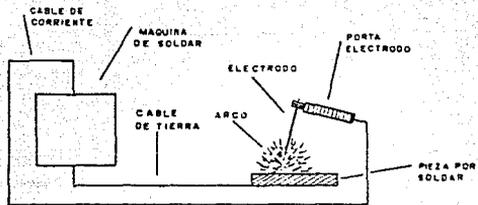
La soldadura oxiacetilénica es uno de los métodos más antiguos de unir metales y sigue siendo de los más adaptables. Para fines de conservación la portabilidad y aplicación dual de la soldadura con gas, tanto para conectar como para empalmar, son muy ventajosas. Pero para fines de producción la soldadura manual a gas tiene aplicaciones limitadas. Una desventaja es su lentitud.

Para soldar metales más aceleradamente la mayoría de fábricas han acudido a la soldadura de arco con su mayor intensidad calórica y velocidad de deposición. Debido a la amplia diversidad de fuentes de energía y de electrodos hoy disponibles, prácticamente cualquier clase de espesor de metal puede soldarse al arco.

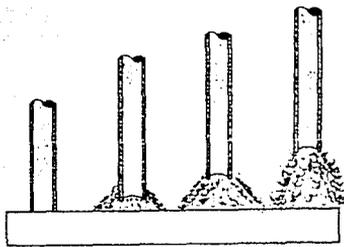
Para producción en serie goza de las ventajas de adaptabilidad y bajo costo inicial. Pero, lo mismo que la soldadura oxiacetilénica, la soldadura manual al arco depende de la pericia del operario para lograr rapidez y calidad.

#### SOLDADURA DE ARCO

Este proceso es el más utilizado en las construcciones metálicas. Este consiste en la generación de calor formado por un arco eléctrico entre un electrodo de acero y las partes por soldar. El calor del arco funde simultáneamente el metal base y el electrodo, en este proceso se forma un campo electromagnético el cual conduce el metal fundido de la varilla del electrodo hacia el metal base, mientras que un operador mueve el electrodo por la zona a soldarse. Este movimiento puede ser manual o automático a lo largo de la junta con una velocidad adecuada de tal manera que la cantidad de metal de aportación sea la necesaria.



Circuito de la soldadura de arco



Encendido del arco eléctrico

El arco eléctrico se enciende entre el extremo de un alambre metálico delgado o electrodo, el cual está sujeto a un porta electrodo que es manejado manualmente.

Se crea un intervalo en el circuito de la corriente eléctrica, manteniendo la punta del electrodo a una distancia de 1.5 a 3 mm. de los objetos que se sueldan.

La corriente eléctrica salta formando un arco, el que se mantiene y se mueve a lo largo de la junta a soldar, derritiéndose el material a medida que avanza.

Para que se pueda establecer el arco eléctrico, es necesario que se provoque éste, esto se logra juntando primero la punta del electrodo con el metal base y separándolo rápidamente a la distancia adecuada, para que arda satisfactoriamente.

La distancia de separación entre el electrodo y el metal base cuando está ardiendo, el arco no está ocupada por aire, esto gracias al revestimiento del electrodo que al quemarse produce un gas que ayuda a que el arco arda con mayor estabilidad, evitando que el chisporroteo salga de la zona de fusión y la proteja contra el oxígeno y nitrógeno del aire.

La soldadura por arco es un arte manual que requiere de pulso firme, buena salud y buena vista. El operario regula el arco y por lo tanto la cantidad de soldadura.

Las máquinas soldadoras son de varios tipos; las impulsadas por motor eléctrico (motor generador), las impulsadas por motor de gasolina, las de transformador y la combinación de estos.

Cada tipo sirve para su propósito, pero la función básica de todas ellas es la misma, la entrega de una fuente reguladora de corriente eléctrica, se caracterizan por ser de un amperaje alto y voltaje bajo. El amperaje alto es necesario para la producción de una cantidad suficiente de calor en el arco.

El voltaje debe ser lo suficientemente bajo para que el operador trabaje sin peligro, pero lo suficientemente alto para mantener el arco. La máquina de soldar permite a un soldador regular la cantidad de corriente que sea precisa, esta a su vez regula la cantidad de calor del arco.

El proceso de soldadura por arco eléctrico comprende tres fases, desde el punto de vista metalúrgico las cuales son:

- 1.- Se produce una fusión de una pequeña zona del electrodo mediante el calor generado como consecuencia de:
  - a) Los iones que ceden su energía cinética a la gota de metal fundido.
  - b) Por efecto de conducción y convección del calor, de los gases calentados a altas temperaturas en el espacio del arco.
  - c) Por la reacción exotérmica que se verifica en la gota metálica.
- 2.- El metal pasa del extremo del electrodo a la zona líquida formada en el metal base (cráter); en este instante, el arco tiende a extinguirse y la temperatura alrededor del cráter disminuye.
- 3.- El metal depositado se enfría y cristaliza en el metal base, dando lugar a la formación del cordón.

Como se menciona en el tema de procesos de soldadura, del proceso por arco eléctrico existen diferentes variantes de este proceso tales como :

**Proceso de arco eléctrico manual  
con corriente alterna.**

Es un proceso de soldadura por fusión, totalmente manual que emplea como fuente de energía un transformador de corriente alterna y como material de aporte, electrodos metálicos fusibles recubiertos, que al fundirse forman parte del metal depositado.

La fuente de energía cuenta con medios que nos permiten obtener diversos valores de amperaje y un voltaje constante. Los transformadores más usados son los monofásicos y es frecuente que tengan capacidad para ser conectados a dos tipos de voltaje, generalmente 110 ó 220 volts, cambio que se efectúa mediante una variación en las conexiones extremas de la máquina de acuerdo a las indicaciones de las terminales.

La selección de corriente se hace en base a el diámetro del electrodo que se va a usar y del espesor de la placa que se va a soldar.

Es conveniente regular el amperaje para el trabajo, de acuerdo a el rango recomendado por el fabricante de electrodos.

Este proceso es recomendable para trabajos de obras pequeñas por la facilidad que se tiene para transportarlo. Se recomienda en soldaduras de metales de poco espesor y en trabajos donde el arco no está encendido continuamente, como en la fabricación de herrerías y estructuras livianas.

**Proceso de soldadura con arco eléctrico  
manual con corriente rectificada.**

Es un proceso de soldadura por fusión totalmente manual que emplea como fuente de energía un transformador de corriente alterna que tiene un rectificador (generalmente de selenio) en su circuito que proporciona una fuente de Corriente Continua (C.C.), llamada también corriente rectificada.

La parte fundamental del equipo es un transformador del tipo de núcleo móvil, con la diferencia de que tiene intercalado un rectificador en su circuito.

El núcleo móvil consiste en el desplazamiento de una bobina primaria con respecto de una bobina secundaria de tal manera que varía la posición de los campos magnéticos obteniendo por consecuencia la variación de la corriente inducida en el secundario; las bobinas están perfectamente aisladas a base de silicio e impregnadas de barniz horneado.

Esta máquina es de las más versátiles en soldadura y se puede usar en soldaduras en casi todo tipo de metales, ferrosos o no ferrosos. Su reducido costo comparado con los generadores de C.C. lo ha hecho el favorito de los fabricantes de estructuras, en donde la aplicación del arco eléctrico manual es inevitable.

La única desventaja que tiene es su ciclo de trabajo, que es mucho menor que el proporcionado por los generadores de C.C., por lo que no se recomiendan para los trabajos en donde sea necesarias costuras muy largas y de espesores considerables.

**Proceso de soldadura de arco eléctrico  
manual con corriente continua.**

Es un proceso de soldadura por fusión totalmente manual que emplea como fuente de energía un generador de corriente continua, y como material de aporte electrodos revestido que al fundirse forman parte del metal depositado. El equipo está formado básicamente por un generador de corriente continua. Existe gran variedad de modelos y tipos de generadores de C.C. para soldar, los cuales pueden reducirse a dos tipos :

- 1.- Generador para soldar impulsados con motor eléctrico (llamados generadores eléctricos ).
- 2.- Generador para soldar impulsado con motor de combustión interna (llamados generadores de gasolina).

Los generadores impulsados con motor eléctrico se pueden clasificar en dos tipos, los verticales y los horizontales. Los verticales son los que tienen su rotor en posición vertical y los horizontales el rotor en posición horizontal. Los generadores movidos con motor de gasolina constan de un motor de combustión interna que hace girar a un generador eléctrico de C.C., existe una gran variedad de modelos de generadores que están en función de las necesidades y condiciones de trabajo.

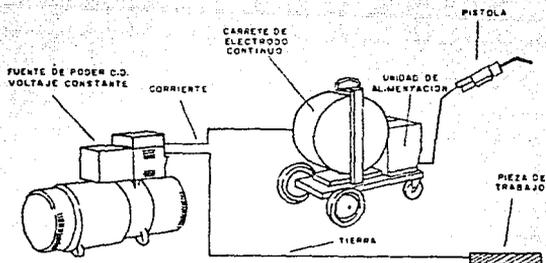
Los generadores eléctricos son generalmente trifásicos, la corriente de alimentación es para poner en marcha a un motor que hace girar un generador, todo esto está integrado tanto en la misma flecha giratoria como en la parte estática de la máquina. Por lo tanto un generador eléctrico tendrá para conectarlo a la fuente de corriente tres cables y para conectar el electrodo y la tierra para el trabajo solo dos salidas.

Los motogeneradores deben de estar bien apoyados en un plano horizontal evitando con esto que la máquina este desnivelada y trabajo a mayor esfuerzo del normal lo que puede ocasionar que los baleros del rotor se gasten más rápido y se reduzca la eficiencia total de la máquina. Este proceso puede usarse en general para soldar cualquier tipo de metal, pero para el tipo de trabajo en cuanto a capacidad, se clasifican en dos grupos, los que tienen ciclo de trabajo reducido y los que tienen un ciclo de trabajo del 100%. Los generadores con ciclo de trabajo entre 40 y 60 % se aplican para trabajos de mantenimiento, construcción de herrerías y de estructuras livianas. Los generadores con ciclo de trabajo entre 60 y 80 % pueden usarse para todo tipo de trabajos incluyendo estructuras pesadas y placas de considerable espesor. Los generadores con 100 % de ciclo de trabajo lógicamente tienen cualquier aplicación, pero básicamente se construyen para alimentar equipos automáticos de arco sumergido y equipos N.I.G..

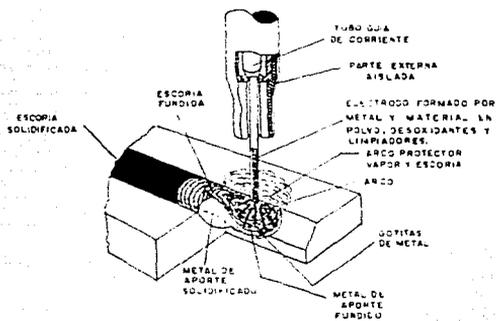
**Proceso de soldadura de arco  
sumergido semiautomático.**

Es un proceso de soldadura por fusión que gracias a un dispositivo eléctrico o electrónico mantiene un potencial constante en el arco eléctrico lo que permite una alimentación automática de metal de aporte desnudo, y el fundente aplicado en forma de polvo cubriendo el arco eléctrico. La manipulación del maneral o pistola es totalmente manual. Este proceso es notablemente más complicado que los anteriores. El equipo esta dividido en tres partes las cuales son :

- 1.- Equipo de medición y control.
- 2.- Generador de corriente continua ( 100 % de ciclo de trabajo ).
- 3.- Alimentador de material de aporte.



Proceso de arco sumergido semiautomático  
electrodo continuo



Soldadura de arco sumergido

El equipo de medición y control está integrado en una caja llamada consola, en esta caja se regula tanto el voltaje de arco como el amperaje y la velocidad de avance de metal de aporte.

El alimentador de material consiste en un carrete accionado por un motor con un dispositivo mecánico para variar la velocidad de giro del carrete, el cual tiene la misión de impulsar el alambre hasta la zona de arco. El control de encendido de este motor se encuentra en el maneral o pistola. Generalmente el depósito de fundente esta junto al carrete de metal de aporte.

Tanto la corriente como el material de aporte y fundente, tiene que llegar hasta la pistola lo que generalmente se hace de la siguiente manera :

La alimentación de corriente al electrodo se procura hacer lo más próximo posible a la zona de fusión con el fin de poder aumentar el amperaje y con ello la velocidad de soldeo.

Generalmente se hace por medio de barras rozantes que se encuentran a 3 o 4cm. de la punta de la boquilla o salida de material.

El arco eléctrico se mantiene encendido gracias a un dispositivo de la máquina que mantiene voltaje constante entre el metal de aporte y el metal base, es decir, si en un momento dado, el operador levanta la pistola una distancia no suficiente para apagar el arco, la corriente disminuye provocando una fusión más lenta, de tal manera que la longitud de arco no crezca, sucede lo contrario si el operario baja la pistola.

Por esta característica, también se les llama a este tipo de equipos, soldadoras de voltaje constante.

El encendido del arco se efectúa en forma similar al efectuado en el proceso manual con electrodos revestidos, en el cuál consiste en rozar con la punta del electrodo o metal de aporte el metal base e inmediatamente separarlo provocando así que establezca el arco.

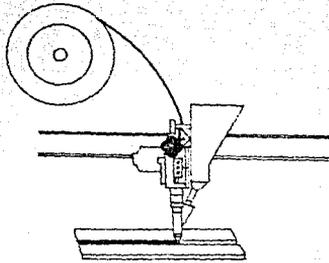
En este proceso la protección personal requiere de menos equipo que el usado para la soldadura de arco manual, fundamentalmente porque en este caso queda totalmente cubierto por el fundente en polvo, lo que evita que la luz, el calor, los rayos infrarrojos y ultravioleta, así como el chisporroteo salgan de la zona de arco, por lo tanto el operario no tendrá la necesidad de utilizar careta.

Este proceso se recomienda para soldaduras en espesores considerables y de mucha longitud en donde no pueda aplicarse el proceso automático.

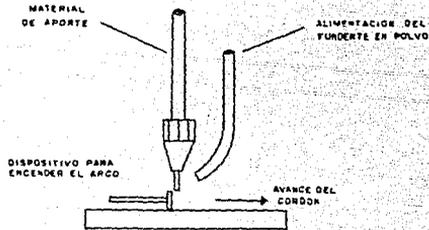
Su aplicación es frecuente en la construcción de columnas tipo cajón o cuadradas, en la fabricación de estructuras pesadas, fabricación de tanques, etc.

La soldadura de arco sumergido requiere de un cuidadoso montaje y de cuidar que la ejecución de la soldadura sea la más próxima a la posición horizontal. El costo de los equipos tienden a ser mayor que el de los otros métodos de soldadura.

En el proceso de arco sumergido automático, el equipo es montado en una estructura, llamada cabezal, así como sus componentes: material de aporte, depósito de fundente y los medios eléctricos para mantener un potencial constante en el arco eléctrico y los dispositivos mecánicos con sus respectivos controles para el desplazamiento del mismo cabezal.



Proceso de arco sumergido automático



Encendido del arco

Como para este caso el cabezal es fijo, es decir que no tiene la posibilidad de bajar o subir el cabezal constantemente para el encendido del arco, se tiene que aplicar un medio para encender el arco al iniciar la soldadura.

Para el encendido del arco es frecuente utilizar limaduras de hierro o un pedazo de material adecuado para encender el arco, este pedazo puede ser una rebaba de material que solo sirve para hacer saltar la chispa inicial. Algunos equipos más complicados cuentan con un dispositivo electrónico para establecer el arco sin hacer contacto con el metal base.

La velocidad de avance del cabezal, la velocidad de flujo de metal de aporte y la cantidad de fundente son datos proporcionados por los fabricantes respectivos e invariablemente deberán tomarse como base para la operación correcta del equipo.

Con este proceso se han logrado alcanzar velocidades de soldeo y penetraciones sumamente elevadas para lo cuál se han elevado amperajes, pero ha sido necesario restringirse para tener mayor control de la zona de fusión, actualmente no se aplican amperajes mayores a los 1500 con el fin de que la zona de fusión no sea exageradamente grande y exista la posibilidad de cambios que reduzcan las propiedades mecánicas del metal.

**Proceso de soldadura con electrodo no fusible  
de tungsteno y gas inerte o proceso T.I.G.**

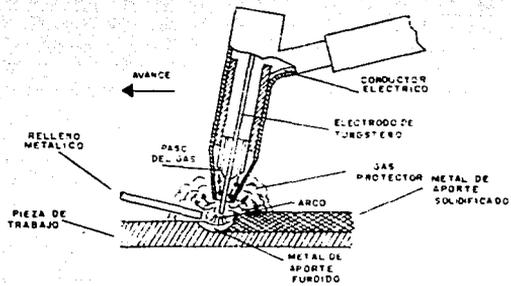
Es un proceso por fusión donde la unión de los metales se alcanza por medio del calentamiento de las piezas con un arco eléctrico, producido por un electrodo de tungsteno, que es prácticamente no consumible. Durante la soldadura, el recubrimiento de gas inerte saca el aire del área de la soldadura y evita la oxidación del electrodo, del charco de metal y de la zona afectada por el calor.

El electrodo produce solamente el arco y no se consume durante la operación de soldadura. En uniones donde se necesita la adición de material de aporte, ésta se alimenta en el charco de forma similar como se hace en el proceso de oxiacetileno.

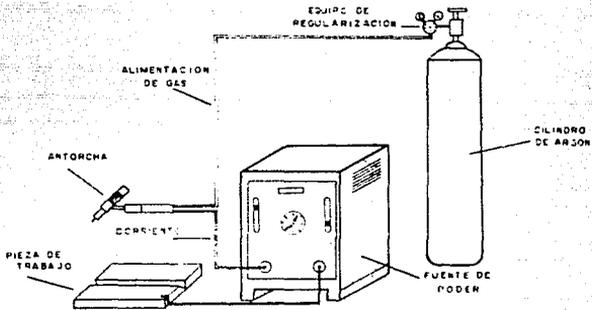
La soldadura T.I.G., se desarrolló originalmente para soldadura de magnesio, la cuál presentó dificultades para soldarse por su tendencia a oxidarse rápidamente.

Posteriormente se encontró que el proceso T.I.G. era adecuado para la soldadura de aluminio, aceros inoxidable, acero al carbón, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones. Además de encontrarse muy efectivo para soldar un número de aleaciones comerciales muy amplia, se usa para soldar varias combinaciones de metales muy diferentes.

Este proceso emplea un escudo de gas para proteger la zona de soldadura de la atmósfera. En soldaduras sin metal de aporte, el recubrimiento de gas excluye la atmósfera del charco de soldadura que se está soldando, lo cuál de una composición química muy similar a la del metal base, con sus propiedades físicas y metalúrgicas también similares. Como consecuencia se obtienen uniones más resistentes, dúctiles y con menos distorsión que las soldaduras hechas con otros tipos de procesos.



Proceso T. I. G.



Equipo del proceso T. I. G.

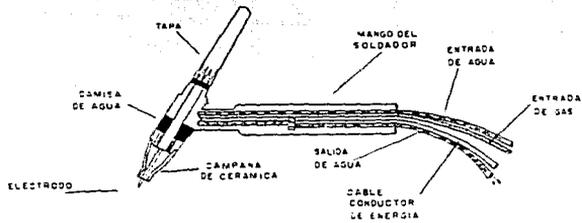
El proceso T.I.G. facilita la unión de los metales no ferrosos, ya que no se emplea ninguna clase de fundente, por lo cual el peligro de corrosión debido al atrapamiento de escoria es menor. Ya que el gas de recubrimiento es transparente, el soldador puede observar claramente la soldadura conforme la ejecuta. Produce pocos humos y salpicaduras, lo que contribuye a hacer soldaduras nítidas y sanas.

La limpieza posterior a la soldadura se elimina prácticamente ya que no hay escoria que mover, lo cual representa un ahorro en el costo de una unión, especialmente donde se hacen uniones de pasos múltiples.

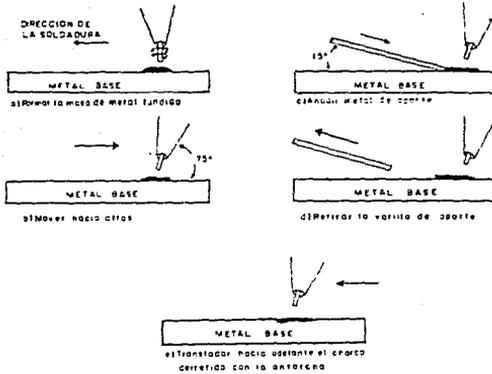
El proceso T.I.G., está especialmente adaptado para soldar materiales delgados, en donde se requiere una calidad y terminado de soldadura de alta calidad. Sin embargo, placas de acero mayores de 1/8", pueden ser soldadas eficientemente con la técnica de pasos múltiples.

En este proceso para encender el arco hay que encender la corriente y mantener la antorcha en posición horizontal aproximadamente a 2" arriba de la pieza de trabajo. Balancear la antorcha hacia la pieza de trabajo hasta que se reduzca el espacio entre la punta del electrodo y la superficie de trabajo aproximadamente a 1/8", en esta distancia, la alta frecuencia produce el arco. En este punto se debe de asegurar que la antorcha baje lo más rápidamente posible, para que se de un buen recubrimiento de gas para proteger la zona de soldadura.

En este proceso se usan antorchas que se operan manualmente, están diseñadas para conducir la corriente eléctrica y el gas inerte a la zona de la soldadura. Estas antorchas pueden ser enfriadas con aire o con agua, se recomiendan cuando el amperaje es mayor. El agua pasa alrededor de la antorcha para evitar que se sobrecaliente.



Antorcha con enfriamiento de agua



Inicio de soldadura en el proceso T.I.G.

El electrodo de tungsteno que lleva la corriente, se mantiene en posición, por medio de un porta electrodo que se atornilla al cuerpo de la antorcha. Para cada diámetro de electrodo corresponde un tamaño diferente de porta electrodo. El gas se alimenta a la zona de soldadura a través de una boquilla de cerámica.

Las boquillas se atornillan a la cabeza de la antorcha para dirigir y controlar la distribución del gas de recubrimiento. Las boquillas se intercambian de acuerdo al flujo de gas que se desea usar.

Los diámetros básicos de los electrodos no consumibles son 1/16", 3/32" y 1/8" y son de tungsteno puro o de una de sus aleaciones. Los electrodos aleados, generalmente tienen 1 % o 2 % de torio o zirconio.

La adición de torio en el electrodo aumenta la capacidad de corriente, ayuda a estabilizarlo, mantiene la punta del electrodo fría, a una corriente dada minimiza el movimiento alrededor de la punta del electrodo, facilita la iniciación del arco y el electrodo no se contamina tan fácilmente cuando se toca accidentalmente la pieza de trabajo.

La selección del diámetro del electrodo para una operación dada esta gobernada por la corriente que se va a usar. La forma de la punta es esencial para producir buenas soldaduras. En general se usa el electrodo con una punta afilada.

El gas de recubrimiento en el proceso T.I.G., puede ser argón, helio o una mezcla de los dos. El argón se usa más porque es más barato que el helio. El argón es 1.4 veces más pesado que el aire y 10 veces más que el helio.

Ya que el argón es más pesado que el aire, da un mejor recubrimiento sobre la soldadura, produce menos nubes por lo que permite un mejor control del charco de metal. El argón produce una acción de limpieza mejor, en particular con el aluminio y el magnesio. Con el argón se produce un arco más estable.

Cuando se usa el proceso T.I.G., con metales de espesor grueso, se necesita usar material de aporte. Normalmente el metal de aporte no es necesario cuando se sueldan materiales de espesores delgados, aunque ocasionalmente se llega a usar en piezas delgadas para reforzar la unión.

El material de aporte se debe elegir con la misma composición que el metal base.

De tal forma que las varillas de acero dulce, se usan para soldar aceros de bajo carbono, varillas de aluminio para soldar aluminio, varillas de cobre para unir cobre, etc.

Las varillas de aporte para el proceso T.I.G., contienen una cantidad mayor de desoxidantes, por lo que producen menos salpicaduras en la soldadura y uniones más sanas. La varillas con recubrimiento que se usan normalmente en el proceso de arco eléctrico, no son adecuadas para este proceso ya que tienden a contaminar el electrodo de tungsteno.

Debido a que se producen radiaciones en el arco, el operador deberá de usar una careta para proteger la cara y los ojos de las radiaciones y el calor.

## ELECTRODOS

En la soldadura por arco, se forma el arco eléctrico entre las piezas que se sueldan, esto gracias al electrodo que es operado con algún maneral o con una máquina automática.

A medida que el extremo del electrodo se funde se forman pequeñas gotas o globos de metal fundido y que son atraídas por el arco hacia las piezas por soldar, penetrando el metal fundido en la junta para formar la unión soldada.

El acero fundido puede contener una cantidad muy grande de gases en solución, si no hay alguna protección contra los gases atmosféricos, estos pueden combinarse químicamente con el oxígeno y el nitrógeno. Después de enfriarse la soldadura quedará relativamente porosa debida a pequeñas burbujas formadas por los gases.

Los electrodos usados para la soldadura pueden ser de varilla de acero desnudo o bien recubierta con distintos materiales.

En soldadura con electrodos recubiertos, parte del recubrimiento se funde formando una capa fluida de escoria y otra parte forma una atmósfera protectora alrededor de arco metálico. La protección gaseosa sirve para estabilizar el arco y para protegerlo de los gases atmosféricos. La escoria fundida de menor densidad que el metal fundido, sube a la superficie retardando la rapidez de enfriamiento del metal de la soldadura y protegiendolo de la exposición indeseable de los gases atmosféricos.

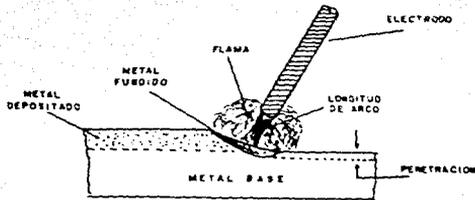
La composición química del metal de la soldadura puede controlarse por medio de la composición del recubrimiento del electrodo.

El uso de electrodos recubiertos resultan soldaduras de mejor calidad que las que se pueden obtener con electrodos desnudos, por esta razón casi toda la soldadura de arco se realizan con electrodos recubiertos.

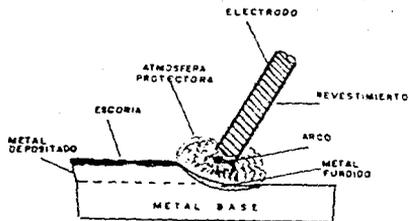
El electrodo puede tener una mayor o igual resistencia que los elementos por unir. Una de las ventajas del porque usar electrodos recubiertos, es que el recubrimiento contiene agentes o ingredientes que ayudan a limpiar y evitar la oxidación en las juntas realizadas.

La funciones principales del recubrimiento son:

- a.- Actúa como limpiador y desoxidante del material base durante la soldadura.
- b.- Actúa como estabilizador del arco eléctrico y disminuye el chisporroteo.
- c.- Infiuye directamente en la penetración de la soldadura.
- d.- Rompe las tensiones superficiales de las gotas del metal de aporte, permitiendo que éstas se amalgamen homogéneamente con el material base.
- e.- Forma una capa de escoria que protege el cordón de soldadura caliente de la oxidación.
- f.- Evita el rápido enfriamiento del cordón de soldadura gracias a la protección de la capa de escoria.
- g.- Permite, por medio de elementos adicionales, obtener un cordón de soldadura con características especiales.
- h.- Infiuye en la cantidad de aportación de material de soldadura.



Soldadura con electrodo desnudo



Soldadura con electrodo recubierto

### Clasificación de Electroodos

Debido a la gran cantidad de tipos de electrodos y aleaciones con que son fabricados para satisfacer las necesidades de soldadura, se han tratado de clasificar mediante un sistema numérico, sin embargo la mayoría de electrodos y aleaciones usados en la actualidad no entran en ésta clasificación, por lo tanto es recomendable que todo taller de soldadura se equie con los catálogos de fabricantes de electrodos y aleaciones para soldar, en el mayor número que le sea posible, para que en un momento dado elija el electrodo o aleación más adecuado para el trabajo que va a ejecutar.

La A.W.S. (Sociedad Americana de Soldaduras) ha hecho una clasificación de electrodos, la cual es para aceros estructurales de bajo y mediano contenido de carbono, la que se establece de acuerdo con las siguientes normas:

El número de clasificación consta de cuatro o cinco cifras de las cuales las dos primeras, en caso de ser un total de cinco, indicarán los miles de libras por pulgada cuadrada de la resistencia a la tensión del metal depositado, la penúltima cifra significa la posición en las cuales se puede aplicar el electrodo y la última indicará el tipo de revestimiento de dicho electrodo.

En realidad las dos últimas cifras indicarán unidas, tanto las posiciones de aplicación posibles para el electrodo, como el tipo de revestimiento y las características del depósito en cuanto forma y apariencia, así como también el tipo de corriente que se debe usar y la polaridad.

Casi todos los electrodos son del grupo E60xx y E70xx y pueden usarse para la mayoría de las aplicaciones con acero al carbono, la elección del electrodo correcto para obtener mejor calidad y producción eficiente, debe basarse en las necesidades de la soldadura y de la junta específica.

De una manera esquemática la clasificación hecha por la A.W.S. será como sigue:

a.- El prefijo "E" significa electrodo y se refiere, siempre, a la soldadura por arco eléctrico.

b.- Las dos primeras cifras, de un total de cuatro, o las tres primeras, de un total de cinco indican la resistencia mínima a la tensión.

E60xx..... Significa una resistencia a la tensión de 42.2 Kg/mm<sup>2</sup> (60,000 lbs/pl<sup>2</sup>).

E70xx..... Significa una resistencia a la tensión de 49.2 Kg/mm<sup>2</sup> (70,000 lbs/pl<sup>2</sup>).

c.- En la penúltima cifra indica la posición para soldar.

E~~xx~~ix..... Todas las posiciones.

E~~xx~~2x..... Juntas en ángulo interior en posición plana u horizontal.

E~~xx~~3x..... Sólo en posición plana.

d.- Las dos últimas cifras en conjunto indican la clase corriente a usarse y la clase de recubrimiento.

e.- El sufijo "E~~xxxx~~-AJ" indica la aleación aproximada del metal de aportación.

A1 .....	0.5% Mo (Molibdeno)
B1 .....	0.5% Cr (Cromo), 0.5% de Mo
B2 .....	1.25% Cr (Cromo), 0.5% de Mo
B3 .....	2.25% Cr (Cromo), 1.0% de Mo
C1 .....	2.50% Ni (Níquel)
C2 .....	3.25% Ni
C3 .....	1.00% Ni, 0.35% Mo, 1.5% Cr
D1 y D2 ..	0.25% - 0.45% Mo, 1.25% - 2% Mn (Manganeso)
G .....	0.5% Ni, 0.3% Cr, 0.2% Mo, 0.1% V (Vanadio)

En términos generales, el fundente de los electrodos-soldaduras de clasificación A.W.S., están fabricados a base de celulosa y otros ingredientes.

Básicamente la diferencia entre los electrodos está en la penetración y tipo de corriente que se deba usar. Entre mayor sea el contenido de celulosa en un fundente, mayor será la penetración.

Por ejemplo: un electrodo E6010 contiene en su fundente mayor cantidad de celulosa y ésta es la principal razón por la que se considera como un electrodo de mayor penetración.

La numeración de los electrodos según la clasificación A.W.S. tiene que ver directamente con las características de aplicación del tipo de corriente con que se debe usar, así como el tipo de depósito.

60 ..... Significa un mínimo de resistencia de 60,000 lbs/pl2.

1 ..... Significa la posibilidad de aplicación, que en este caso es en todas posiciones.

2 ..... Significa alta penetración y se debe usar únicamente con polaridad invertida y corriente continua.

El significado del último número es:

- 0 ..... Alta penetración. Para soldar únicamente con C.C. en corriente invertida, (celulosa y sodio).
- 1 ..... Alta penetración. Para soldar en C.A.- C.C. Polaridad invertida, (celulosa y potasio).
- 2 ..... Mediana penetración. Para soldar en C.A. y C.C. Polaridad directa e invertida, (titanio y sodio).
- 3 ..... Ligera penetración. Acabado terso para aplicarse con C.A. y C.C. Directa o invertida, (titanio y potasio).
- 4 ..... Penetración mediana. Polaridad directa o invertida (polvo de hierro y titanio).
- 5 ..... Bajo hidrógeno y sodio. Para soldar en C.C. Polaridad invertida.
- 6 ..... Bajo hidrógeno y potasio. Para soldar en C.A.-C.C. Polaridad invertida.
- 7 ..... Bajo hidrógeno, polvo de hierro, óxido de hierro. Para soldar con C.C. polaridad directa.
- 8 ..... Bajo hidrógeno y polvo de hierro. Para soldar con C.C. polaridad invertida o con C.A.

Es muy importante tomar en consideración que el significado del índice adicional tiene que ver directamente con el acero que se desea soldar; por consiguiente, en los electrodos con esta clasificación se deben considerar sus características de resistencia, etc., en relación con las características del metal base para los que son indicados.

## GENERALIDADES

- Acero de alto carbón. Acero con el 0.45% de carbón o más.
- Acero de bajo carbón. Acero con un contenido de 0.20% de carbón o menos. También se llama acero dulce.
- Metal de aporte. La porción de soldadura fundida durante la operación de soldar.
- Electrodo desnudo. Es el nombre que se le da al material de aportación usado en el proceso de oxiacetileno o por arco eléctrico. En algunos casos requiere de fundente, el cual puede ser adicionado al momento de soldar.
- Electrodo recubierto. Es un electrodo para el proceso por arco eléctrico, el cual consiste en una varilla metálica con revestimiento relativamente grueso que protege el metal fundido de la atmósfera, mejora las propiedades del metal de soldadura y estabiliza el arco.
- Fundente. Es un material fundible o gas que se usa para disolver y/o evitar formaciones de óxidos u otras inclusiones indeseables que se forman al soldar.
- Polaridad directa (-). Es la disposición de las terminales de soldar de manera que la pieza que se va a trabajar tenga el polo positivo (+) y el electrodo el polo negativo (-) en el circuito del arco.
- Polaridad invertida (+). Es la conexión de las terminales de soldar de manera que el circuito del arco de trabajo es el polo negativo (-) y el electrodo el polo positivo (+).
- Arco eléctrico. Es el flujo de corriente eléctrica a través de un medio gaseoso. En el caso del arco eléctrico para soldar, es el espacio que hay del electrodo a la metal base.

- Escoria. Estrictamente se define a la escoria como un mineral altamente contaminado del cual no resulta conveniente obtener beneficio o definitivamente no se puede obtener beneficio de él. Los metales no se encuentran puros en la naturaleza y durante el proceso de purificación se obtiene una mezcla mineral que contiene todas las impurezas y una mínima cantidad del metal que se esta obteniendo, a este desperdicio se le llama escoria. En base a esta definición se la ha llamado escoria al mineral que queda sobre la superficie de un cordón de soldadura el cual generalmente es producido por el revestimiento de los electrodos o por los fundentes aplicados en el proceso. La escoria siempre debe ser eliminada minuciosamente de tal manera que nos permita observar el metal limpio para verificar que el cordón de soldadura este satisfactoriamente aplicado.

**3 .- CLASIFICACION DE LOS  
TIPOS DE CONEXIONES**

## REQUERIMIENTOS

Las especificaciones del Instituto Americano de Construcción en Acero y el Código de Soldadura Estructural de la Sociedad Americana para Soldaduras (A.W.S.) exenta de pruebas y calificación a la mayor parte de juntas usadas en columnas de estructuras de acero. Tales juntas exentas son denominadas precalificadas. La precalificación hecha por la A.W.S. de una junta soldada esta basada en la experiencia de la buena ejecución de la soldadura y de las propiedades mecánicas apropiadas con que pueden ser depositadas, a condición de que el trabajo ejecutado sea realizado de acuerdo con todas las condiciones aplicables del Código de Soldadura Estructural. Entre las condiciones aplicables están las necesidades de la junta y las de su geometría.

La precalificación está pensada únicamente en aquellas formas donde la buena ejecución de la soldadura pueda ser depositada y fundida con el metal base. La adaptabilidad de las juntas en una aplicación específica no es meramente segura en la selección de la forma de la junta precalificada.

Para lograr el diseño y el detalle en la construcción de una soldadura se requiere hacer consideración de factores, los que se deben incluir, los cuales no están limitados en la magnitud, tipo y distribución para poder obtener la transmisión, accesibilidad, restricción en la contracción de la soldadura, espesor de los materiales conectados, efecto de esfuerzos residuales y de la deformación en la soldadura de los materiales conectados.

En general, todas las soldaduras de filete son consideradas como precalificadas, si estas cumplen las condiciones conforme a los requisitos de el código de la A.W.S. y las especificaciones del Instituto Americano de Construcción en Acero (A.I.S.C.).

Estas juntas precalificadas son limitadas para los diferentes procesos de fabricación, como el de soldadura por arco con electrodo recubierto, soldadura por arco sumergido (excepto el de sistema con circuito de baja transferencia) y soldadura de arco con electrodo de núcleo de fundente continuo.

Las variaciones bajan según las dimensiones de los ángulos de la ranura y de la variación en la profundidad de la ranura en la junta, las que deben de estar dentro de las tolerancias permisibles dadas o conocidas.

La formación de otras juntas soldadas con otros procedimientos pueden ser empleados a condición de que sea aprobadas y calificadas en conformidad por la A.W.S.

La mayoría de las juntas precalificadas ilustradas son aplicables también en la construcción de puentes.

La designación que se da a cada una de las juntas soldadas como son: B-L1a, B-L2a, B-U2, B-P3 las que se explican en las páginas siguientes, y son las que se usan en las normas de la A.W.S.

Las soldaduras de ranura son clasificadas usando la siguiente convención:

1.- Símbolos para los tipos de juntas.

B - Junta a tope

C - Junta en esquina

T - Junta en T

BC - Junta a tope o esquina

TC - Junta en T o esquina

BTC - Junta a tope en T o esquina

2.- Símbolos para espesores del metal base y tipo de penetración.

L - Espesor limitado, junta de penetración completa

U - Espesor ilimitado, junta de penetración completa

P - Junta de penetración parcial

3.- Símbolos para tipos de soldadura.

1.- Ranura cuadrada

2.- Ranura en V sencilla

3.- Ranura en V doble

4.- Ranura en BISEL sencillo

5.- Ranura en BISEL doble

6.- Ranura en U sencilla

7.- Ranura en U doble

8.- Ranura en J sencilla

9.- Ranura en J doble

4.- Símbolos para procedimientos de soldadura.

Si no es soldadura manual por arco con electrodo metálico recubierto (SMAW).

S - Soldadura por arco sumergido (SAW)

G - Soldadura por arco con alambre continuo protegido con gas (GMAW)

F - Soldadura por arco con electrodo con núcleo de fundente continuo (FCAW)

5.- Símbolos para posición de soldadura.

F - Plana

H - Horizontal

V - Vertical

OH - Sobrecabeza

## SOLDADORAS

Las conexiones soldadas muchas veces son usadas por la simplicidad en el diseño, por contar con pocas partes, menos material y por la disminución en la fabricación y manejo de piezas en el taller.

Frecuentemente una combinación de soldadura en taller y tornillos en campo es ventajosa.

Para vigas simples las conexiones en el taller, la soldadura generalmente es más económica que los tornillos, particularmente si los tornillos son de alta resistencia. Las conexiones para una viga pueden ser preparadas con ángulos soldados en taller en donde se una a la conexión en campo hecha con tornillos de alta resistencia, fuera de aclarar los problemas que puedan surgir en una conexión que es completamente atornillada.

Las conexiones soldadas toman mayor rigidez, lo que puede ser una de las ventajas más conveniente e importante en el diseño.

Por ejemplo las armaduras soldadas se flexionan menos que las armaduras remachadas o atornilladas, esto es porque el extremo de un elemento soldado en una junta no puede relativamente girar hacia los elementos existentes. Si el extremo de una viga es soldada a una columna la rotación que existe es practicamente la misma tanto como para la columna y la viga.

Sin embargo, una desventaja de la soldadura que debe ser tomada en cuenta es la contracción que tiene una soldadura demasiado grande. Esto es particularmente importante en estructuras largas en donde esto puede representar un efecto acumulativo.

Propiamente hecha, una soldadura bien diseñada es más resistente que el metal base. Impropiamente hecha, aunque a primera vista sea igual, puede ser una soldadura inútil. Propiamente hecha una soldadura tiene la penetración requerida además de no ser quebradiza.

Las juntas precalificadas, lo son cuando estan respaldadas por el Código para Soldaduras en Construcción de Edificios y las Especificaciones para Soldaduras en Puentes Carreteros y Ferroviarios de la Sociedad Americana de Soldaduras A.W.S.

Los tipos de soldaduras usuales en acero estructural propuestos son cuando estan hechos conforme a las especificaciones de la A.W.S., los cuales pueden ser definidos especificamente por notas o simbolos que son confiables para poder obtener una buena conexión.

Para la fabricación y diseño de una soldadura el proyectista solo especifica la cantidad y tamaño de la soldadura que realmente se requiere. (Generalmente un tamaño de 5/16" de soldadura es considerado como el máximo en una sola pasada).

En el diseño de conexiones soldadas el proyectista debe considerar el trabajo necesario para la fabricación y de la apropiada colocación de los miembros que pueden ser soldados al mismo tiempo.

#### TIPOS DE SOLDADURAS

Los principales tipos de soldadura usados en acero estructural son de filete, ranura, tapón y muesca o botón. La que comunmente es más usada es la soldadura de filete. Para cargas ligeras esta es la más económica, por la poca penetración que se requiere. Para fuertes cargas, las soldaduras de ranura son las más eficientes por la alta resistencia que del metal base puede obtenerse.

El empleo de las soldaduras de tapón y muesca generalmente son limitadas para condiciones especiales en donde las soldaduras de filete y de ranura no sean prácticas.

Más de un tipo de soldadura puede ser usado en una conexión. Si es así la capacidad permisible de la conexión es la suma de las capacidades efectivas de cada uno de los tipos de soldadura usados, que son debidamente calculados con respecto al eje del grupo.

La soldadura por puntos puede ser usada para la facilidad de montaje o de transporte. Ya que no existen fuerzas en los extremos de la estructura. En algunos casos estas soldaduras deben ser apartadas después de la erección o montaje, para que posteriormente pueda ser aplicada la soldadura definitiva.

Las soldaduras de filete en general tienen la forma de un triángulo rectángulo. El tamaño de la soldadura es conocido por la longitud de la pierna. La resistencia es determinada por el espesor de la garganta, que es la distancia mínima desde la raíz (intersección de piernas) a la cara de la soldadura. Si las dos piernas son iguales, el tamaño nominal de la soldadura se conoce por la pierna más corta.

Si las soldaduras son concavas, por consiguiente la garganta es disminuida y también la resistencia. Las soldaduras de filete son usadas para unir dos superficies que están aproximadamente en ángulo recto cada una. Las juntas pueden ser traslape, en tee o en esquina. La soldadura de filete puede también ser usada en soldaduras de ranura para reforzar juntas en esquina. En juntas en tee sesgadas, el ángulo comprendido de soldadura depositado puede variar hasta los 30 grados en relación con la perpendicular y el borde de una esquina por ser unida puede ser realizada hasta 1/8".

Las soldaduras de ranura son realizadas en una preparación en medio de los bordes de dos partes por ser unidas. Estas soldaduras generalmente son usadas para conectar dos placas que se encuentran en un mismo plano (junta a tope), pero estas también pueden ser usadas en juntas en tee y esquina.

Los tipos de soldaduras de ranura, son llamadas así de acuerdo con la forma de los bordes por ser soldados: ranura cuadrada, vee simple, doble vee, bisel simple, bisel doble, U simple, U doble, J simple y J doble. La preparación de los bordes pueden ser hechas por oxicorte, desbaste por aire por arco o por cepillado. Materiales hasta de 1/4" de espesor, sin embargo, puede ser una soldadura de ranura con corte cuadrado. Las soldaduras de ranura deben ofrecer completamente el ancho de las partes que son unidas. Las soldaduras de ranura intermitentes y las juntas a tope que no son completamente soldadas en su sección transversal están prohibidas.

Las soldaduras de ranura son también clasificadas como soldaduras de penetración total y parcial. En soldaduras de penetración completa, el metal de aporte y el metal base son fundidos completando la profundidad de la junta. Este tipo de soldadura es hecha desde ambos lados de la junta o desde ambos lados de la raíz, la primera pasada de soldadura es picada o removida para tener metal puro antes de realizar la soldadura en el lado opuesto o pasada posterior.

La dimensión de la garganta de una soldadura de ranura de penetración completa, para el cálculo de esfuerzos, es todo el espesor de la parte más delgada que es unida, sin contar la soldadura de refuerzo.

Las soldaduras de penetración parcial generalmente son usadas cuando las fuerzas por transmitir son pequeñas.

Los bordes pueden no ser formados por encima del espesor completo de las juntas y la soldadura puede ser menor que el espesor de la junta. Pero aunque los bordes son formados completamente, las soldaduras de ranura deben ser hechas desde un lado fuera del respaldo de lámina o hechos desde ambos lados, fuera de que la remoción que en la raíz deba ser considerada en las soldaduras de penetración parcial.

Estas son muchas veces son usadas para empalmes de columnas en edificios que son solo para capacidad axial. En puentes, soldaduras semejantes no deben ser usadas cuando las tensiones son aplicadas en el eje normal de las soldaduras.

Las soldaduras de tapón y muesca son usadas para transmitir cortantes en juntas a solape y para impedir la deformación en partes solapadas.

Estas también pueden ser utilizadas en edificios para unir los elementos de miembros armados. Las soldaduras son hechas, con partes solapadas que deben estar en contacto, el metal de soldadura debe depositarse en la parte de agujeros circulares u ovalados. En las aberturas pueden hacerse soldaduras de filete parciales o completos, dependiendo de su profundidad.

La capacidad de carga de una soldadura que es completamente de tapón o muesca, es igual al producto del área del agujero y del esfuerzo permisible de la soldadura. A menos de que la apariencia se deba considerar, una soldadura de filete en los agujeros o muescas es preferible.

Economía en la selección. En la selección de una soldadura el proyectista no solo considera el tipo de junta, si no que también el tamaño mínimo de metal de soldadura que requiere. Esto produce un ahorro tanto de material como de tiempo.

Mientras que la resistencia de una soldadura varia con el tamaño, el volumen del metal varia con el tamaño del área. Por ejemplo un filete de soldadura de 1/2" contiene como cuatro veces de metal por cada pulgada de largo como una soldadura de 1/4", pero es solamente dos veces más resistente. En general, una soldadura de filete más chica pero más larga cuesta menos que una soldadura más grande pero más corta de la misma capacidad.

Además de que las soldaduras chicas pueden ser depositadas en una pasada sencilla. Las soldaduras grandes requieren de múltiples pasadas. Las más largas, consumen más metal de aporte, por lo tanto son más costosas.

Como una guía en la selección de soldaduras, la siguiente tabla lista el número de pasadas requeridas por algunos de los tipos de soldadura que son frecuentemente usados.

Las soldaduras de ranura en doble vee y de bisel doble contienen casi el doble de metal de aporte como el requerido por las soldaduras de ranura de vee sencilla y de bisel sencillo respectivamente (sin incluir los efectos por separación en la raíz).

Sin embargo, debe de considerarse la suma de los costos de preparación de los bordes y el trabajo de remoción para la pasada posterior.

## NUMERO DE PASADAS PARA SOLDADURAS

TAMARO DE SOLDADURA (PIE)	SOLDADURA DE FILETE	SOLDADURA DE RANURA BISEL SENCILLO SIN SOLDADURA HACIA ATRAS		SOLDADURA DE RANURA VEE SENCILLA SIN SOLDADURA HACIA ATRAS		
		BISEL 30	BISEL 45	30 ABIERTA	60 ABIERTA	90 ABIERTA
		3/16	1			
1/4	1	1	1	2	3	3
5/16	1					
3/8	3	2	2	3	4	6
7/16	4					
1/2	4	2	2	4	5	7
5/8	6	3	3	4	6	8
3/4	8	4	5	4	7	9
7/8		5	8	5	10	10
1		5	11	5	13	22
1 1/8		7	11	9	15	27
1 1/4		8	11	12	16	32
1 3/8		9	15	13	21	36
1 1/2		9	18	13	25	40
1 3/4		11	21			

\* ESPESOR DE SOLDADURA PARA SOLDADURAS DE RANURA

## CLASIFICACION DE LOS TIPOS

### DE CONEXIONES

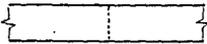
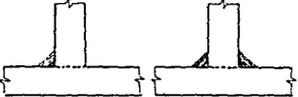
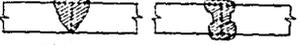
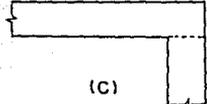
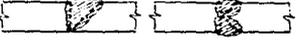
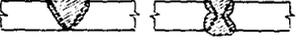
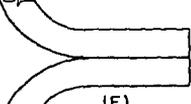
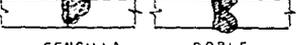
La gente que específicamente o que de alguna manera esta relacionada con la soldadura, muchas veces usa el término junta y soldadura con poca exactitud. Para facilidad de tener una comunicación de estas instrucciones es conveniente tener en mente la diferencia básica del significado entre estos dos términos, esto ilustrado en la figura siguiente.

Las figuras de la izquierda muestra los cinco tipos básicos de juntas, las cuales son: a tope, en T, en esquina, de traslape y de borde. Cada una es definida de una manera descriptiva, la cual esta en función, de la relación entre las juntas y las placas existentes, para poder obtener cada una de estas. Ni la geometría de la misma soldadura ni el método de preparación de los bordes tienen alguna influencia en la definición básica de la junta. Por ejemplo la junta en T puede ser una soldadura de filete o de ranura.

Las figuras de la derecha muestra los tipos básicos de soldadura que pueden ser: de filete, de ranura en escuadra, en bisel, en V, en J y en U. El tipo de junta hecha no afecta que le llamemos soldadura.

Aunque la soldadura de bisel sencillo es ilustrada como una junta a tope, está puede ser usada en una junta a tope, en T o en esquina. La definición completa de la soldadura en una junta debe incluir la descripción de la soldadura y la junta.

Es decir, se debe indicar que tipo de soldadura y el tipo de junta que es.

TIPOS DE JUNTAS	TIPOS DE SOLDADURAS
 <p>(B) JUNTA A TOPE</p>	 <p>FILETE SENCILLO    FILETE DOBLE</p>
 <p>(T) JUNTA EN T</p>	<p>RANURA CUADRADA</p>  <p>SENCILLA    DOBLE</p>
 <p>(C) JUNTA EN ESQUINA</p>	<p>RANURA DE BISEL</p>  <p>SENCILLA    DOBLE</p>
 <p>(L) JUNTA SOLAPADA</p>	<p>RANURA EN VEE</p>  <p>SENCILLA    DOBLE</p>
 <p>(E) JUNTA DE BORDE</p>	<p>RANURA EN J</p>  <p>SENCILLA    DOBLE</p>

### TIPOS DE JUNTAS

El tipo de junta por ser realizada depende de la condición de diseño y pueden ser las de ranura, de filete, de tapón o en T. Estas juntas pueden ser hechas usando varias preparaciones tales como cuadrada a tope, en V, de bisel, en J o en U. Lo cierto de estas juntas es que son precalificadas por la Sociedad Americana para Soldaduras (AWS), las cuales son ilustradas en los siguientes cuadros, los que se emplean según la penetración, sea parcial o completa; los dos primeros cuadros son para soldaduras hechas por arco manual y las dos siguientes para soldaduras por arco sumergido automático.

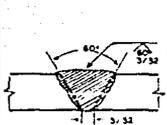
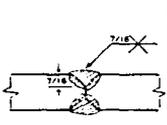
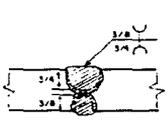
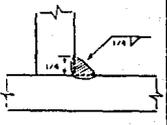
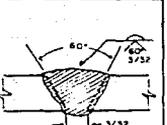
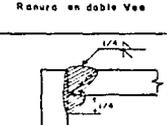
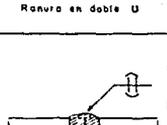
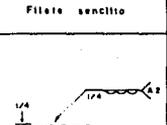
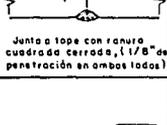
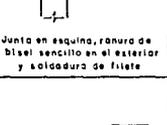
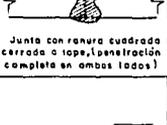
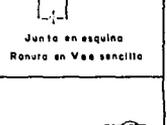
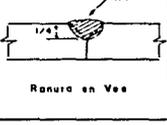
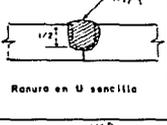
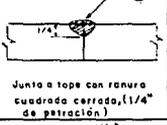
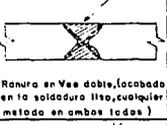
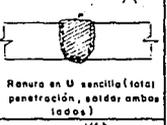
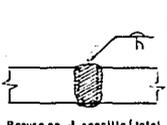
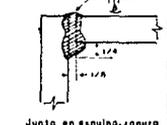
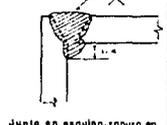
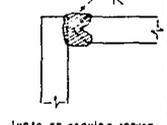
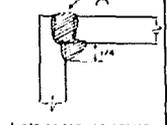
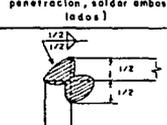
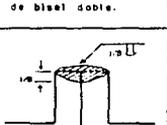
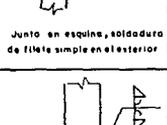
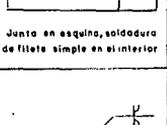
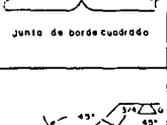
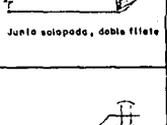
La selección entre dos o más tipos de juntas no siempre esta en función del diseño. Esta selección afecta directamente el costo de la soldadura.

Por ejemplo, en la gráfica siguiente se muestra esta influencia.

La selección es para ser hecha entre una soldadura de filete a 45 grados o algún tipo de junta de ranura en T.

- a) Para una resistencia total en la soldadura, la pierna de la soldadura debe ser casi del 75% del espesor de la placa.
- b) Una resistencia total puede también ser obtenida por un biselado doble a 45 grados en el borde de la placa y por consiguiente un espaciamiento en la raíz de  $1/8"$ , lo que permitiría una penetración completa. La cantidad de metal de soldadura aportado aquí, comparado con el del filete de soldadura convencional varía desde un 75% en una placa de  $1"$  hasta el 56% para una placa de  $4"$ .

## DIBUJOS DE APLICACIONES TÍPICAS DE LOS SIMBOLOS PARA SOLDADURAS DE LA AWS.

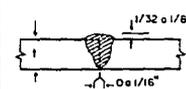
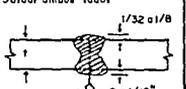
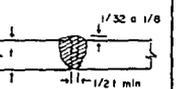
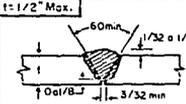
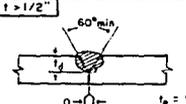
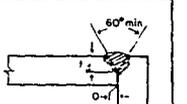
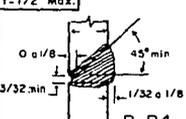
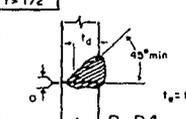
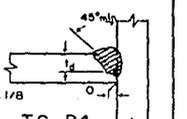
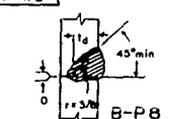
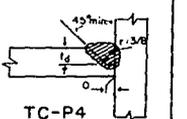
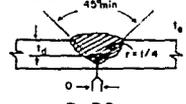
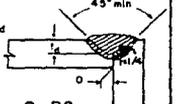
 <p>Ranura en V, ángulo a 60° (abertura de lateral 3/32")</p>	 <p>Ranura en doble Vee</p>	 <p>Ranura en doble U</p>	 <p>Fillete sencillo</p>	 <p>Ranura en Vee sencilla (penetración completa, soldador ambos lados)</p>
 <p>Junta a tope con ranura cuadrada cerrada, (1/8" de penetración en ambos lados)</p>	 <p>Junta en esquina, ranura de bisel sencillo en el exterior y soldadura de fillete</p>	 <p>Junta con ranura cuadrada cerrada a tope, (penetración completa en ambos lados)</p>	 <p>Repleno en cara superior</p>	 <p>Junta en esquina Ranura en Vee sencilla</p>
 <p>Ranura en Vee</p>	 <p>Ranura en U sencilla</p>	 <p>Junta a tope con ranura cuadrada cerrada, (1/4" de penetración)</p>	 <p>Ranura en Vee doble, (acabado en la soldadura lisa, cualquier metado en ambos lados)</p>	 <p>Ranura en U sencilla (total penetración, soldador ambos lados)</p>
 <p>Ranura en J sencilla (total penetración, soldador ambos lados)</p>	 <p>Junta en esquina, ranura cuadrada con abertura de 1/8" y soldadura de fillete</p>	 <p>Junta en esquina, ranura en Vee sencilla y soldadura de fillete</p>	 <p>Junta en esquina, ranura de bisel doble.</p>	 <p>Junta en esquina, ranura en U sencilla y soldadura de fillete</p>
 <p>Junta en esquina, doble fillete</p>	 <p>Junta en esquina, soldadura de fillete simple en el exterior</p>	 <p>Junta en esquina, soldadura de fillete simple en el interior</p>	 <p>Junta de borde cuadrado</p>	 <p>Junta solapada, doble fillete</p>
 <p>Junta en tope, bisel sencillo.</p>	 <p>Junta en tope, ranura en doble J, soldadura en doble fillete.</p>	 <p>Ranura en doble J (penetración completa)</p>	 <p>Soldadura de tope J</p>	 <p>Junta a tope, ranura cuadrada abierta (abertura en la raíz) (la penetración completa en ambos lados)</p>
 <p>Fillete simple 1) Acabado convexo esmerillado 2) Acabado liso esmerillado 3) Acabado plano maquinado</p>	 <p>Doble fillete, 2" de soldadura al centro de 5" incrementos apuestos.</p>	 <p>Doble fillete. Incrementos alternados</p>	 <p>Ranura en Vee doble (penetración completa)</p>	 <p>Ranura en U sencilla (penetración completo)</p>

## JUNTAS PRECALIFICADAS POR LA A.W.S. PARA EDIFICIOS

( SOLDADURA MANUAL, PENETRACION PARCIAL EN SOLDADURAS DE RANURA )

1. Remoción de la raíz antes de soldar el segundo lado.
2. El uso de esta soldadura es limitado en espesores de metal base de 3/8" o más grande.
- e Cuando más delgada es la placa, primero biselar y por este lado soldar la raíz.

$t_p \geq \frac{t}{2}$

<b>T O R E A</b>	<b>E S C U A D R A</b>	$t \leq 1/8''$ Max.	$t \leq 1/4''$ Max. Soldar ambos lados	$t \leq 1/4''$ Max.
		 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t</math>      <b>B-P1a</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t</math>      <b>B-P1b</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = 3/4 t</math>      <b>B-P1c</b></p>
<b>V E</b>	<b>E</b>	$t \leq 1/2''$ Max.	$t > 1/2''$	$t > 1/2''$
		 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t</math>      <b>B-P2</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d</math>      <b>B-P2</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d</math>      <b>C-P2</b></p>
<b>B I S E L</b>	<b>E</b>	$t \leq 1/2''$ Max.	$t > 1/2''$	$t > 1/2''$
		 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t</math>      <b>B-P4</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d - 1/8</math>      <b>B-P4</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d</math>      <b>TC-P4</b></p>
<b>J</b>	<b>E</b>	$t \leq 1/2''$	$t > 1/2''$	$t > 1/2''$
		 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d</math>      <b>B-P8</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d</math>      <b>TC-P4</b></p>	
<b>U</b>	<b>E</b>	$t \leq 1/2''$	$t > 1/2''$	$t > 1/2''$
		 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d</math>      <b>B-P6</b></p>	 <p style="text-align: center;"><math>t_p = t_d</math>      <b>C-P6</b></p>	

## JUNTAS PRECALIFICADAS POR LA A.W.S. PARA EDIFICIOS

( SOLDADURA AUTOMÁTICA POR ARCO SUMERGIDO, PENETRACIÓN COMPLETA, SOLDURAS DE RANURA)

Notas: El tamaño del refuerzo de la soldadura de filete, en soldaduras de ranura, en Juntas en Tee y Esquina es igual a 1/4", pero puede ser de 3/8" máximo.

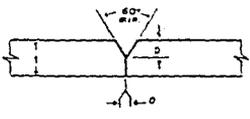
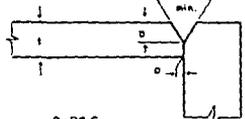
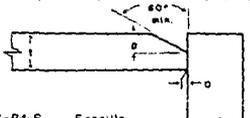
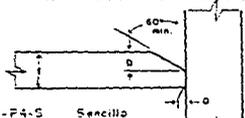
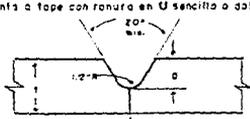
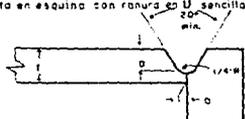
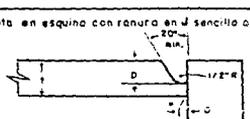
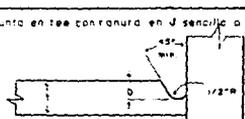
- 1.- Remoción de la raíz antes de soldar el segundo lado.
- 2.- El uso de esta soldadura es limitado en espesores de metal base de 5/8" o más grande.

	SIMPLE	SIMPLE	DOBLE
	Soldadura en ambos lados sin respaldo	Soldadura en un lado usando respaldo	Soldadura en ambos lados sin respaldo
<b>T O P E A</b>			
<b>V E E</b>			
<b>B I S E L</b>			
<b>U</b>			

## JUNTAS PRECALIFICADAS POR LA A.W.S. PARA EDIFICIOS

(SOLDADURA AUTOMÁTICA POR ARCO SUMERGIDO, PENETRACION PARCIAL, SOLDADURAS DE RANURA.)

Notas: Las soldaduras son de posición plana.  
 Si el ángulo de la raíz es menor que  $1/4"$ , se permite hacer un cordón raíz manual para impedir quemaduras.  
 Garganta mínima efectiva  $\geq 1/8"$ , cuando  $T$  es el espesor de la pieza más delgada.  
 Espesor de la placa para junta de ranura simple  $\geq 3/4"$ ; ranura doble  $\geq 1 1/4"$ .  
 Garganta efectiva  $\geq 5/16"$ .

<p style="text-align: center;">Junta a tope con ranura en Vee sencilla o doble</p>  <p style="text-align: center;">B-P2-S Sencilla B-P2-S Doble</p>	<p style="text-align: center;">Junta en esquina con ranura en Vee sencilla</p>  <p style="text-align: center;">C-P2-S</p>
<p style="text-align: center;">Junta en esquina con ranura en bisel sencilla o doble</p>  <p style="text-align: center;">C-P4-S Sencilla C-P5-S Doble</p>	<p style="text-align: center;">Junta en tee con ranura en bisel sencilla o doble</p>  <p style="text-align: center;">T-P4-S Sencilla T-P5-S Doble</p>
<p style="text-align: center;">Junta a tope con ranura en U sencilla o doble</p>  <p style="text-align: center;">B-P6-S Sencilla B-P7-S Doble</p>	<p style="text-align: center;">Junta en esquina con ranura en U sencilla</p>  <p style="text-align: center;">C-P6-S</p>
<p style="text-align: center;">Junta en esquina con ranura en J sencilla o doble</p>  <p style="text-align: center;">C-P8-S Sencilla C-P9-S Doble</p>	<p style="text-align: center;">Junta en tee con ranura en J sencilla o doble</p>  <p style="text-align: center;">T-P8-S Sencilla T-P9-S Doble</p>

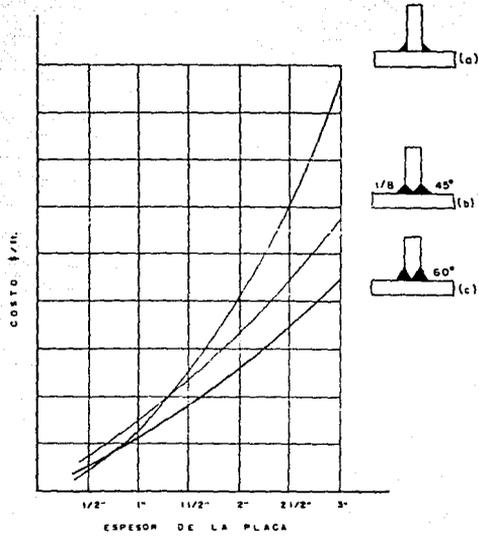
• El ángulo de la junta exterior es de  $45^\circ$

En placas arriba o alrededor de  $1\frac{1}{2}$ " de espesor, el costo extra del biselado a 45 grados en la placa y la probable necesidad del uso de una corriente baja en la soldadura de ranura, serán puntos necesarios de cuidar para compensar el costo más bajo en el metal de aporte en este tipo de juntas. A no ser por el espesor de la placa la reducción en el metal de soldadura, será bastante grande para superar cualquier costo extra de preparación.

- c) Esta resistencia también puede ser obtenida por el biselado de los bordes de la placa a 60 grados para hacer uso de la soldadura dentro del biselado, un filete de soldadura a 60 grados puede ser puesto superficialmente. La profundidad mínima del bisel y de la pierna adicional del filete de soldadura, deberán ser los dos igual al 25% del espesor de la placa. En placas de cualquier espesor, la cantidad del metal de soldadura es de aproximadamente la mitad que la del filete convencional. Estas juntas tienen la ventaja adicional de que una corriente casi alta puede ser usada en la fabricación de una soldadura de filete.

Esto es mostrado en la siguiente gráfica. La intersección de las líneas entre la soldadura de filete convencional y la de ranura a 45 grados con penetración completa en una junta en T, nos daría como resultado una placa de casi  $1\frac{1}{2}$ " de espesor. El bisel de 60 grados, en juntas de penetración parcial, con filetes de 60 grados puede haber una reducción en el costo según se observa en la gráfica, en placas de 1" de espesor. La posición relativa de esta curva puede variar de acuerdo a la soldadura y a los costos de cortes usados para realizar las preparaciones en los bordes.

**TABLA DE COSTOS RELATIVA  
 DE LA RESISTENCIA EN PLACAS  
 SOLDADAS**



Puede ser una buena idea de que en cada compañía se modele o simule un estudio de los costos en la soldadura de su taller, para que sirva como guía de sus ingenieros en la rápida selección de una soldadura más económica. Naturalmente que esto no es posible de hacer debido a los diferentes costos, (la mano de obra, la soldadura, los cortes por realizar, el transporte, el montaje, etc.) los que pueden variar en cada compañía.

#### SÍMBOLOS PARA SOLDADURAS

Los símbolos en la carta siguiente, denotan los tipos de soldadura, que pueden ser aplicados en una soldadura en particular, estos símbolos son estandarizados y adoptados por la Sociedad Americana para Soldaduras (A.W.S.). Algunos sistemas semejantes proponen símbolos, estas notaciones rápidamente, indican para un Diseñador, Dibujante, Supervisor de Producción y Soldador, el detalle exacto de soldadura establecido para cada junta o conexión, por satisfacer todas las condiciones de resistencia del material y servicio requerido. Adoptando este sistema de símbolos en el departamento de ingeniería de una compañía para asegurar que la correcta aplicación de la soldadura sea transmitida a todos los interesados e impedir la mala interpretación de las instrucciones y tener como resultado un aumento en los costos de producción.

Aunque a primera vista pueda parecer que muchos de los símbolos diferentes sean complicados, el sistema de símbolos es separado en reducidos elementos básicos o elementales. Cualquier combinación de estos elementos pueden ser creados conforme cualquier juego de condiciones gobernadas por una junta soldada.

# Sociedad Americana de Soldaduras A.W.S.

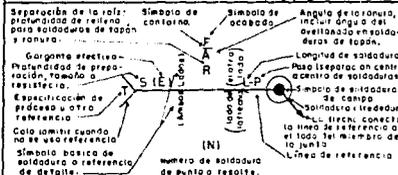
## Símbolos Básicos para Soldaduras

SIGNIFICADO Y LOCALIZACIÓN	FILETE	TAPON RANURA	DE PUNTO	COSTURA	RANURA										DE RESPALDO	DE SUPERFICIE	PESTAÑA		COSTURA DE PUNTO POR ARCO	REFERENCIA POR PUNTO POR REALTO	RETRACCIÓN POR PUNTO O COSTURA RECALCADO	POR PUNTO O RECALCADO
					CUADRADA	EN V	BISEL	EN U	EN J	EN V ARREDIADA	BISEL ARREDIADO	DE BORDE	EN ESQUINA									
LADO DE LA FLECHA																NO SE USA			NO SE USA		NO SE USA	NO SE USA
EL OTRO LADO																NO SE USA			NO SE USA		NO SE USA	
AMBOS LADOS		NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA												NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	
UNO U OTRO LADO DE LA FLECHA	NO SE USA	NO SE USA			NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA	NO SE USA						

### Símbolos Suplementarios

SOLDADURA EN TODO EL REDEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	FUSION TOTAL	CONTORNO		
			PLANO	CONVEXO	CAVADO

### Localización de símbolos de soldadura



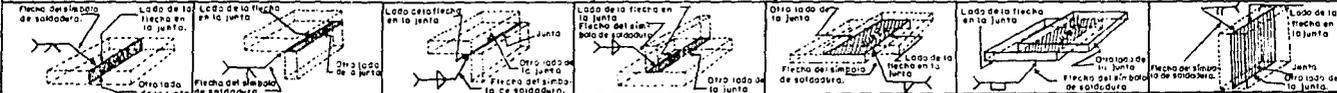
### Símbolos Típicos de Soldadura

DE RESPALDO O SOPORTE	DE SUPERFICIE	DE PUNTO	DE TAPON	DE RANURA	DE RESISTENCIA	DE COSTURA	DE PRESUM O RECALCADO
Simbolo aplicable en cualquier soldadura de ranura simple.	Ornamentación, decoración y dimensión de todos los tipos. No se muestra por	La dimensión de la ranura en BISEL, BISEL, o ranura indica una profundidad igual al espesor de los miembros.	Abertura de la ranura. Angulo de la ranura.	Abertura de la ranura. Angulo de la ranura.	Referencia de espesor. Paso de resaca. Tamaño (línea) para soldadura de punto.	Dimensión (espesor) de COSTURA. Espesificación de proceso.	Dimensión (diámetro) del agujero en la ranura. Profundidad de ranura. Suma sin indicar completo.
Tomado (longitud de pieza)	Tomado (longitud de pieza)	Tomado (longitud de pieza)	Tomado (longitud de pieza)	Tomado (longitud de pieza)	Tomado (longitud de pieza)	Tomado (longitud de pieza)	Tomado (longitud de pieza)
DOUBLE FILETE	INTERMITENTE	INTERMITENTE ALTERNADA	RANURA EN V SIMPLE	COMBINADOS	DE RESISTENCIA	DE COSTURA	PRESUM O RECALCADO

### SÍMBOLOS SUPLEMENTARIOS

SOLDADURA TODO AL REDEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	FUSION TOTAL	CONTORNO LISO	CONTORNO CONVEXO
El símbolo de soldadura todo al rededor indica que la soldadura se extiende al rededor de la junta.	El símbolo de campo indica que la soldadura se extiende en otro lugar que en la construcción indicada.	El derivamiento en el simbolizado excepto lo actual. Cualquier símbolo.	El símbolo de contorno CONTORNO LISO indica que la soldadura debe hacerse al ras.	El símbolo de contorno CONVEXO indica que el contorno de la soldadura debe ser convexo.

### JUNTAS BASICAS - Identificación del lado de la flecha y el otro lado de la junta



SÍMBOLOS NO PREFERENTES. USAR LOS SÍMBOLOS + PROCESOS PREFERENTES.

Por esto es acertado en una etapa inicial, limitar el uso de símbolos para soldaduras de filete y de ranura en el detalle de los dibujos de cualquier soldadura en especial. Posteriormente en el taller se podrán utilizar estos símbolos simples y sólo se tendrá que depender de aquellos que son raramente usados.

La siguiente figura muestra la aplicación práctica de estos símbolos en varias juntas típicas.

#### FACTORES QUE AFECTAN LOS PROCESOS

Para cada trabajo de soldadura hay un procedimiento con el cuál una junta completa se la de costo más bajo posible y que cumpla con los requerimientos. La realización de esta tarea requiere un conocimiento de los factores que pueden afectar un tipo de soldadura por ser ejecutada.

Los factores que pueden ser considerados son:

- 1.- El tipo de junta por ser hecha, incluyendo el ángulo, abertura y cara de la raíz.
- 2.- Tipo y tamaño del electrodo.
- 3.- Tipo de corriente, polaridad y cantidad (amperes)
- 4.- Longitud de arco (voltaje en el arco)
- 5.- Velocidad de arco.
- 6.- Posición de la soldadura (plana, vertical, horizontal o sobrecabeza).

# JUNTAS PRECALIFICADAS POR LA AWS. PARA EDIFICIOS

( SOLDADURA MANUAL, PENETRACION COMPLETA EN SOLDADURAS DE RANURA )

**NOTA:** El tamaño del refuerzo de la soldadura cañete, en soldaduras de ranura, de juntas en Tee y Esquina es igual a 1/4", pero puede ser de 3/8" máxima.

1. Remoción de la raíz antes de soldar el segundo lado.
2. El uso de esta soldadura es limitado en espesores de metal base de 5/8" o más grande.
3. Cuando sea designado se la placa, primero biselar y por este lado soldar la raíz.

	SIMPLE	SIMPLE	DOBLE	DOBLE
<b>JUNTA</b>	Soldadura en ambos lados sin respaldo.	Soldadura en un lado usando respaldo.	Soldadura en ambos lados sin separador.	Soldadura en ambos lados usando separador.
<b>TOPEADRA</b>	<p>1: 1/4" Max.</p> <p>B-Lib<sup>1</sup></p> <p>TC-Li<sup>1</sup></p>	<p>1: 1/4" Max.</p> <p>B-Lia</p>		
<b>VEE</b>	<p>1: 3/4" Max.</p> <p>B-L2<sup>1</sup></p> <p>C-L2<sup>1</sup></p>	<p>1: ilimitado.</p> <p>B-U2</p> <p>C-U2</p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45°/1/4" Todas Posiciones</li> <li>30°/3/8" Plano Y Sobrecabeza</li> <li>20°/1/2" Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>	<p>1: ilimitado</p> <p>B-U3b<sup>1,2</sup></p>	<p>1: ilimitado</p> <p>B-U3<sup>2</sup></p> <p>Separador R 1/8"</p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45°/1/4" Todas Posiciones</li> <li>30°/3/8" Plano Y Sobrecabeza</li> <li>20°/1/2" Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>
<b>BISEL</b>	<p>1: 3/4" Max.</p> <p>TC-L4a<sup>1</sup></p> <p>B-L4<sup>1</sup></p> <p>TC-L4b<sup>1</sup></p>	<p>1: ilimitado</p> <p>B-U4</p> <p>TC-U4</p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45°/1/4" Todas Posiciones</li> <li>30°/3/8" Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>	<p>1: ilimitado</p> <p>B-U5a<sup>1,2</sup></p> <p>TC-U5b<sup>2</sup></p>	<p>1: ilimitado</p> <p>B-U5b<sup>2</sup></p> <p>TC-U5a<sup>1,2</sup></p> <p>Separador R 1/8"</p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>Con Separador</li> <li>45°/1/4" Todas Posiciones</li> <li>30°/3/8" Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>
<b>J</b>	<p>1: ilimitado</p> <p>B-U8<sup>1</sup></p> <p>TC-U8b<sup>1</sup></p> <p>TC-U8a<sup>1</sup></p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todas Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>		<p>1: ilimitado</p> <p>B-U9<sup>1,2</sup></p> <p>TC-U9<sup>1,2</sup></p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todas Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>	
<b>U</b>	<p>1: ilimitado</p> <p>B-U6<sup>1</sup></p> <p>C-U6<sup>1</sup></p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todas Posiciones</li> <li>20° Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>		<p>1: ilimitado</p> <p>B-U7<sup>1,2</sup></p> <p>Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todas Posiciones</li> <li>20° Plano Y Sobrecabeza</li> </ul>	

# JUNTAS PRECALIFICADAS POR LA A.W.S. PARA EDIFICIOS

( SOLDADURA MANUAL, PENETRACION COMPLETA EN SOLDADURAS DE RANURA )

**NOTA:** El tamaño del refuerzo de la soldadura de filete, en soldaduras de ranura, de juntas en Tee y Esquina es igual a 1/4", pero puede ser de 3/8" máximo.

1. Remoción de la raíz antes de soldar el segundo lado.
2. El uso de esta soldadura es limitado en espesores de metal base de 5/8" o más grande.
3. Cuando más exigido es la placa, primero biselar y por este lado soldar la raíz.

	SIMPLE	SIMPLE	DOBLE	DOBLE
<b>JUNTA</b>	Soldadura en ambos lados sin respaldo.	Soldadura en un lado usando respaldo.	Soldadura en ambos lados sin separador.	Soldadura en ambos lados usando separador.
<b>ESQUADRA</b>	<p style="text-align: center;">± 1/4" Max.</p> <p style="text-align: center;">B-Lib<sup>1</sup> TC-L1<sup>1</sup></p>	<p style="text-align: center;">± 1/4" Max.</p> <p style="text-align: center;">B-L1a TC-L1<sup>1</sup></p>		
<b>VEE</b>	<p style="text-align: center;">± 3/4" Max.</p> <p style="text-align: center;">B-L2<sup>1</sup> TC-L2<sup>1</sup></p>	<p style="text-align: center;">± ilimitado.</p> <p style="text-align: center;">B-U2<sup>1</sup> TC-U2<sup>1</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> <li>20° 1/2 Plano Y Sobrecapota</li> </ul>	<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U3b<sup>1,2</sup> TC-U3b<sup>1,2</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> <li>20° 1/2 Plano Y Sobrecapota</li> </ul>	<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U3<sup>1,2</sup> TC-U3<sup>1,2</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> <li>20° 1/2 Plano Y Sobrecapota</li> </ul>
<b>BISEL</b>	<p style="text-align: center;">± 3/4" Max.</p> <p style="text-align: center;">B-L4<sup>1</sup> TC-L4<sup>1</sup></p>	<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U4<sup>1</sup> TC-U4<sup>1</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> <li>20° 3/8 Plano Y Sobrecapota</li> </ul>	<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U5a<sup>1,2</sup> TC-U5a<sup>1,2</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> <li>20° 3/8 Plano Y Sobrecapota</li> </ul>	<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U5b<sup>1,2</sup> TC-U5b<sup>1,2</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ R Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> <li>20° 3/8 Plano Y Sobrecapota</li> </ul>
<b>J</b>	<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U8<sup>1</sup> TC-U8<sup>1</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> </ul>		<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U9<sup>1,2</sup> TC-U9<sup>1,2</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> </ul>	
<b>U</b>	<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U6<sup>1</sup> TC-U6<sup>1</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> </ul>		<p style="text-align: center;">± ilimitado</p> <p style="text-align: center;">B-U7<sup>1,2</sup> TC-U7<sup>1,2</sup></p> <p style="text-align: center;">Limitaciones para juntas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⊕ Posición Permitida</li> <li>45° Todos Posiciones</li> <li>30° Plano Y Sobrecapota</li> </ul>	

Un gran número de los factores antes mencionados pueden ser determinados según la junta soldada. Estos detalles como el tipo y tamaño del electrodo, polaridad y corriente, características del arco y técnicas del taller son por lo regular resueltas por el fabricante de electrodos y plantas de soldar. El Ingeniero debe de tomar en cuenta que estos problemas se presentan e incluirlos en las consideraciones de diseño de la junta.

La figura siguiente indica que la abertura de la raíz (R) es la separación entre los miembros por ser unidos.

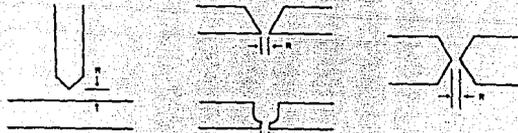
La abertura de la raíz es usada para la accesibilidad del electrodo a la base o a la junta de la raíz. El pequeño ángulo del bisel y lo largo de esta abertura en la raíz deben de ser suficientes para tener una buena fusión en la raíz.

Si la abertura de la raíz es demasiado pequeña la fusión es más difícil de obtener y por lo tanto electrodos de menor diámetro deben ser usados lo que haría que el proceso de soldadura sea demasiado lento.

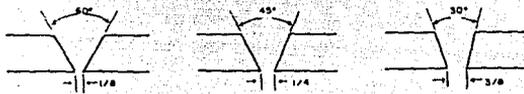
Por lo contrario, si la abertura de la raíz es demasiado grande la calidad de la soldadura no sufre, pero más metal de aporte (soldadura), es requerido, lo cual aumentaría el costo de la soldadura y tener que cuidar un aumento de deformación.

La figura siguiente indica como la abertura de la raíz debe de ser aumentada tanto como el ángulo de un bisel comprendido sea disminuido.

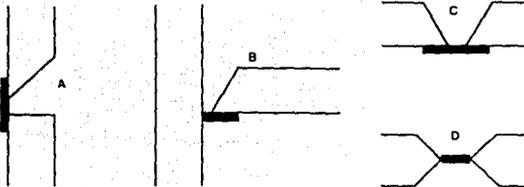
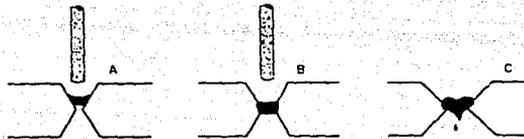
Cuando la abertura de la raíz es demasiado grande son usados respaldos de lámina, las tres preparaciones anteriores son aceptables; todas contribuyen a un buen proceso de soldadura y por lo tanto tener una buena calidad. Por lo cuál la selección es basada usualmente en el costo.



Separación de la raíz



Separación de la raíz con relación al ángulo del bisel



Respaldo y separador de raíz

La abertura de la raíz y la preparación de la junta están afectadas directamente por el costo de la soldadura (área de metal requerido) por lo que la selección debe de ser hecha teniendo esto en mente. La preparación en la junta incluye el trabajo requerido en los filos de la placa previos a soldarse (biselado), condición de altura de la raíz, etc.

En la figura siguiente (a) el bisel y la abertura de la raíz son pequeños, la soldadura llena la garganta de la raíz con residuos de escoria. Por lo que es requerida una excesiva remoción de la raíz para poder retirarla.

En la figura (b) se muestra una preparación propia en la junta lo que este procedimiento produce una buena fusión en la raíz y minimiza la remoción de escoria.

En la figura (c) una abertura grande en la raíz, resulta que la fusión del metal de aporte se pasa a través de la abertura. En este caso separadores de lámina son usados, caso en el cuál debe ser posteriormente removida.

Los respaldos de lámina son comunmente usados cuando toda la soldadura debe ser hecha desde un lado o cuando la abertura de la raíz es muy grande. Los respaldos de lámina mostrados en las siguientes figuras a, b, y c, son generalmente soldaduras izquierdas y pueden convertirse a propósito en una parte integral de la junta.

Los separadores de lámina pueden ser usados especialmente en el caso de tener juntas de doble vee para evitar el paso del metal fundido. El espaciador (figura d) es para evitar el paso del metal fundido, este debe ser desbastado antes de soldar el segundo lado.

#### RESPALDOS DE LÁMINA

Los respaldos de lámina pueden ser parte de el metal base. Un bisel en el contorno de la placa es recomendado cuando se usan respaldos.

La soldadura intermitente corta es usada para tener el respaldo en un sentido, y son preferiblemente para reducir cualquier restricción de tambaleo o movimiento en la junta. Estas no son directamente opuestas una con otra, como se muestra en la figura.

El respaldo de lámina debe de estar en íntimo contacto con ambos bordes de las placas para evitar el atrapamiento de escoria en la raíz, esto es mostrado en la figura siguiente.

#### SOLDADURA DE REFUERZO

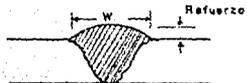
En una junta a tope, una soldadura de refuerzo nominal debe de ser aproximadamente de  $1/16''$  a  $1/8''$  arriba del nivel, es todo lo necesario, figura (a). Una formación adicional, figura (b), no sirve para un propósito útil además de incrementar el costo de la soldadura. Es por eso que se debe de conservar el ancho y la altura de ambos para poder tener un refuerzo considerable.

#### PREPARACION BORDES

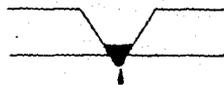
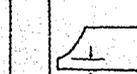
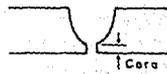
El principal propósito de la cara en la raíz es la de proporcionar un espesor adicional de metal, como oposición para un bisel conveniente lo que minimiza cualquier tendencia de quemaduras.



Respaldos de lámina



Soldadura de refuerzo



No recomendado

La preparación en un canto vivo esta más expuesta a las quemaduras que una junta con una cara en la raíz, especialmente si la separación adquirida es pequeña o demasiado grande. Una cara en la raíz no es fácilmente obtenida como un canto vivo.

Un material con canto vivo generalmente se corta con un soplete, mientras que la cara de una raíz usualmente requiere dos cortes o posiblemente un corte con soplete además de un maquinado. Una cara en la raíz usualmente requiere de una remoción si un 100% de soldadura es requerida.

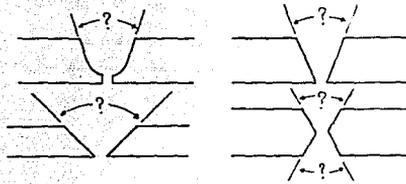
La cara en la raíz no es recomendada cuando una soldadura se realiza usando un respaldo de lámina, porque una bolsa de gas puede formarse entre la soldadura y la placa de respaldo.

Los bordes de la placa se biselan para permitir la accesibilidad en todas las partes de la junta y asegurar una buena fusión de una soldadura completa en toda la sección cortada.

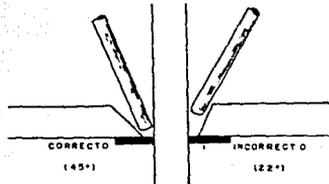
La accesibilidad puede ser incrementada mediante un bisel máximo y una separación mínima en la raíz. La medida de un bisel puede estar dispuesta en la conservación conveniente del ángulo del electrodo y las partes confinadas. Para la junta ilustrada, el bisel mínimo recomendado es de 45 grados.

Las preparaciones en U y J son excelentes en los trabajos, pero económicamente estas pueden ofrecer poco, la causa es la preparación que se requiere como la de un maquinado y la de un corte con un soplete. También una ranura en U y en J requiere de una cara en la raíz así como de la remoción en esta.

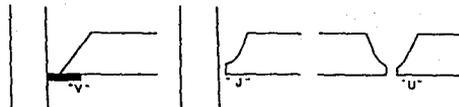
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



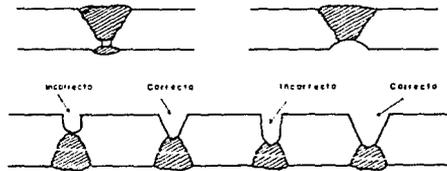
BISELES RECOMENDADOS



ANGULO PARA BUENA ACCESIBILIDAD



TIPOS DE RANURA



ABERTURA PARA REMOCION

En consecuencia para obtener una fusión completa cuando se suelda una placa, un respaldo de lámina es requerido, virtualmente en todas las juntas excepto en las juntas de bisel con cantos vivos.

Estos pueden ser hechos por cualquier manera conveniente, esmerilado, cincelado o biselado. El último generalmente es el método más económico además de dejar un contorno ideal para las subsecuentes gotas de soldadura.

Sin la remoción en la raíz la penetración puede ser incompleta. Un cincelado debe ser lo bastante profundo para exponer un metal de aporte firme y que el contorno permita la accesibilidad completa del electrodo.

## 4 .- TECNICAS DE SOLDADURA

### TECNICAS DE SOLDADURA

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

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

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

La falta de fusión se define como la falla del metal base y del metal de aporte para fundirse en algún punto de la junta (que no sea la raíz).

Este defecto no es común en las soldaduras de arco, a menos de que las piezas que se suelden estén recubiertas con materiales extraños que eviten la fusión en ese punto. Si las superficies están adecuadamente limpias y se selecciona correctamente el tamaño del electrodo, la velocidad y la corriente, se asegurará una fusión completa .

La penetración incompleta se define como la falla del metal base y del metal de aportación para fundirse en la raíz. Este defecto puede deberse a un mal diseño de la preparación, como una dimensión excesiva de la cara de la raíz, una abertura insuficiente en la raíz o un ángulo insuficiente de la preparación, o puede deberse a una técnica inapropiada, como el uso de un electrodo de diámetro excesivamente grande, velocidad excesiva, o corriente insuficiente.

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

Las inclusiones de escoria se definen como los óxidos metálicos y otros componentes sólidos encontrados en ocasiones como inclusiones alargadas o globulares. Estos óxidos son el resultado de reacciones químicas entre el metal, el aire y el recubrimiento del electrodo durante el depósito y solidificación del metal de aporte. Puede evitarse en gran parte su formación mediante la selección de la composición química del electrodo y su recubrimiento, de modo que no reaccionen con los elementos contenidos en el metal base. Como la escoria tiene una densidad menor que el metal fundido, usualmente tiende a subir a la superficie y por lo tanto rara vez presenta dificultades en soldaduras horizontales.

Un enfriamiento rápido y un ángulo insuficiente de la preparación puede evitar que la escoria suba a la superficie; las inclusiones de escoria representan un problema particular en las soldaduras verticales y sobre cabeza.

La porosidad se define como la presencia de vacíos globulares o bolsas de gas en el metal de soldadura. El gas puede quedar atrapado en el metal de soldadura como resultado de una solubilidad reducida al enfriarse la soldadura, o por la formación de gases debido a las reacciones químicas. La porosidad se debe frecuentemente al uso de corrientes y longitudes de arco excesivas.

#### CONTROL DE CALIDAD

Usualmente se obtienen soldaduras satisfactorias en una estructura cuando se utiliza un procedimiento adecuado y cuando las soldaduras son realizadas por operarios competentes; la Sociedad Americana de Soldaduras (AWS) ha desarrollado Procedimientos Estándar de Calificación, consistentes en dos partes: calificación de los procedimientos y calificación del operario. La calificación de los procedimientos trata de las propiedades del metal base y de aporte, del tipo y tamaño de los electrodos, del tipo de preparación y de la posición de soldar, de la corriente y voltaje a usar y de los usos posibles del precalentamiento o del tratamiento térmico de las partes después de soldar. La calificación del operario requiere que el soldador realice ciertos especímenes de prueba, los cuales deberán tener una resistencia y ductilidad especificadas.

Las soldaduras de prueba deben simular el tipo y las condiciones de soldadura en campo, se hacen diferentes calificaciones para los distintos tipos de soldadura; numerosas comparaciones son hechas entre los resultados obtenidos con especímenes de prueba y especímenes reales de campo, esto indicará que los operarios que hacen buenos especímenes de prueba también hacen buenas soldaduras en campo.

Sin embargo, no es suficiente confiar solamente en las pruebas de calificación, sino que debe mantenerse una inspección adecuada de todas las soldaduras en la estructura para asegurarse de que sean satisfactorias. Existen varios métodos disponibles para la inspección de soldaduras, como son el visual, de partículas magnéticas, de líquidos penetrantes, ultrasonidos y radiográficos. Todos estos métodos requieren que la supervisión sea efectuada por personal competente que pueda interpretar los resultados.

#### INSPECCION Y ENSAYO DE SOLDADURAS

La mayor parte de las soldaduras deben de ajustarse a ciertas especificaciones. Durante la realización del trabajo y al terminar el mismo, se requiere a menudo la inspección de las soldaduras. Los inspectores empleados por el cliente pueden visitar el taller para examinar el trabajo, o pueden ser miembros de la propia compañía. El inspector tiene que tomar continuamente decisiones sobre la calidad del trabajo y, a menos que sus juicios merezcan la confianza del contratista de la soldadura, sus opiniones se prestan a ser discutidas frecuentemente.

El inspector tiene, por lo tanto, que estar familiarizado con las técnicas de fabricación y montaje empleadas en la soldadura. En particular, el inspector debe conocer las normas según las cuales se efectúan las operaciones de soldadura. El conocimiento de las normas también es necesario para el personal del taller, especialmente si este debe defenderse de las decisiones de un inspector hostil. Si el trabajo se refiere a una caldera, ésta debe cumplir los requisitos de las Normas de calderas y recipientes a presión.

Si se trata de la estructura de acero de un edificio, la construcción será regida por las normas locales de estructuras.

El trabajo diario del inspector comprende entre otros los siguientes tipos de inspección:

- 1.- Recepción de materiales.
- 2.- Comprobar si las medidas son correctas.
- 3.- Conformidad de la soldadura con los procedimientos establecidos para su sujeción.
- 4.- Presentación aceptable de todos los elementos.
- 5.- Comprobar si son correctos el tamaño y el contorno de las soldaduras de filete y el refuerzo de las soldaduras a tope.
- 6.- Retirada de la escoria a cada pasada.
- 7.- Calificación de los operarios soldadores.
- 8.- Conformidad de los electrodos con las especificaciones señaladas.
- 9.- Comprobar si es correcto el orden de las operaciones de soldadura.
- 10.- Comprobar si es adecuado el equipo utilizado.
- 11.- Comprobar si es adecuado el orden de los trabajos.
- 12.- Comprobar si es adecuado el ritmo de trabajo.

- 13.- Comprobar si hay grietas, solapes, mordeduras, depresiones sin llenar en las soldaduras efectuadas.

La figura muestra de una manera esquemática los perfiles de cordones de soldadura que un inspector daría por válidos y otros calificados como inaceptables.

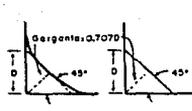
Además de cualquier inspección en el taller y en campo, las normas pueden exigir que se realicen ciertas pruebas con el metal base, los electrodos o el metal depositado. Tales pruebas se dividen en dos pruebas generales:

- 1.- Pruebas destructivas.

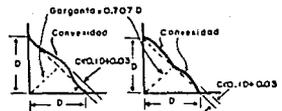
- 2.- Pruebas no destructivas.

Una prueba no destructiva es cualquier prueba que no daña el material ni altera su utilidad. Las pruebas no destructivas reconocidas aplicadas en la inspección de uniones soldadas y que son reconocidas son las siguientes:

- 1.- Radiografía, un tipo especial de fotografía utilizando rayos X o rayos gamma.
- 2.- Pruebas con ultrasonidos, que revelan defectos por medio de ecos acústicos.
- 3.- Pruebas magnéticas, las cuales revelan los efectos por medio de campos magnéticos establecidos en la proximidad del defecto
- 4.- Pruebas con líquidos penetrantes, las cuales revelan los defectos por medio de líquidos colorantes.



Perfiles Deseables



Perfiles Aceptables



Garganta Insuficiente



Convexidad Excesiva



Concavidad Excesiva

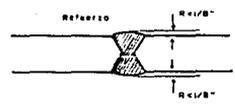


Soldadura



Pierna Insuficiente

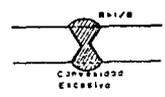
Perfiles defectuosos



Perfil aceptable



Garganta Insuficiente



Convexidad Excesiva



Concavidad Excesiva



Metal de aporte derramado

Perfiles defectuosos

## REFERENCIA DE LOS METODOS PARA PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS EN SOLDADURAS

METODO DE INSPECCION	EQUIPO REQUERIDO	DETECCIONES PERMITIDAS	VENTAJAS	LIMITACIONES	OBSERVACIONES
VISUAL	Lupa Calibrador de soldadura. Ejecucion Normas de calidad de masa de obra.	Crisitas y defectos superficiales, porosidad, zona de crateres, inclusiones de escoria. Alabeo, falta de soldadura, exceso de soldadura rebordos mal formados, desalineamiento, juntas impropias.	Bajo costo. Puede hacerse mientras se hace el trabajo, permitiendo la correccion de posibles fallas. Con experiencia pueden indicarse procedimientos incorrectos.	Aplicable solo defectos superficiales. No se obtienen registros permanentes.	Es siempre el primer método de inspeccion, no importando que otros sean requeridos. Solo, es un tipo de inspeccion productivo. Se necesita solo la atencion de todos los que contribuyen de cualquier manera en la fabricacion de la soldadura.
RADIOGRAFICO	Unidades de rayos X o gama, hechas especialmente para inspeccion de soldaduras, forja y fundiciones. Equipo para el proceso de la película de prueba. Equipo de visualizacion radioscopico.	Crisitas y defectos interiores macroscopicos, porosidad, huecos por soldaduras, inclusiones no metálicas, penetración incompleta en la raíz, socavaciones, penetraciones excesivas (goleros) y quemaduras através de la soldadura.	Cuando las indicaciones son registradas en una película, representa tener un archivo permanente. Cuando se observa en una pantalla radioscopica, representa menor costo que el método de inspeccion interno.	Requiere habilidad en la eleccion de angulos de exposicion, funcionamiento de equipo y de interpretacion de resultados. Requiere de precauciones de seguridad. Generalmente no es conveniente para inspeccion de soldaduras de filete.	La inspeccion con rayos X es requerida por muchos códigos y especificaciones. Util en la calificacion de soldadores y procesos de soldadura.

## REFERENCIA DE LOS METODOS PARA PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS EN SOLDADURAS

METODO DE INSPECCION	EQUIPO REQUERIDO	DETECCIONES PERMITIDAS	VENTAJAS	LIMITACIONES	OBSERVACIONES
<b>PARTICULAS MAGNETICAS</b>	Equipo comercial especial. Polvos magneticos secos o humedos, pueden ser fluorescentes para examinarlos bajo las ultravioleta.	Excelente para detectar discontinuidades superficiales, especialmente grietas superficiales.	Tan simple como el uso de inspeccion radiografica. Permite controlar la sensibilidad. Relativamente es un metodo de bajo costo.	Aplicable solo para materiales ferromagneticos. Requiere habilidad en la interpretacion de indicaciones y reconocimiento de modelos inaplicables. Dificil para usarlo en superficies rugosas.	Para defectos alargados y paralelos al campo magnetico no podria representar el modelo por esta razon el campo debe aplicarse en dos direcciones en un angulo recto aproximadamente c/u.
<b>LIQUIDOS PENETRANTES</b>	Equipo comercial con tinturas fluorescentes o penetrantes y revelador. Equipo y material de aplicaciones para el revelado. Una lampara de las ultravioleta si el metodo usado es fluorescente.	Grietas superficiales que no son facilmente visibles para la vista. Excelente para la localizacion de lagos en piezas soldadas.	Aplicable para materiales magneticos y no magneticos. De facil uso. Bajo costo.	Solamente defectos superficiales son detectables. No puede ser usado eficazmente en montajes calientes.	En recipientes de paredes delgadas, usualmente localizados por pruebas estaticas de alite. Condiciones superficiales inaplicables. (Luz de escoria) puede dar indicaciones engañosas.
<b>ULTRASONIDO</b>	Equipo comercial especial por vibracion de ecos o del tipo de transmision. Normas de referencia patrones para interpretacion de radio frecuencia o normas de video.	Defectos superficiales e incluso internos. Tambien los que pueden ser detectados por otros metodos. Especialmente para la deteccion interna de defectos con aspecto de lamina.	Muy sensible. Permite la exploracion de juntas inaccesibles por la radiografia.	Requiere un alto grado de habilidad en la interpretacion de patrones de vibracion por ecos. El registro permanente no es tan facil para obtenerlo.	El equipo de vibraciones por ecos es altamente desarrollado para el proposito de inspeccion de soldaduras. El equipo de transmision tipo simplifica los patrones de interpretacion en donde este se aplica.

Además de éstas, existen otras técnicas no destructivas aplicables principalmente a la soldadura de trabajos en serie tal como la fabricación de tubos y conductos. La inspección visual también es un ensayo no destructivo. El examen visual puede ser un excelente método de inspección que no debe ser despreciado por las técnicas más sofisticadas.

Las pruebas destructivas se efectúan raramente sobre un conjunto soldado completo, excepto cuando toda la estructura es considerada una muestra. Las pruebas destructivas tienen, por lo tanto, que realizarse con muestras que se suponen representativas de los materiales o uniones soldadas, las cuales se valoran según los resultados de las pruebas que se realicen.

Un contrato para la construcción o reparación de cualquier artículo o equipo requiere usualmente la exposición y explicación de muchos detalles específicos. Por ello, la exposición detallada del trabajo que debe realizarse se hace en dos juegos de documentos del contrato :

- 1.- Planos o dibujos.
- 2.- Especificaciones escritas.

En líneas generales, los planos explican lo que debe hacerse mientras que las especificaciones explican los detalles de cómo debe realizarse el trabajo.

De esta manera, si el trabajo que tiene que ejecutarse es una soldadura, los planos mostrarán varias vistas completas y detalladas del trabajo requerido, dando dimensiones exactas. Las especificaciones recogen los detalles descriptivos que no pueden comunicarse por medio de dibujos.

Las especificaciones se escriben en un estilo algo legalista, lo que en parte se explica por el hecho de que obligan legalmente a ambas partes contratantes. Además, el texto de las especificaciones tiene que estar cuidadosamente compuesto de modo que ninguna parte tenga duda alguna sobre el significado de las mismas y de esta forma no se pueda dar pie a futuras disputas respecto a su interpretación.

Una especificación escrita en un lenguaje confuso, como la que sigue, es poco menos que inútil "Todas las soldaduras tendrán suficiente resistencia, buen aspecto y un refuerzo no excesivo". Tal especificación no aclara nada en absoluto, y ningún inspector podría interpretarla. ¿Cuál es la resistencia suficiente?, ¿Cuándo es excesivo el refuerzo?. Nadie puede saberlo.

La redacción de juegos completos de especificaciones para controlar la calidad del trabajo de soldadura, es un trabajo pesado, minucioso, caro y que requiere tiempo para ejecutarlo. Para reducir la cantidad de textos de especificaciones y lograr una uniformidad de las normas utilizadas en el país, es habitual, cuando resulta posible, utilizar códigos de normas. Un gran número de estos códigos son aplicables a productos soldados.

La realización de soldaduras incorrectas en estructuras, tales como navíos, edificios, puentes y recipientes a presión, puede constituir un serio peligro contra la vida y las propiedades.

Por ello, los organismos oficiales exigen una homologación de los talleres y de los operadores antes de permitirles participar en la construcción de objetos soldados. La práctica de la homologación, sin embargo, varía de un lugar a otro y de una industria a otra.

La Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM), la Sociedad Americana para Soldaduras (AWS) y otros organismos, establecen normas para la homologación de los obreros soldadores. Como la ASTM exige tres pruebas para determinar la destreza del operador.

- 1.- Ensayos de resistencia a la tensión de la soldadura.
- 2.- Ensayos de flexión con guía para determinar la ductilidad de la soldadura.
- 3.- Ensayo sobre probetas soldadas de filete para probar que no existen grietas ni fusión incompleta y que el contorno de la soldadura es satisfactorio.

Las normas de estas asociaciones son muy parecidas, tal es el caso de la homologación para una junta a tope se exige:

- 1.- Una prueba de doblado con la raíz de la soldadura en la cara exterior, así la raíz trabaja a tensión.
- 2.- Una prueba de doblado con la raíz de la soldadura en la cara interior, así la raíz trabaja a compresión.
- 3.- Un ensayo de flexión lateral.
- 4.- Exámenes con rayos X, sustituyendo a las pruebas anteriores.

La homologación de una soldadura de filete exige un examen de calidad. Dependiendo de estas pruebas y de la calificación que se le asigne a cada uno de los operadores pueden clasificarse como:

Clase O, capaces de soldar en todas posiciones.

Clase V, capaces de soldar en posiciones planas, horizontales y verticales.

Clase F, capaces de soldar a tope y de filete en posición plana y horizontal.

**Prueba de flexión para la determinación  
de la ductilidad de una soldadura.**

La muestra soldada a ensayar deberá ser de un ancho de 3.81 cm. (1 1/2") y debe quitarse cualquier refuerzo de la soldadura. La muestra se coloca horizontalmente a través de los soportes de la matriz hembra con la soldadura en la mitad del intervalo vacío.

La matriz macho es obligada a descender sobre la probeta soldada hasta que la muestra se dobla en U, hasta el punto de que un alambre de 7.97 mm. (1/32") no pueda ser insertado entre la probeta y cualquier punto de la curvatura de la matriz macho del mecanismo.

Entonces se examina la superficie de la probeta. Cualquier probeta que después del ensayo presente grietas o fracturas que sobrepasen de 3.15 mm. (1/8") de longitud se considera que no han resistido el ensayo. Las fracturas o grietas de los extremos de la probeta no se tienen en cuenta. La figura muestra como se realiza esta prueba.

En un ensayo de flexión guiada superior, la soldadura se coloca en el lado convexo de la zona doblada. En un ensayo de flexión guiada inferior, la soldadura queda en la zona cóncava de la probeta. En un ensayo de flexión guiada lateral, los mayores defectos aparecen en la parte convexa.

**Ensayos destructivos para soldaduras a tope**

Una gran variedad de ensayos destructivos útiles e interesantes pueden aplicarse a las soldaduras a tope. Uno de estos ensayos pueden ser los de dureza los que se llevan a cabo efectuando una gran cantidad de punciones regularmente alineadas a lo largo de segmentos paralelos entre sí y transversales al cordón de soldadura.

Estos segmentos son de longitud tal, que las primeras mediciones de dureza se efectúan sobre el metal base, después sobre la zona térmicamente afectada situada al otro lado del cordón y, finalmente las últimas punciones se efectúan sobre el metal base situado también al otro lado del cordón.

Con ensayos de este tipo, se consigue mucha información acerca de la zona afectada térmicamente .

Todos los ensayos mencionados anteriormente requieren de un equipo adecuado para su realización, pero la calidad de las soldaduras a tope puede también ser determinada por métodos relativamente sencillos. La mayor parte de estos ensayos simples son ensayos de rotura. Un método sencillo se puede realizar tomando una probeta de la soldadura a tope y se fija en una prensa, de manera que este en línea la soldadura justo por encima del borde de la prensa, a esta probeta se le somete a una flexión por la línea de la soldadura por acción de una tensión o de un impacto. Una soldadura bien hecha resistirá un doblado considerable antes de agrietarse o fracturarse.

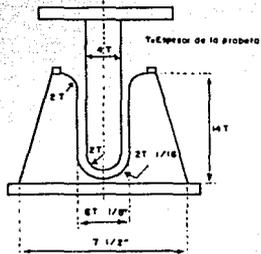
Con espesores considerables y con la mayor parte de los electrodos "E60-00", la placa aguantará normalmente doblados de 180 grados sin fracturarse. Una variante de este ensayo es el ensayo de flexión con probeta entallada, en el cuál se efectúa una entalladura en ambos extremos de la unión soldada con una sierra para metales.

Después de la fractura, la soldadura se examina para conocer su falta de uniformidad, ductibilidad, penetración incompleta, mordedura, inclusión de escorias u otros defectos. Otro ensayo de rotura aplicado a las soldaduras de tope consiste en doblar la línea de la soldadura alrededor de una matriz de un diámetro dado y examinar la posible presencia de grietas en el lado convexo de la soldadura.

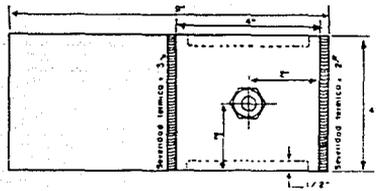
### Ensayos destructivos para soldaduras de filete

Quizá el ensayo más común para las soldaduras de filete sea el ensayo de rotura. Un extremo de la probeta soldada de filete se introduce en una prensa sujetadora. El otro extremo se sujeta en las mordazas de una llave inglesa que se emplea para romper la soldadura. La dirección de plegado es tal que la raíz de la soldadura queda sometida a tensión y la cara externa a compresión. Después de que la soldadura se rompe o queda plana se examina la superficie de la fractura para ver si se ajusta a las normas siguientes :

- 1.- La soldadura debe presentar penetración en las dos placas.
- 2.- No deben existir señales de grietas, fusión incompleta de la raíz o bolsas de gas.
- 3.- Los extremos de la soldadura de filete deben ser de igual longitud con una variación menor de 1.6 mm.
- 4.- No deben de existir mordeduras.
- 5.- La concavidad o la convexidad de la soldadura no debe de exceder de 1.6 mm.



Matriz macho y hembra usados en ensayos de flexión guiada



Probeta para ensayo de severidad térmica controlada

### **Ensayo de severidad térmica controlada (CTS)**

Este es un ensayo de sensibilidad a la rotura del metal base de la soldadura y por ello solo se aplica únicamente a los aceros con tendencia a la rotura, tales como los aceros de baja aleación.

La descripción del ensayo CTS se indica en la figura anterior. Cada probeta contiene dos soldaduras de filete, en realidad solapadas. Las placas se sujetan primero a un mecanizado y después se atornillan juntas.

Entonces se efectúan las dos soldaduras de anclaje. Estas se utilizan para mantener las dos chapas juntas con la máxima rigidez para que la soldaduras siguientes no sean capaces de producir y relajar tensiones.

El ensayo CTS se utiliza para determinar las temperaturas de precalentamiento o poscalentamiento al soldar. El examen de las soldaduras de ensayo se verifica simplemente mediante un corte en las mismas.

### **Métodos de soldeo**

Un método de soldeo consiste en una norma escrita estableciendo cómo debe efectuarse la soldadura.

Los métodos son frecuentemente indicados por los códigos y normas o por los ingenieros consultores, o pueden ser escritos simplemente por alguna persona del taller con el fin de controlar u obtener siempre soldaduras de buena calidad.

En general, la capacidad de establecer y seguir un método de soldado depende de la competencia del taller y de los supervisores. Un taller que no pueda escribir un método, no puede encomendársele una soldadura difícil. Un ejemplo sencillo de un método de soldadura podía ser el siguiente:

- 1.- Proceso. La soldadura se efectuará por el proceso \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (arco, gas inerte, etc.), utilizando soldaduras a tope.
- 2.- Metal base. El metal base se ajustará a las especificaciones de (número de la norma ASTM, etc). El metal base no excederá de \_\_\_\_\_ de espesor.
- 3.- Metal de aporte. El metal de aportación se ajustará a las normas (Norma AWS, número de varilla, etc.). El tamaño del electrodo no excederá de \_\_\_\_\_ mm. de diámetro.
- 4.- Posición. Todas las soldaduras se efectuarán en posición plana, horizontal, vertical, etc.
- 5.- Pre calentamiento. (Especificar las necesidades de pre calentamiento y el método a utilizar).
- 6.- Preparación de los bordes. Los bordes de las superficies que han de unirse deberán prepararse por corte, rectificado, o corte por soplete.  
  
La separación entre las placas no excederá de la mitad del espesor de las placas por soldar. Las superficies a soldar se deberán limpiar de aceite, grasa y óxido.  
  
(La preparación de los bordes puede iniciarse por medio de planos adjuntos ).
- 7.- Características eléctricas. Indicar las características de las máquinas si fuere necesario.
- 8.- Limpieza de pasadas. Toda la escoria o fundente debe ser retirado antes de dar la pasada siguiente.

- 9.- Defectos. Cualquier grieta o burbuja que aparezca en la superficie debe ser destruida, rectificad o ranurado con soplete antes de depositar el cordón siguiente.
- 10.- Tratamiento térmico. (Eliminación de tensiones, etc. Si es necesario indicar las temperaturas).

### ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE

#### SOLDADURAS

#### *Ensayos no destructivos simples*

Los ensayos no destructivos se han hecho más numerosos después de la Segunda Guerra Mundial, llegando a constituir una técnica exigente y algunas veces difícil. El hecho de que en la actualidad los ensayos no destructivos sean utilizados ampliamente, no implica que estos ensayos no hayan constituido un método tan antiguo como la raza humana y que su uso haya estado siempre ampliamente generalizado en la humanidad.

El ama de casa que toca una fruta en el estante del supermercado, el empleado del ferrocarril que golpea las ruedas de los vagones con un mazo para escuchar el sonido característico de la rueda en buen estado, el mecánico que prueba una muela abrasiva golpeándola con el mango del martillo, el doctor que examina los reflejos de su paciente (las inspecciones medicas tienen que ser necesariamente no destructivas) y el comprador de automóvil que busca abolladuras del vehículo para averiguar si ha tenido algún accidente, todas estas personas están realizando inspecciones típicas no destructivas.

Muchos de estos ensayos sencillos no destructivos son visuales. Los equipos visuales no requieren normalmente equipo complejo y no exigen más que una vista aguda, una mente despierta y experimentada.

No obstante, el ojo humano está restringido a ser utilizado en una banda de radiación electromagnética muy estrecha, por lo que otros instrumentos no destructivos tienen que utilizarse para extender la capacidad del ojo, particularmente en los casos de inspección de materiales opacos a la luz visible.

Además de ingenios tan elementales como los de iluminación, se utilizan también una gran variedad de instrumentos ópticos:

- 1.- Microscopios para mejorar el poder de resolución del ojo humano.
- 2.- Animascopios que son dispositivos especiales de pequeño diámetro a fin de ser introducidos en largos tubos estrechos para inspeccionar sus superficies internas.
- 3.- Televisión en circuito cerrado para inspección de zonas peligrosas.
- 4.- Cámaras para conseguir un registro permanente de las inspecciones visuales.

Finalmente pueden emplearse células fotoeléctricas y otros dispositivos fotosensitivos, como sustitutos del ojo humano, en operaciones tales como la apertura automática de puertas y el corte automático por llama apartir de un croquis.

### DEFECTOS EN SOLDADURA

El fin de los ensayos no destructivos es ante todo una búsqueda de defectos. Como los materiales contienen muchos tipos de defectos, una parte importante de la interpretación de los resultados de los ensayos reside en la identificación de aquellos. Los defectos pueden ser de tres clases.

- 1.- Defectos del material, que se originan en la materia prima durante su tratamiento inicial. Un ejemplo de un defecto de este tipo sería una inclusión de silicio o alúmina en una plancha de acero debida a una desoxidación del acero con silicio o aluminio.
- 2.- Defectos de fabricación, los cuales resultan de la fabricación de las piezas. Un ejemplo corriente lo constituyen las inclusiones de escoria o las mordeduras presentes en la soldadura.
- 3.- Defectos de servicio. Resultan del uso del material. Los defectos de servicio incluyen las roturas por fatiga, agujeros debidos a la corrosión, etc.

Los siguientes datos sirven para definir algunos de los defectos encontrados en las operaciones de soldadura.

### DEFECTOS DEL MATERIAL

- a) **Tamaño de grano grueso o crecimiento del grano.** El crecimiento del grano se considera un defecto característico de los aceros inoxidables ferríticos, es decir, un defecto del tratamiento. El tamaño del grano grueso puede ser también un defecto de la materia prima.

Los metales de grano fino tienen mejor tenacidad y resistencia al impacto y son algo más fuertes que los metales similares de grano más grueso. La determinación de tamaños de grano relativos puede efectuarse por métodos no destructivos basados en corrientes de Foucault.

- b) **Segregación.** La segregación significa que algunas regiones del material están enriquecidas con algún elemento de la aleación, mientras que otras regiones están empobrecidas.
- c) **Sopladuras.** Las sopladuras existen en piezas fundidas. Son cavidades debidas a gas atrapado durante la solidificación del metal que puede ocurrir durante su enfriamiento. Pueden ser detectadas por radiografía. Otro tipo de porosidad encontrada en los metales enfriados lo constituyen las picaduras, que consiste en sopladuras muy pequeñas ampliamente distribuidas.
- d) **Los rechupes en metales forjados son raros.** Se encuentran con frecuencia transformados en una grieta a lo largo de una barra o placa. Cuando el acero o cualquier otro metal se enfría en la lingotera, el metal en contacto con las paredes de ésta se enfría primero. El enfriamiento del acero produce una contracción lineal del 2 % aproximadamente. Esta contracción tiene que ocurrir en la última porción del metal que se solidifica, la cual está en el centro del lingote y resulta, por lo tanto, una depresión debido a la contracción en la zona central de la parte superior del lingote. Si éste es laminado en forma de barra, resulta una grieta larga y fina debida al rechupe original.

- e) **Inclusiones.** La palabra inclusión aplicada a los metales significa la presencia de impurezas, sustancias extrañas o materiales no metálicos tales como los materiales cerámicos. Una inclusión debida a no ser parte integrante del metal, produce el mismo efecto que una grieta. Las grietas durante el temple pueden comenzar a partir de inclusiones existentes en el acero que es sometido al tratamiento térmico.

#### DEFECTOS DE FABRICACION

- a) **Falta de penetración.** Esto puede ser observado en radiografías como una línea recta que indica los bordes de las placas unidas. Una grieta no se manifiesta como una línea recta y no puede ser confundida con la falta de penetración. Puede también definirse como el llenado incompleto de la raíz con el metal de aporte. La falta de penetración puede presentarse en la raíz en donde cualquier defecto de este tipo no debe de exceder de una tolerancia del 8 %. Puede ser también por deslizamiento, presentandose en las superficies que estan desalineadas, esto no es de importancia siempre y cuando la raíz de las juntas de unión esten completamente ligadas por el metal de soldadura.
- b) **Grietas.** Son producto de la contracción del metal de aporte durante la solidificación, y no sera aceptada ninguna soldadura con grietas, sin importar su tamaño o localización.
- c) **Mordeduras.** Pueden ser descubiertas con un examen visual.
- d) **Grietas de cráter.** Puede compararse como una grieta superficial en un cráter de la soldadura.
- e) **Grietas debidas a tratamiento térmico.**

- f) **Porosidad.** Son huecos de gas contenidos en el metal de aporte. Se producen cuando el gas se introduce en el metal de aporte cuando está en proceso de solidificación.
- g) **Inclusiones de escoria.** Son sólidos no metálicos atrapados en el metal de aporte o entre éste y el metal base.
- h) **Arco incorrecto.** Se descubre por inspección visual.
- i) **Distorsión.**
- j) **Esfuerzos residuales o internos.** Se producen en el transcurso de la fabricación como resultado del trabajo en frío o de un rápido enfriamiento. Tales esfuerzos siempre acompañan a las operaciones de fusión que ocurren en la soldadura, pero pueden ser evitados mediante tratamientos térmicos apropiados para rebajar las tensiones térmicas. Los métodos no destructivos para poner de manifiesto las tensiones térmicas residuales son de posible utilización, aunque no son aplicados a la industria como métodos de inspección de rutina o normales.

#### DEFECTOS DE SERVICIO

- a) **Fatiga.** Consiste en la rotura o el fallo de los metales bajo aplicaciones repetidas de esfuerzos. Entre los factores que contribuyen a la rotura por fatiga se encuentran las inclusiones y las concentraciones de esfuerzos debidas a cambios de sección, perforaciones, soldaduras de filete y mordeduras.
- b) **Corrosión.** El adelgazamiento y pérdida de metal por efecto de la corrosión puede examinarse periódicamente por ultrasonidos.

### INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES

Este método puede ser utilizado para detectar las cavidades, grietas o agujeros que se extienden en la superficie de trabajo y también puede ser utilizado para detectar fugas en tanques.

Los líquidos penetrantes revelan las cavidades que no son detectadas en una inspección visual y especialmente útiles para detectar grietas en soldaduras, picaduras y grietas debidas por la fatiga.

La mayor parte de los líquidos penetrantes son productos patentados. Sin embargo, pueden emplearse fórmulas caseras para obtener penetrantes capaces de realizar la tarea señalada, aunque tales mezclas no son tan sensibles como las marcas comerciales.

Un simple ensayo de penetración se puede realizar utilizando keroseno y talco. La superficie que va a ensayarse se limpia primero con cualquier compuesto apropiado y se seca; después se aplica una capa delgada de keroseno u otro fluido penetrante.

Se deja un corto tiempo para que el keroseno penetre en cualquier defecto por acción capilar. El penetrante se quita de la superficie con un paño, dejando solo el penetrante contenido en las grietas.

Una capa delgada de talco se espolvorea después sobre la zona. Al cabo de poco tiempo el líquido penetrante comenzará a penetrar en el polvo blanco desde las grietas debido a la acción capilar.

En la zona de las grietas, el polvo se volverá algo amarillento a causa de la absorción del penetrante, poniendo de esta manera de manifiesto la grieta. Este efecto de coloramiento no persistirá más que un corto tiempo si se ha utilizado keroseno, ya que este material se evaporará rápidamente. La sensibilidad del ensayo resultará mejorada si se calienta el metal para reducir la viscosidad del penetrante.

Para mejorar el contraste del color puede añadirse una gota de tinte al líquido penetrante. Todos los líquidos penetrantes contienen tinturas rojas.

Los penetrantes de uso general tienen usualmente un punto de inflamación de 93 grados centígrados; no obstante, estos materiales tienen que ser almacenados y utilizados con el cuidado conveniente.

Como los vapores de los líquidos penetrantes pueden tener alguna toxicidad, y si estos materiales son utilizados en gran cantidad, tiene que emplearse la ventilación necesaria.

La mayor parte de los usuarios de tintes penetrantes prefieren su utilización en forma de aerosoles contenidos en recipientes presurizados con freón-12.

La aplicación de tintes penetrantes exige el siguiente orden de operaciones a efectuar cuando se utilizan aerosoles.

- 1.- **Limpiar la superficie.** La superficie puede absorber el penetrante y de esta forma enmascarar cualquier defecto; por otra parte, la grasa y los aceites impiden que el penetrante entre en los huecos. La limpieza preliminar por ultrasonido es muy útil si se dispone del equipo necesario. El limpiador es pulverizado sobre la superficie, dejándole actuar algún tiempo para disolver cualquier película, y entonces se enjuaga con un paño limpio. Después de su limpieza se deja secar la superficie durante un breve intervalo de tiempo. El cepillado de una superficie no es un buen método de limpieza adecuado, ya que este proceso tiende a cerrar los pequeños poros.

2.- **Aplicar el penetrante.** El penetrante es aplicado por pulverización. Si la superficie no resulta humedecida, la limpieza tiene que ser repetida. El penetrante entra en los poros por fuerzas de capilaridad.

El calentamiento suave de la superficie ayuda a esta penetración, pero no se recomienda el calentamiento del penetrante, ya que algunos penetrantes tienen puntos de inflamación bajos. Al penetrante se le deja sobre la superficie un corto tiempo para asegurar su penetración. Para mayor seguridad, el penetrante es aplicado varias veces más. Posteriormente el penetrante es recogido o lavado de la superficie de acuerdo con las instrucciones dadas por su fabricante, dejando sólo el penetrante de los poros.

Los tiempos de penetración típicos son de 2 a 5 min, aunque tiempos más largos pueden hacerse necesarios a temperaturas bajas. Es necesaria la completa eliminación del penetrante de la superficie para evitar falsas indicaciones.

3.- **Aplicación del revelador.** Finalmente, una capa delgada de revelador es pulverizada sobre la superficie. Esta capa tiene que ser uniforme y sin apelmazamientos o escurrimientos que enmascaren indicaciones de poros. El revelador, el cual es de color blanco, actúa de papel secante sobre el penetrante que ha quedado en los poros, extrayéndolo por las fuerzas capilares, por lo que aparecen manchas rojizas en el área del defecto. El calentamiento de la zona ayuda a la extracción del penetrante por el revelador.

### PENETRANTES FLUORESCENTES

Los líquidos fluorescentes se emplean generalmente para los mismos fines que los tintes penetrantes. Un tinte fluorescente puede utilizarse en lugar de un tinte rojo.

El método de aplicación de penetrantes fluorescentes es casi el mismo que el correspondiente a los tintes penetrantes. El agente limpiador se aplica primeramente como ha sido ya indicado, después se aplica el penetrante y finalmente el revelador. La detección de huecos se efectúa iluminando la superficie con una lámpara especial de mercurio productora de luz ultravioleta (luz negra), con un intervalo de longitudes de onda entre los 3,400 y 3,800 Amstrongs. Esta iluminación de corta longitud de onda produce fluorescencia del penetrante, usualmente amarillo-verdosa. El efecto se aprecia mejor en un área oscura, aunque la fluorescencia es visible a la luz del día.

### INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS

El método de inspección de partículas magnéticas se limita a materiales ferromagnéticos, lo cual significa que está dedicado principalmente a los aceros y sus fundiciones. La operación básica consiste principalmente en una magnetización de la pieza de trabajo con un poderoso campo magnético de más de 100 amperios.

Entonces la superficie se cubre con una capa delgada de polvo magnético, óxido negro (magnetita) u óxido rojo (hematita) o una sustancia fluorescente. El polvo puede ser aplicado en seco o en forma de una suspensión en un líquido de baja viscosidad.

Si hay una pequeña grieta, el poderoso campo magnético de la pieza de trabajo establece un polo norte magnético en un lado de la grieta y un polo sur en el otro extremo. El polvo magnético es atraído por estos polos, marcando así la grieta.

El polvo magnético puede ser soplado de la superficie a una área donde no haya grietas, pero permanecerá unido a la superficie en la grieta. Para obtener un registro permanente, se coloca un trozo de cinta aislante sobre el polvo y de esta manera éste quede adherido.

La superficie tiene que estar limpia y bastante lisa, especialmente si se quieren detectar las grietas de la zona inmediatamente inferior a la misma, aunque el método no es adecuado si los defectos están a gran distancia de la superficie. Los defectos situados a una profundidad mayor de 12.5 mm. resultan apenas detectables. La pieza puede ser magnetizada en dos direcciones: en ángulo recto para asegurar que el campo magnético forme aproximadamente un ángulo recto con las fracturas.

El golpear suavemente la pieza puede ayudar a revelar la distribución de las partículas magnéticas. El poderoso campo magnético requerido es producido por un transformador de bajo voltaje capaz de soportar corrientes de 600 a 1000 amperes y aún superiores.

En ocasiones las indicaciones dadas por este método de inspección resultan falsas. Si hay variaciones en la permeabilidad magnética de la pieza de trabajo o diferencias en el contenido de carbono, se puede producir una indicación positiva con este método en el límite de estas variaciones. Un ensayo por partículas magnéticas deja magnetizada la pieza ensayada. En algunos casos no puede tolerarse semejante magnetismo residual.

Este método de ensayo puede ser utilizado para poner de manifiesto una gran variedad de defectos en las soldaduras, tales como la fusión incompleta, porosidad, inclusiones de escoria y otros. Probablemente la utilización más importante de este procedimiento reside en la comprobación de las soldaduras de filete.

#### ENSAYOS CON CORRIENTES DE FOUCAULT

Las corrientes de Foucault, lo mismo que los haces de electrones y los dispositivos ultrasónicos, pueden ser utilizados para soldar y para comprobar las soldaduras. El ensayo con corrientes de Foucault, sin embargo, está confinado a materiales tales como tubos y tuberías, aunque existen pequeñas unidades portátiles para otro propósitos distintos del ensayo de soldaduras. El método no es todavía un método normal de ensayo de soldaduras a pie de obra.

Además de ser empleados en la detección de defectos, estos aparatos se emplean para detectar variaciones en el tamaño del grano, en la dureza, en la ductibilidad, en el tratamiento térmico recibido, en la conductividad eléctrica, en la composición de aleaciones, en la excentricidad y en el espesor de las paredes de los tubos. Estos instrumentos miden también el espesor de pinturas, de anodizados, de esmaltes de porcelana y de cromados, con errores hasta de 0.000025 mm. En las líneas de producción, se pueden examinar tuberías a velocidades de 1000 m/min. Defectos tan sólo separados por 3 mm. pueden ser detectados a velocidades más lentas de 17 m/min. o menores.

## LOS ULTRASONIDOS

### **Consideraciones generales**

El examen de soldaduras presenta características muy especiales, ya que, debido a la geometría de la zona por ensayar, este adquiere algunas dificultades como son: los diferentes tipos de unión, técnicas de soldeo, calidad de los electrodos, son factores que pueden influir decisivamente en el ensayo, así como en la interpretación de los resultados.

Existen uniones de fácil examen y en las que podemos indicar con alguna certeza la mayor o menor homogeneidad de las zonas ensayadas, dictaminando la presencia o ausencia de defectos y en algunos casos pronosticar el tipo de defecto hallado.

Otras uniones, por lo contrario, presentan problemas que requieren, un detenido estudio de las condiciones de ensayo, método a seguir y una fiel interpretación de los oscilogramas del ultrasonido.

Las técnicas ultrasónicas en el examen de soldaduras son un medio para la detección de defectos internos y externos, así como la zona afectada por el aporte de calor. Estos defectos son más adecuados cuando las discontinuidades se presentan en una superficie plana y perpendicular a las ondas del ultrasonido.

Las ventajas y desventajas que presenta el método son las siguientes:

#### VENTAJAS

- a) Se pueden ensayar piezas con un espesor casi ilimitado. El campo de examen abarca una gama comprendida entre 1 a 10 mm. aproximadamente.

- b) El procedimiento de ensayo es muy sensible, por lo que también se pueden determinar defectos muy pequeños.
- c) La situación de los defectos puede determinarse con bastante exactitud.
- d) La orientación de los defectos no tiene gran influencia sobre la posibilidad de detectarlos.
- e) Los aparatos de ensayo son fácilmente transportables.
- f) Se puede obtener inmediatamente el resultado del ensayo.
- g) Los costos son relativamente bajos.

#### DESVENTAJAS

- a) El resultado del ensayo no puede ser respaldado por un documento gráfico.
- b) La determinación de la causa del defecto ofrece a veces cierta dificultad.
- c) Las exigencias que se piden en cuanto a experiencia, responsabilidad y eficacia de los encargados de realizar el ensayo, son relativamente elevadas.

Una de las desventajas de la inspección por ultrasonidos respecto a otras técnicas de ensayos no destructivos (NDT) es que requiere una gran destreza en sus técnicas y en la interpretación de los ecos que aparecen en la pantalla del oscilógrafo de rayos catódicos. En el examen por ultrasonidos de soldaduras, especialmente en las soldaduras de filete, resulta siempre posible recoger los ecos. Si estos son interpretados como defectos, todas las soldaduras tendrían que ser destruidas y rehechas, pero esto no es probable.

Si una soldadura a tope en doble vee tiene que ser soldada por ambos lados, es absurdo un ensayo por ultrasonido hasta que la unión se haya completado por los dos lados.

Si la soldadura se ha efectuado sólo por un lado y después se efectúa el examen por ultrasonido, las variaciones de la penetración, del acabado, etc., pueden ser interpretadas como grietas. Dado que la mayor parte de la interpretación y de las decisiones resultantes sobre la calidad de la soldadura dependen de la destreza y experiencia del operador, el mejor procedimiento consiste en efectuar un examen por ultrasonido y después radiografiar aquellas áreas en el que ensayo por ultrasonidos se haya determinado como dudosa.

Este sistema permite reducir la cantidad de radiografías que constituyen el más caro de los métodos de ensayo.

El instrumento básicamente consiste en un amplificador de alta fidelidad mejor que los construidos para los tocadiscos, ya que la exactitud de interpretación de las señales de la pantalla depende de la fidelidad, con lo que el instrumento reproduce los ecos que se reciben del transductor.

Los transductores utilizados en ensayos por ultrasonidos contienen cristales de un material capaz de producir la acción piezoeléctrica más intensa, tales como el cuarzo, titanato de bario, circonato de plomo, sulfato de litio y otros. El espesor del cristal se hace aproximadamente igual a la mitad de la longitud de onda de ultrasonido producido.

Además de detectar los defectos, los instrumentos por ultrasonido se utilizarán para investigar el progreso de la corrosión y de la abrasión, efectuando sucesivas lecturas del espesor. Los espesores más delgados que el de un calibre 12 (2.657 mm.) no pueden ser medidos.

En estos materiales delgados, el impulso del eco se vuelve tan rápido que se superpone al impulso de referencia, así que no puede ser diferenciado en la pantalla. Un ultrasonido recorre en el metal aproximadamente 6 mm. en 1 millonésima de segundo.

Los diversos métodos de ensayos por ultrasonido pueden ser resumidos como:

- 1.- *Haz recto.* Constituye el método más sencillo. El mismo cristal sirve como transmisor y receptor.
- 2.- *Transmisión completa.* Son utilizados dos transductores en las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo; el cristal receptor recoge la energía emitida por el cristal transmisor.
- 3.- *Haz de ángulo.* Normalmente utiliza una onda transversal. Con este método es posible buscar defectos alrededor de la periferia de una tubería a través de ecos repetidos producidos por las superficies interior y exterior.
- 4.- *Onda superficial.* Las ondas superficiales son proyectadas sobre la superficie de la pieza de trabajo a fin de detectar defectos superficiales o poco profundos, especialmente en materiales delgados.
- 5.- *Inmersión.* La pieza es sumergida en un baño de aceite o de agua. La onda acústica es proyectada a través del líquido de la pieza. Un eco fuerte se recibe siempre procedente de la superficie de la pieza.
- 6.- *Transductor de rueda.* Una rueda llena de líquido que contiene el transductor se hace rodar sobre la superficie de trabajo.
- 7.- *Resonancia.* En este método se utiliza un oscilador de frecuencia variable sintonizable. La frecuencia se ajusta a fin de que proporcione la respuesta máxima de la pieza examinada.

Con esta frecuencia, el material de la pieza situado entre la superficie y el hueco, vibra en resonancia con su frecuencia natural.

Debemos considerar una serie de defectos comunes en todo tipo de soldaduras, tales como fisuras, falta de penetración, inclusiones, etc., así como defectos particulares o que se presentan con más frecuencia en un tipo determinado o en cierta preparación de bordes.

#### RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

Es el método no destructivo más eficaz para el examen de soldaduras. En realidad, es un método fotográfico que sigue los principios generales de la fotografía, excepto que, en vez de una luz visible, utiliza radiación de onda corta muy penetrante dentro de la zona de rayos X.

El primer uso de los rayos X para la inspección de soldaduras se llevo a cabo en los EE.UU. en 1925; aproximadamente por aquellas fechas se efectuaron inspecciones empleando rayos gamma procedentes de un manantial de radio (Ra) natural. Actualmente el radio no se utiliza para estos fines.

El método consiste en colocar una película debajo del material por examinar. Los rayos X o rayos gamma procedentes de alguna fuente, atraviesan el metal y alcanzan la película, formando una imagen del metal en la misma. Cada material absorbe una cantidad determinada de radiación. Supongamos que la soldadura tiene una inclusión de escoria. La escoria absorbe radiación en menor grado que el acero y, por lo tanto, transmite más radiación a la película que dicho acero.

El área de la película directamente debajo de la inclusión de escoria recibirá más radiación que el resto de la película, cuyo negativo mostrará una zona más oscura, indicando un defecto en la soldadura. Las sopladuras producen el mismo efecto.

La fotografía que se obtiene se denomina radiografía. En la fotografía con luz visible, el negativo se consigue a partir de una impresión del positivo. En radiografía sólo se produce el negativo, aunque es posible también obtener el positivo.

Entre todos los ensayos no destructivos la radiografía ocupa el primer lugar. En soldadura, este tipo de inspección es el que más se usa por la rapidez con que se obtiene el resultado, por la identificación de los defectos y por la fácil identificación de la posición para la reparación.

Los ensayos radiográficos tienen sobre todos los demás no destructivos la gran ventaja de que proporcionan directamente documentos permanentes del examen realizado en forma tal que permiten la obtención de duplicados para archivo y referencias futuras.

Los defectos que son detectables son la porosidad, agrietamiento, falta de penetración, inclusión de escoria, desalinación de las placas, entre la más comunes.

#### POSICIONES PARA SOLDAR

Es la posición que debe tener el electrodo respecto a una junta para hacer una soldadura, lo que puede afectar en la calidad y economía de las soldaduras.

Además las Especificaciones de la Sociedad Americana de Soldaduras prohíben el uso de algunas posiciones para algunos tipos de soldadura. Un soldador cuidadoso elimina para soldaduras requeridas la necesidad de usar posiciones prohibidas para las soldaduras y emplea las que pueden ser eficientemente hechas.

Las posiciones básicas para soldaduras son :

Plana.- La cara de la soldadura es casi horizontal. El electrodo es casi vertical y la soldadura es ejecutada desde arriba de la junta.

Horizontal.- Los ejes de las soldadura están en posición horizontal. Para soldaduras de ranura, la cara de la soldadura es casi vertical. En soldaduras de filete, la cara de la soldadura es alrededor de 45 grados relativa a las superficies horizontal y vertical.

Vertical.- Con los ejes de las soldaduras son casi verticales. (Estas soldaduras son hechas de abajo hacia arriba).

Sobrecabeza.- La cara de las soldaduras son casi horizontales. El electrodo es casi vertical y la soldadura es ejecutada desde abajo de la junta. En donde existan estas soldaduras, deben hacerse en la posición plana. En donde el metal de aporte puede ser depositado rápidamente y más fácilmente.

Generalmente la posición plana es mejor y soldaduras más económicas son obtenidas.

En un taller las piezas de trabajo usualmente son puestas para realizar soldaduras en posición plana y horizontal. En un diseño el cuidado de esta colocación debe de conservarse por lo menos. En el campo algunas veces las soldaduras vertical y sobrecabeza pueden ser necesarias. Las buenas soldaduras de mayor seguridad en estas posiciones se obtienen usando electrodos convenientes por soldadores experimentados.

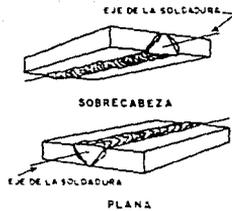
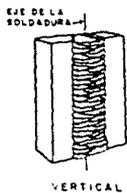
Las especificaciones de la A.W.S. mencionan que solo la posición plana puede ser usada en la soldadura con proceso de arco sumergido, excepto para ciertos tamaños de soldaduras de filete. Soldaduras de filete de un solo paso pueden ser hechas en posición plana o en la horizontal con un electrodo hasta soldaduras de 5/16" y con pasadas múltiples en soldaduras arriba de 1/2". Otras posiciones son prohibidas.

#### LIMPIEZA EN SOLDADURAS

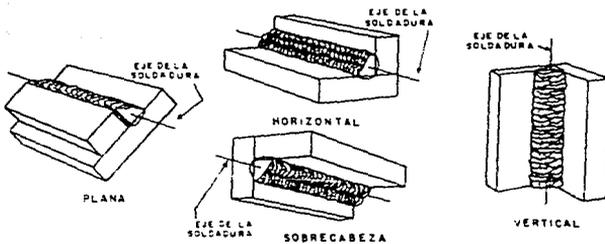
Una de las actividades más importantes que se debe de cuidar en las soldaduras, es su limpieza, esto para evitar lo más posible la inclusión de escoria en las soldaduras y así evitar lo más posible este defecto por fabricación.

Esto se debe de realizar en cada pasada de soldadura y/o en cada cordón depositado de soldadura en una conexión hecha. La limpieza consiste en la eliminación de la capa superficial que se forma en la superficie de la soldadura, a la cual se le denomina escoria y que es producto de la fusión de los materiales de recubrimiento (fundentes) que componen a los materiales de aporte.

Esta limpieza se realiza manualmente con herramienta común, como es el caso de un cincel o una piqueta, con las cuales se golpea la superficie de las soldaduras para poder retirar la escoria que se cristaliza en la superficie.



POSICIONES PARA SOLDADURAS  
DE RANURA



POSICIONES PARA SOLDADURAS  
DE FILETE

## 5.- CRITERIOS DE DISEÑO

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO, FABRICACION  
Y ERECCION DE ACERO ESTRUCTURAL EN EDIFICIOS

Esta especificación define la practica adoptada por el Instituto Americano de Construcción en Acero (A.I.S.C.) en el diseño, fabricación y erección de acero estructural en edificios.

TIPOS DE CONSTRUCCIONES

Se permiten tres tipos básicos de diseño y suposición de cálculo permisibles, con sus consideraciones de diseño correspondientes, más adelante son establecidas estas condiciones. Cada tipo determinará específicamente el tamaño de los miembros, capacidad y los tipos de fuerzas en estas conexiones.

**TIPO 1** .- Comunmente denominado como "Marco rígido" ( marco continuo empotrado), supone que el final de las conexiones de todos los miembros del marco son suficientemente rígidos para contener virtualmente e invariablemente los ángulos originales entre los miembros que son conectados.

**TIPO 2** .- Comunmente denominado como "Convencional" o "Marco simple" (semiempotrado, extremos libres), supone que los extremos de vigas y trabes son conectados por cortante solamente y que son libres para girar bajo cargas.

**TIPO 3** .- Comunmente denominada como " Marco semi-rígido " (parcialmente empotrado), supone que las conexiones de vigas y trabes son confiables, pudiendo conocer en un momento su capacidad intermedia el grado entre la completa rigidez del Tipo 1 y la completa flexibilidad del Tipo 2.

El diseño de todas las conexiones estará acorde con las consideraciones relativas al tipo de construcción indicado en los planos de diseño.

Las construcciones del TIPO 1 están incondicionalmente permitidas dentro de estas especificaciones. Se aceptan dos tipos de diseño (Elástico y Plástico) cada uno con sus limitaciones formuladas, los miembros de marcos rígidos o las porciones continuas de marcos se diseñarán con sus resistencias máximas predecibles, para soportar las cargas de diseño especificadas multiplicadas por los factores de carga recomendados.

Alternativamente, la construcción del TIPO 1 se diseñará dentro de las limitaciones de los esfuerzos permisibles en su caso, para resistir los esfuerzos producidos por las cargas de diseño especificadas, suponiendo la distribución de momentos de acuerdo con la teoría elástica.

La construcción del TIPO 3 está permitida dentro de estas especificaciones sujetas a las estipulaciones del siguiente párrafo, cuando sean aplicables.

En edificios cuya construcción es del TIPO 2 (por ejemplo, las conexiones entre vigas y columnas que no sean para resistir carga de viento, supuestas como flexibles bajo cargas gravitacionales) los momentos debidos a cargas de viento podrán ser distribuidas entre las conexiones seleccionadas del marco, siempre que :

- 1.- Las conexiones y los miembros conectados tengan la capacidad adecuada para resistir los momentos debidos a las cargas de viento.
- 2.- Las vigas sean capaces de soportar el total de las cargas gravitacionales, como las vigas simplemente apoyadas.

3.- Las juntas tengan una capacidad adecuada de rotación inelástica, capaz de evitar los esfuerzos excesivos en los sujetadores o en las soldaduras bajo la combinación de cargas gravitacionales y de viento.

La construcción del TIPO 3 (marco semi-rígido) solo se permitirá si se comprueba que las conexiones que se utilizarán son capaces de suministrar, como mínimo, una proporción predecible de la restricción total de un extremo. El diseño de los miembros principales, unidos por estas conexiones se basará en una restricción no mayor que este mínimo.

Las construcciones de los TIPOS 2 y 3 pueden requerir algunas deformaciones inelásticas pero autolimitadas, de ciertas partes de la estructura metálica.

#### INDICACIONES PARA SOLDADURAS

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

Las soldaduras deberán diseñarse para satisfacer los requisitos de la siguiente tabla, excepto en los casos en que puedan ser modificados.

## ESFUERZOS PERMISIBLES EN SOLDADURAS

Tipo de soldadura y esfuerzo*	Esfuerzo permisible	Resistencia requerida de la soldadura**
<b>Soldadura de ranura de penetración completa</b>		
Tensión perpendicular al área efectiva	Igual a la del metal base	Debe usarse metal de soldadura compatible
Compresión perpendicular al área efectiva	Igual a la del metal base	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de soldadura compatible
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura	Igual a la del metal base	
Cortante en el área efectiva	33 % de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura, en kg/cm <sup>2</sup> , excepto que el esfuerzo constante en el metal base no exceda el 40 % del esfuerzo de fluencia del metal base	
<b>Soldadura de ranura de penetración parcial<sup>†</sup></b>		
Compresión perpendicular al área efectiva	Igual a la del metal base	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de soldadura compatible
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura <sup>‡</sup>	Igual a la del metal base	
Cortante paralelo al eje de la soldadura	30 % de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura, en kg/cm <sup>2</sup> , excepto que el esfuerzo constante en el metal base no exceda el 40 % del esfuerzo de fluencia del metal base	
Tensión perpendicular al área efectiva	30 % de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura, en kg/cm <sup>2</sup> , excepto que el esfuerzo constante en el metal base no exceda el 40 % del esfuerzo de fluencia del metal base	
<b>Soldadura de filete</b>		
Cortante en el área efectiva	30 % de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura, en kg/cm <sup>2</sup> , excepto que el esfuerzo constante en el metal base no exceda el 40 % del esfuerzo de fluencia del metal base	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de soldadura compatible
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura	Igual a la del metal base	
<b>Soldadura de lapón en agujeros alargados</b>		
Cortante paralelo a las superficies de contacto en el área efectiva	33 % de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura, en kg/cm <sup>2</sup> , excepto que el esfuerzo constante en el metal base no exceda el 40 % del esfuerzo de fluencia del metal base	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de soldadura compatible

\* Para la definición del área efectiva

† Para el metal de soldadura compatible

‡ Se permite un metal de soldadura con resistencia mayor que la del metal de soldadura compatible

§ Limitación en el uso de uniones de soldadura de ranura de penetración parcial

¶ La soldadura de filete o la soldadura de ranura de penetración parcial que usen los elementos compuestos de miembros acorados, tal como la unión del alfiler, se pueden hacer sin el requisito de esfuerzo de compresión o de tensión en aquellos elementos paralelos al eje de la soldadura

### Áreas efectivas del metal de soldadura

#### Soldaduras de ranura

Para soldaduras de ranura, el área efectiva se considera como el producto de la longitud efectiva por el espesor efectivo de su garganta. La longitud efectiva de una soldadura de ranura será el ancho de la parte unida.

El espesor efectivo de la garganta de una soldadura de ranura de penetración completa será el espesor de la parte más delgada de las partes unidas.

El espesor efectivo de garganta de una soldadura de ranura de penetración parcial será como se muestra en la siguiente tabla ( 1 ).

El espesor efectivo de garganta de una soldadura en U o J (acampanada), cuando está al ras con la superficie de la sección sólida de la barra, será como se muestra en la siguiente tabla ( 2 ).

Para comprobar que se está obteniendo con constancia el espesor efectivo de garganta, se prepararán muestras de las soldaduras de producción para cada procedimiento de soldadura.

Se permiten gargantas efectivas mayores que las indicadas en la tabla, siempre que el fabricante pueda mostrar con pruebas que puede dar gargantas efectivas mayores.

Las pruebas consistirán en seleccionar el miembro perpendicularmente a su eje, en la mitad de su longitud y en los extremos de la soldadura. Estas secciones se harán sobre combinaciones de tamaños de material representativas de la gama que será empleada en la fabricación, o requerida por el diseño.

**ESPESOR EFECTIVO DE GARGANTA EN SOLDADURAS DE RANURA  
DE PENETRACION PARCIAL ( 1 )**

Proceso de soldadura	Posición de soldadura	Angulo de la ranura	Espesor efectivo
Filtrado recubierto o arco sumergido	Todas	Mayor de 60 grados pero mayor o igual de 45 mayor o igual que 60	Altura del bisel menor 3.2 mm Altura del bisel
Arco protegido con gas o arco con electrodos de núcleo fundente	Todas	mayor o igual que 60	Altura del bisel
	Horizontal o plano	Mayor de 60 grados pero mayor o igual de 45	Altura del bisel
	Vertical o sobrecabeza	Mayor de 60 grados pero mayor o igual de 45.	Altura del bisel menor 3.2 mm
Arco con electrodo de núcleo fundente, protegido con gas (electrogas)	Todas	mayor o igual que 60	Altura del bisel

**ESPESOR EFECTIVO DE GARGANTA EN SOLDADURAS DE RANURA  
EN " U " " Y " J " ( 2 )**

Tipo de soldadura	Radio de la boca o de curvatura " R "	Espesor efectivo
Ranura en bisel acompañada	Todas	$5 / 16 " R "$
Ranura en " V " acompañada	Todas	$3 / 2 " R "$

\* Ser 3/8 si pero soldadura de arco metalico protegido con gas (excepto en procesos de transferencia a corto circuito) cuando R sea mayor o igual que 25 mm.

### Soldaduras de filete

El área efectiva de las soldaduras de filete se tomará como el producto de su longitud por el espesor efectivo de su garganta.

La longitud efectiva de las soldaduras de filete, excepto en agujeros redondos y cajas (agujeros alargados), será la longitud total del filete de tamaño completo, incluyendo las vueltas.

El espesor efectivo de garganta en soldaduras de filete será la distancia más corta entre la raíz y la cara de la soldadura en una representación esquemática de la sección transversal.

Como excepción, en las soldaduras de filete hechas por el procedimiento de arco sumergido, cuando su tamaño es igual o menor de 10 mm. ( $3/8"$ ), el espesor efectivo de garganta se tomará igual al tamaño del cateto. Para soldaduras de filete mayores de 10 mm. hechas por este mismo procedimiento, la garganta efectiva será igual a la garganta teórica más 3 mm. ( $1/8"$ ).

Para soldaduras de filete en agujeros y cajas, la longitud efectiva será la longitud del eje de la soldadura en el centro del plano que atraviesa la garganta.

Sin embargo, en el caso de filetes traslapados, el área efectiva no excederá el área nominal de la sección transversal del agujero o caja en el plano de la superficie de unión.

### Soldaduras de tapón y en cajas

El área efectiva sometida a cortante de soldaduras de tapón y en cajas, se tomará como el área nominal de la sección transversal del agujero o de la caja, en el plano de la superficie de unión.

Cuando se combinan un una sola conexión dos o más tipos de soldadura (ranura, filete, tapón, agujeros alargados), la capacidad efectiva de cada uno de ellos se calculará separadamente, con referencia al eje del grupo, para determinar la capacidad permisible de la combinación.

#### CONEXIONES DE CAMPO

Se usará soldadura para las siguiente conexiones :

- 1.- Empates de columnas en todas las estructuras de pisos múltiples de 60 m. o más de altura.
- 2.- Empates de columnas en estructuras de pisos múltiples, de 30 a 60 m. de altura, cuando la menor dimensión horizontal es menor del 40 % de la altura.
- 3.- Empates de columnas en estructuras de varios pisos, menores de 30 m. de altura, cuando la menor dimensión horizontal es menor del 25 % de la altura.
- 4.- Conexiones de todas las vigas y columnas y de cualquier otra viga de la cual depende el arriostramiento de columnas, en estructuras de más de 40 m. de altura.
- 5.- En estructuras que soportan grúas de más de 5 ton. de capacidad, los empates en las armaduras de techos y conexiones de armaduras a columnas, empates de columnas, arriostramientos de columnas, riostra entre columnas y armaduras o trabes y ménsulas para grúas.
- 6.- Conexiones para soportes de maquinaria en operación o de otras cargas vivas que producen impacto o inversión de esfuerzos.
- 7.- Cualquier otra conexión así estipulada en los planos de diseño.

Para los fines de esta seccion, la altura de una estructura de varios pisos se tomará como la distancia vertical desde el nivel de la acera hasta el punto más elevado del techo, para el caso de techos planos; en el caso con pendiente mayor del 10 %, se tomará la altura media del techo.

Cuando el nivel de la acera no se ha fijado, o cuando la estructura no sea adyacente a una calle, se usará el nivel medio del terreno en que se desplanta la estructura en lugar del nivel de la acera. La altura de las casetas de los elevadores y de los cubos de escalera no se tomarán en cuenta para determinar la altura de la estructura.

#### TAMAÑOS MÍNIMOS DE SOLDADURA

##### **Soldaduras de filete y soldaduras de penetración parcial**

El tamaño mínimo de las soldaduras de filete es mostrado en la siguiente tabla.

<u>Espesor más grueso de las partes unidas, en mm.</u>	<u>Tamaño mínimo de la soldadura de filete (w) en mm.</u>
Hasta 6 inclusive	3
más de 6 a 13	5
más de 13 a 19	6
más de 19	8

El espesor mínimo efectivo de la garganta de una soldadura de penetración parcial en ranura será :

Espesor más grueso de las partes unidas, en mm.

Espesor mínimo efectivo de la garganta, en mm.

Hasta 6 inclusive	3
más de 6 a 13	5
más de 13 a 19	6
más de 19 a 38	8
más de 38 a 57	10
más de 57 a 150	13
más de 150	16

El tamaño de la soldadura la estableco la parte más gruesa de las dos partes unidas, excepto que no es necesario que el tamaño de soldadura exceda el espesor de la parte unida más delgada, a no ser de que el esfuerzo calculado requiera de mayor tamaño de soldadura. Para esta excepción debe de tenerse especial cuidado para suministrar suficiente precalentamiento para obtener una soldadura sana.

Tamaño máximo

El tamaño máximo de soldaduras de filete en los bordes de las partes conectadas no será mayor que el espesor del material unido cuando el espesor es menor de 6 mm. (1/4"). Para espesores mayores, será de 1.6 mm. (1/16") menos que el espesor, a no ser de que el plano indique mayor tamaño.

### **Longitud de soldaduras**

La longitud mínima efectiva de una soldadura de filete diseñada en función de su resistencia, no será menor de 4 veces su tamaño nominal, o bien, el tamaño de la soldadura se tomará como no mayor de la cuarta parte de su longitud efectiva.

Cuando se utilicen sólo soldaduras longitudinales de filete para conexiones en los extremos de las barras planas a tensión, la longitud de cada soldadura de filete no será menor que la distancia perpendicular entre ellas. La separación transversal de soldaduras longitudinales de filete no será mayor de 200 mm. en conexiones de extremos de miembros, si es que el propio diseño no evita la deformación transversal excesiva en la conexión.

### **Soldaduras intermitentes**

Se podrán emplear soldaduras de filete intermitentes para transmitir los esfuerzos calculados a través de una unión o superficies de contacto, cuando la resistencia requerida es menor que la desarrollada por una soldadura de filete continua del menor tamaño permitido. También se podrán usar soldaduras de filete intermitentes para unir los componentes de miembros armados. La longitud efectiva de cualquier segmento de soldadura de filete intermitente no será menor que cuatro veces el tamaño de la soldadura, con un mínimo de 40 mm. (1 1/2").

### **Juntas traslapadas**

El traslape mínimo en juntas traslapadas será de cinco veces el espesor de la parte más delgada de la junta, pero no menos de 25 mm. (1").

Las juntas traslapadas que unen placas o barras sometidas a esfuerzos axiales se soldarán con filetes a lo largo de los extremos de ambos traslapes, excepto donde la deformación de las partes traslapadas está suficientemente restringida para evitar de que se abra la junta bajo carga máxima.

#### **Remates en extremos de soldaduras**

Cuando las soldaduras de filete en los extremos de miembros, estando en el extremo terminan en el lado, o estando en el lado terminan en el extremo, se rematarán dando vuelta a la esquina en forma continua por una distancia no menor que dos veces el tamaño nominal de la soldadura, siempre que sea práctico hacerlo.

Esta disposición se aplicará a las soldaduras de filete laterales y superiores que conectan ménsulas, asientos de vigas y conexiones similares, en el plano que contiene el eje alrededor del cual se calcula el momento de flexión. Los remates de soldadura de filete se indicarán en los planos de diseño y en los de taller.

#### **Soldaduras de filete en agujeros y cajas (agujeros alargados)**

Se podrán emplear soldaduras de filete en agujeros o cajas para transmitir fuerzas cortantes en las juntas traslapadas o para evitar el pandeo o separación de las partes traslapadas, y para unir los elementos que forman los miembros armados.

Estas soldaduras de filete se podrán traslapar como se indicó anteriormente. Las soldaduras de filete en agujeros o cajas no se considerarán como soldadura de tapón o de caja.

### Soldaduras de tapón y de caja

Se podrán emplear soldaduras de tapón o de caja para transmitir las fuerzas cortantes en las juntas traslapadas o para evitar el pandeo de las partes traslapadas y para unir los elementos de miembros armados.

El diámetro de una soldadura de tapón no será menor que el espesor de la parte que la contiene, más de 8 mm. (5/16"), ni mayor de 2.25 veces el espesor del metal de aporte.

La distancia mínima centro a centro de las soldaduras de tapón no será mayor que 4 veces el diámetro del agujero.

La longitud de la caja para una soldadura de caja no excederá de 10 veces el espesor del metal de aporte. El ancho de la caja no será menor del espesor de la parte que la contiene, más 8 mm. (5/16"), ni será mayor de 2.25 veces el espesor del metal de aporte. Los extremos de la caja serán semicirculares o tendrán redondeadas las esquinas con un radio no menor del espesor de la parte que la contiene, excepto los extremos que se extiendan hasta los bordes.

La distancia mínima entre líneas de soldaduras de caja en dirección transversal a su longitud será 4 veces el ancho de la caja. La distancia mínima centro a centro en dirección longitudinal en cualquier línea será dos veces la longitud de la caja.

El espesor de las soldaduras de tapón o de caja en materiales con espesor de 16 mm. (5/8") o menos, será igual al espesor del material. En materiales de más de 16 mm. de espesor será por lo menos igual a la mitad del espesor del material pero no menos de 16 mm.



### IMPORTANCIA DEL TAMAÑO DE LA SOLDADURA

El exceso es uno de los principales factores en el costo de la soldadura. Específicamente el tamaño correcto de la soldadura es el primer paso para obtener un bajo costo. Esto requiere de un método simple para calcular el tamaño conveniente de soldadura que proporcione la resistencia suficiente en todo tipo de conexión.

En conexiones resistentes, las soldaduras de ranura deben ser hechas respecto a toda la preparación de la placa y tener un 100 % de penetración.

Por lo cual, una soldadura propiamente hecha es de igual o mejor resistencia que la placa, lo cual no es un requisito para calcular el esfuerzo en la soldadura o tentativa para determinar su tamaño. Sin embargo el tamaño de una soldadura de ranura puede ser necesario para una estimación o alguna otra razón.

La aleación de la soldadura con los aceros, es necesaria para igualar la resistencia del metal de aporte con la resistencia de la placa, lo que es principalmente cosa de la selección del electrodo conveniente y la técnica de soldadura.

Con las soldaduras de filete, esto es posible, para tener una soldadura chica o también grande, pero es necesario para determinar el tamaño de soldadura conveniente.

### REGLA PARA EL TAMAÑO DE SOLDADURAS DE FILETE

Para la resistencia total de una placa por medio de soldaduras de filete, es necesario que el tamaño de la pierna del filete sea de  $3/4$  el espesor de la placa.

$$w = 3/4 t \dots\dots\dots (1)$$

Esto es adoptado en :

- a.- Soldadura de filete en ambos lados de la placa,
- b.- Soldadura de filete en todo lo largo de la placa, y
- c.-  $t$  = espesor de placa delgada, si las dos que se unen son de diferente calibre.

Para acero dulce, en juntas soldadas las placas inferiores se separan con cualquier tipo de carga y dirección.

Cuando el miembro esta diseñado para mantener una cierta cantidad de dureza o rigidez, los esfuerzos son usualmente de poco valor. La soldadura como tal no contribuye perceptiblemente en la dureza de la sección compuesta. El tamaño de soldadura es sin embargo dependiente de las fuerzas que deben ser transferidas aunque estas sean bajas. En muchos diseños de rigidez, esto es difícil con la combinación de estas fuerzas y esto algunas veces se supone que los esfuerzos en la placa adyacente son más bajos a razón de  $1/3$  a  $1/2$  de el permisible.

Este promedio, por regla general en pulgadas, el diseño de rigidez requiere un tamaño de pierna en una soldadura de filete a razón de  $1/3$  a  $1/2$  del que se requiere para un diseño de resistencia, o en otras palabras :

$$w = 1/4 t \text{ a } 3/8 t \dots\dots\dots (2)$$

suponiendo de lo anterior que, la longitud de la soldadura esta en ambos lados y en las bases en las placas delgadas. Este rango en el tamaño de la pierna (  $1/4 t$  a  $3/8 t$  ) usualmente resulta bien proporcionado en soldaduras de filete.

Si por alguna razón la soldadura es solo hecha en un solo lado de la placa, el tamaño de la soldadura puede ser el doble. La tabla siguiente ofrece el tamaño de la pierna en soldaduras de filete para varios espesores de placa, basados en las formulas 1 y 2.

Estos valores tienen que ser ajustados en donde sea necesario obrar de acuerdo con los valores de la A.W.S. que recomienda para un espesor mínimo de placas expuesta anteriormente.

Para el diseño de rigidez el filete de soldadura puede ser reducido por el uso de soldadura intermitente.

### REGLA DE TAMAÑOS DE SOLDADURA DE FILETE

ESPESES DE LA PLACA ( 1 )	RESISTENCIA TOTAL EN LA SOLDADURA (w=3/8 15)	80% DE RESISTENCIA EN LA SOLDADURA (w=3/8 15)	50% DE RESISTENCIA EN LA SOLDADURA (w=1/4 15)
1/4	3/16	3/16 *	3/16 *
5/16	1/4	3/16 *	3/16 *
3/8	5/16	3/16 *	3/16 *
7/16	3/8	3/16	3/16 *
1/2	3/8	3/16	3/16 *
9/16	7/16	1/4	1/4 *
5/8	1/2	1/4	1/4 *
3/4	9/16	5/16	1/4 *
7/8	5/8	3/8	5/16 *
1	3/4	3/8	5/16 *
1 1/8	7/8	7/16	5/16
1 1/4	1	1/2	5/16
1 3/8	1	1/2	3/8
1 1/2	1 1/8	9/16	3/8
1 5/8	1 1/4	5/8	7/16
1 3/4	1 3/8	3/4	7/16
2	1 1/2	3/4	1/2
2 1/8	1 5/8	7/8	9/16
2 1/4	1 3/4	7/8	9/16
2 3/4	1 3/4	1	5/8
2 1/2	1 7/8	1	5/8
2 5/8	2	1	3/4
2 3/4	2	1	3/4
3	2 1/4	1 1/8	3/4

\* ESTOS VALORES SE DEBEN APLICAR PARA RESISTENCIA TENSIL COMPLETA RECOMENDADA POR EL A.S.T.M.

#### ESPESORES DE PLACA

La Sociedad Americana de Soldadura reconoce que las placas gruesas ofrecen gran resistencia y que produce una rapidez de enfriamiento de las soldaduras. Como resultado se recomienda un tamaño mínimo de filete de soldadura en la tabla 2 para los varios espesores de placa. Esta tabla afirma la teoría que requiere un tamaño mínimo de soldadura proporciona suficiente calentamiento invertido en la placa para ofrecer el lento enfriamiento deseado de la soldadura.

Esto no es una completa respuesta para este problema, por ejemplo, una placa con espesor de 6" requiere un tamaño mínimo de soldadura de 5/8" aun en la practica actual esto debe ser hecho en varios pasos. Cada paso puede ser equivalente a casi un filete de 5/16", y tener un calentamiento invertido de aproximadamente una soldadura de filete de 5/16", que puede no ser suficiente a menos de que la placa sea precalentada.

Una solución parcial a este problema puede ser lo siguiente : el primer paso después de la junta es el más crítico. Puede ser hecho bajo electrodos de hidrogeno y con velocidad de recorrido algo lenta. Resultando contornos de soldaduras físicas y máximo de calentamiento invertido proporcionando una buena resistencia en el reborde de la raíz.

#### TIPOS DE SOLDADURAS

- 1.- Soldaduras primarias, transmiten toda la carga en un punto particular en donde estan localizadas. Si la soldadura falla el miembro falla. La soldadura debe tener la misma propiedad del miembro en este punto. En resumen la soldadura en este punto es la más conveniente.

b.- Soldaduras secundarias, solamente sujeta las partes unidas al mismo tiempo, de este modo formando los miembros. En algunos casos las fuerzas en estas soldaduras son bajas.

c.- Soldaduras paralelas, las fuerzas son aplicadas paralelas a sus ejes. En este caso la garganta de la soldadura de filete es solamente para esfuerzos por cortante. Para soldaduras de filete con piernas iguales el máximo cortante ocurre en la garganta que forma un ángulo de 45 grados.

d.- Soldaduras transversales, las fuerzas son aplicadas transversalmente o en ángulo recto respecto a los ejes. En el caso de soldaduras de filete la garganta es para esfuerzos tanto de cortante y normales (en tensión y compresión).

Para una soldadura de piernas iguales el esfuerzo cortante máximo ocurre en la garganta teniendo un ángulo de 67.5 grados, y el esfuerzo máximo normal ocurre en una garganta con un ángulo de 22.5 grados.

Cargas de tensión simple, compresión  
o cortante en soldaduras

Para cargas de tensión simple, compresión o cortante, la carga conocida es dividida por la longitud de la soldadura por la fuerza unitaria aplicada que llega, lo cual se expresa en libras por pulgada lineal de soldadura. De esta fuerza el tamaño conveniente de la soldadura de filete o de ranura puede ser fundamentado.

Cargas flexionantes o torsionantes  
en soldaduras

El problema aquí es para determinar las propiedades de la conexión soldada para checar en orden el esfuerzo principal en la soldadura más allá del tamaño de la pierna conocido. Algunos textos de diseño sugieren suponer un cierto tamaño de la pierna en la soldadura y calcular el esfuerzo en la soldadura para ver si este es mayor o menor al esfuerzo requerido. Si en el resultado la distancia es demasiado grande el tamaño de la pierna de la soldadura es reajustado. Esto tiene las siguientes desventajas :

- 1.- La decisión en cuanto a que la sección de la garganta usada tenga que ser cortada para determinar la propiedad de la soldadura. Usualmente esta objeción puede ser de realce para cualquier sección de garganta escogido.
- 2.- El resultado de esfuerzos combinados en diversos tipos de cargas, puede ser algo complicado.

En contraste, lo siguiente es un método simple para determinar el tamaño correcto de una soldadura con la resistencia requerida. Este es un método en el cuál la soldadura es tratada como una línea y no tomando el área, pero si es tomada una longitud efectiva y su contorno.

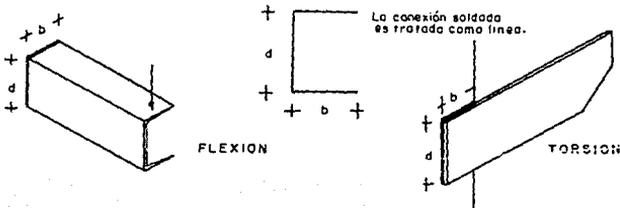
Este método tiene las siguientes ventajas :

- 1.- En este método no es necesario considerar el área de la garganta, porque solo una línea es considerada.

- 2.- Las propiedades de la conexión soldada son fundamentadas desde una tabla de una manera sencilla, fuera del conocimiento que se tenga del tamaño de la pierna de la soldadura.
- 3.- Las fuerzas son consideradas en una unidad de longitud de la soldadura en lugar de los esfuerzos, así se elimina el difícil problema de la combinación de esfuerzos.
- 4.- La distribución de esfuerzos es confiable dentro de un filete de soldadura complejo, debido a la excentricidad de la fuerza aplicada en el perfil del filete, por efecto de corte en la raíz, etc.; sin embargo, esto en algunas condiciones existentes en pruebas de soldaduras de filete tiene que ser registrado como una unidad de fuerza por una unidad de longitud en la soldadura.

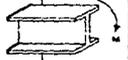
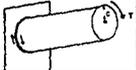
DETERMINACION DE LA FUERZA  
EN LA SOLDADURA

Visualizar la conexión soldada en una línea simple, (tener el mismo contorno como en la conexión, pero no el corte transversal del área. La figura siguiente muestra el área ( $A_w$ ) de la conexión soldada haciéndose ahora en la longitud de la soldadura.



En vez del cansado cálculo para determinar el esfuerzo en la soldadura, (esto no puede ser hecho a menos de que el tamaño de la soldadura sea conocido), el problema se hace mucho más simple en la determinación de la fuerza en la soldadura. Por inserción la propiedad de la conexión tratada como una línea en la fórmula de diseño establecida usada para un tipo particular de carga, (ver la tabla), la fuerza en la soldadura puede ser expresada en términos de libras por pulgada lineal de soldadura.

## DETERMINACION DE FUERZAS EN SOLDADURAS

	Formas estándar de Cuerpo ESPUEKIO (lb/in.²)	Tratando la solda- dura como una línea FUERZA (lb/in.)		
TIPO DE CARGA	SOLDADURA PRIMARIA			
Transmite la carga entera en un punto				
	Tensión o compresión	$\sqrt{\quad} = \frac{P}{A}$	$f = \frac{P}{Aw}$	
	Cortante Vertical	$\sqrt{\quad} = \frac{V}{A}$	$f = \frac{V}{Aw}$	
	Flexión	$\sqrt{\quad} = \frac{M}{S}$	$f = \frac{M}{Sw}$	
	Torsión	$\sqrt{\quad} = \frac{T C}{J}$	$f = \frac{T C}{Jw}$	
SOLDADURA SECUNDARIA				
Teniendo secciones juntas - esfuerzos bajos				
	Cortante Horizontal	$\sqrt{\quad} = \frac{V ay}{l t}$	$f = \frac{V ay}{l n}$	
	Cortante Horizontal Torsional	$\sqrt{\quad} = \frac{T}{2 At}$	$f = \frac{T}{2 A}$	

A = area total de superficie de la soldadura

(T) momento aplicado en un punto cualquier dirección



## PROPIEDADES DE SOLDADURAS TRATADAS EN LINEA

CONTORNO DE LA SOLDADURA	FLEXION RESPECTO AL EJE X-X	TORSION
	$I_x = \frac{a^3}{12}$	$J_w = \frac{a^3}{12}$
	$I_x = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12}$	$J_w = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12}$
	$I_x = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12}$	$J_w = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12}$
	$I_x = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3}$	$J_w = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3}$
	$I_x = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$	$J_w = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$
	$I_x = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$	$J_w = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$
	$I_x = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$	$J_w = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$
	$I_x = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$	$J_w = \frac{a^3}{12} + \frac{b^3}{12} - \frac{d^3}{12} + \frac{2r^3}{3} + \frac{2r^3}{3}$
	$I_x = \frac{d^4}{64}$	$J_w = \frac{d^4}{64}$
	$I_x = \frac{d^4}{64} + \frac{d^4}{64}$	$J_w = \frac{d^4}{64} + \frac{d^4}{64}$

El módulo de sección ( $S_w$ ) es usado para soldaduras sujetas a cargas de flexión y el momento polar de inercia ( $J_w$ ) para cargas flexionantes. El módulo de sección ( $S_w$ ) de estas fórmulas son para una fuerza máxima en la superficie así como en la porción final de la conexión soldada.

De las conexiones asimétricas mostradas en esta tabla, la fuerza de flexión máxima es al final de la soldadura.

Si hay más de una fuerza aplicada a la soldadura, estas son unidas y combinadas. Todas las fuerzas que son combinadas son sumadas vectorialmente, las que concurren en una misma posición en la junta soldada.

#### SOLDADURAS PERMISIBLES

Por muchos años, un valor justo es disponible para esfuerzos cortantes permisibles en soldaduras de filete, 13,600 psi (lb/in<sup>2</sup>) y una fuerza permisible de 9,600(w) lb/in. para electrodos E60. En 1961, un valor de 15,800 psi y una fuerza de 11,200(w) lb/in. para electrodos E70, y ambos son prolongados en soldaduras de ranura de penetración parcial. Ingenieros experimentados consideran este valor como razonable y conservador, desde entonces el esfuerzo cortante,  $\delta$ , permisible para el metal base, se define como:

$$\delta = 0.40 \sigma_y \text{ , donde}$$

$\sigma_y$  es la resistencia a la tensión, o punto de cedencia de material.

También esta fórmula es conservativa. El esfuerzo cortante del acero estructural son valores conocidos que están en un rango de  $2/3$  a  $3/4$  de la tensión resistente, pero el cortante permisible mencionado es solamente  $2/3$  de la tensión permisible ( $2/3 \times 0.60 \text{ cy} = 0.40 \text{ cy}$ ).

Además, este valor del esfuerzo cortante es principalmente establecido para aïmas de las vigas y trabes para impedir el pandeo de esta por la fuerza de compresión diagonal producida por las cargas cortantes, una condición considerablemente diferente para que falle en una carga por cortante más baja.

Esto parece algo lógico, por lo tanto, este valor es más realista para el cortante permisible en el metal de aporte en una soldadura de filete o en una de ranura de bisel de penetración parcial, esto es:

$$\delta = 0.30 \text{ ( Electrodo mínimo especificado T.S.)}$$

Su validez es probada con una serie de pruebas en soldaduras de filete conducidos para una especial tarea del Comité del Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC) y de la (AWS). Los resultados de estas pruebas probadas concluirán que el cortante permisible puede ser aumentado con seguridad. Los nuevos valores permisibles son mostrados en la siguiente tabla, los cuales son adoptados por el Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC) y el Código de Acero Estructural de la AWS.

**CARGAS PERMISIBLES PARA VARIOS  
TAMANOS DE SOLDADURA DE FILETE**

Nivel de resistencia del metal de aporte ( EXX )						
Electrodo	60	70	80	90	100	110
Esfuerzo cortante permisible en gargantas de soldaduras de filete y de ranura de penetración parcial ( 1000 psi. )						
Esfuerzo *	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0
Unidad de fuerza permisible en soldaduras de filete ( 1000 psi/in. )						
Fuerza *	12.73 w	14.85 w	16.97 w	19.09 w	21.21 w	23.33 w
Tamaño de la pieza w	Unidad de fuerza permisible para varios tamaños de soldadura de filete ( 1000 lbs/in. )					
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.44
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50
5/8	7.96	9.28	10.51	11.93	13.37	14.82
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67
7/16	5.67	6.60	7.62	8.56	9.50	10.31
3/8	4.77	5.67	6.36	7.16	7.96	8.75
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.66	2.92
1/16	.795	.930	1.06	1.19	1.33	1.46

### CORTANTE PERMISIBLE Y FUERZAS UNITARIAS

En la tabla anterior se presentan los valores para un cortante permisible para varios niveles de los esfuerzos en electrodos y la soldadura de filete más común. Estos valores son para soldaduras de filete con una pierna de igual tamaño cuando la garganta efectiva ( $t_e$ ) es igual a 0.707 por el tamaño de la pierna ( $w$ ). Con la tabla, uno puede calcular la fuerza unitaria permisible ( $f$ ) por pulgada lineal para un tamaño de soldadura hecha con un tipo de electrodo en particular. Por ejemplo, calcular la fuerza unitaria permisible ( $f$ ) por pulgada para una soldadura de filete de 1/2" hecha con un electrodo E70 :

$$f = 0.707 w * 5$$

$$f = 0.707 w * (0.30)(EXX)$$

$$f = 0.707 * 1/2" * 0.30 * 70,000 \text{ psi}$$

$$f = 7,420 \text{ psi/pulgada lineal}$$

Nota, esta tabla lista el esfuerzo cortante permisible ( $\phi$ ) para el electrodo E70 comunmente usando este como 21,000 psi (0.30 x 70,000). Este aumenta un 33 % arriba del permisible anterior que era de 15,800 psi, permitiendo un 25 % la reducción en el tamaño de la soldadura manteniendo el mismo permisible en la junta.

Así el cortante resistente de una soldadura de filete de 3/8" basado en el nuevo permisible sería igual al de un filete de 1/2" con el permisible anterior.

El costo de la soldadura varía con el volumen y área de la soldadura.

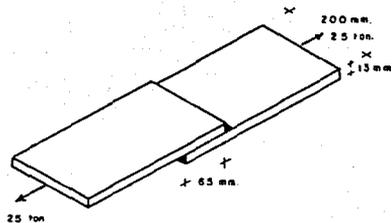
Después de un corte transversal el área de la soldadura varía en el cuadro según el tamaño de la pierna, el 25 % de la reducción en el tamaño de la soldadura (de 1/2" a 3/8") produce una reducción del 44% en la cantidad del metal de aporte requerido por la junta. Así un filete de 1/2" que costaba antes \$ 100, ahora puede hacerse remplazándolo con la misma longitud y un filete de 3/8" costando \$ 56.

EJEMPLO 1

Dos tramos de placa de 13 x 200 mm. son utilizados como elemento para soportar una tensión de 25.00 ton. la conexión deberá proponerse soldada en forma transversal con electrodos tipo E70. Suponer la junta como:

- A.- Traslape  
B.- A tope

Solución A



PASO 1.- Traslape mínimo.

Como se indicó anteriormente: el traslape mínimo es de cinco veces el espesor de la parte más delgada.

$$5.00 \times \text{espesor de la placa} = \text{traslape}$$

$$5.00 \times 1.30 = 6.50 \text{ cm.}$$

PASO 2.- Longitud disponible para la soldadura disponible.

$$2.00 \times 20.00 = 40.00 \text{ cm.}$$

PASO 3.- Fuerza en la soldadura (tensión, de las tablas mencionadas).

$$F = \frac{\text{tensión} \quad 25,000.00}{\text{línea de soldadura} \quad 40.00} = 625.00 \text{ kg/cm.}$$

PASO 4.- Dimensión mínima permitida de filete.

El tamaño lo establece la parte más gruesa de la junta. En este caso el espesor de ambas placas es 13.00 mm. por lo tanto el tamaño mínimo es igual a : 5.00 mm. Esto tomado de la tabla de tamaños mínimos.

PASO 5.- Esfuerzo permisible para la soldadura de filete.

A) Tipo de esfuerzo: cortante en el area efectiva de la garganta.

B) Resistencia nominal del electrodo E70.

$$E70 = 70,000.00 \text{ psi}$$

$$E70 = 4,921.49 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\delta = .30 \times 4,921.49 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\delta = 1,476.45 \text{ Kg/cm}^2.$$

C) Resistencia permisible en la soldadura.

$$F_w = 0.707 \times \delta \times \text{tamaño del filete}$$

$$F_w = 0.707 \times 1,476.45 \text{ Kg/cm}^2. \times .50 \text{ cm.}$$

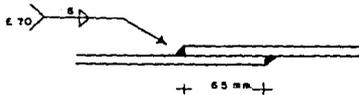
$$F_w = 521.93 \text{ Kg/cm.} < 625.00 \text{ Kg/cm.}$$

El tamaño de el filete de 5 mm. no es resistente se propone un filete de : 6.00 mm.

$$F_w = 0.707 \times 1,476.45 \text{ Kg/cm}^2. \times .60 \text{ cm.}$$

$$F_w = 626.31 \text{ Kg/cm.} > 625.00 \text{ Kg/cm.}$$

D) Detalle final.

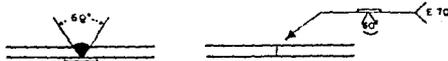


Solución B

Aquí la única consideración es de unir los dos tramos con soldadura de penetración completa de modo tal que la soldadura tenga una resistencia igual o mayor a la de cada una de las partes por unir.

Una soldadura en "V" simple es un ejemplo de los muchos tipos que pueden emplearse. Puede recomendarse inclusive placa de respaldo.

A) Detalle final

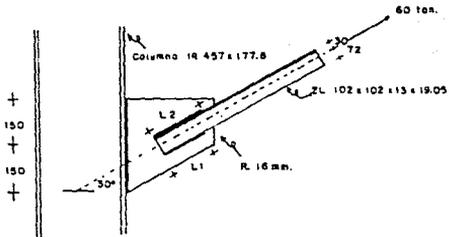


EJEMPLO 2

Dimensionar las soldaduras de unión entre los elementos de acero A-36 mostrado en la figura. Usar soldadura E70.

- A.- Entre los ángulos y la placa.  
 B.- Entre la placa y la columna.

Solución A



A) No se colocará soldadura en el extremo del ángulo. Únicamente a los lados.

B) Tamaño máximo de la soldadura.

El tamaño máximo de la soldadura no será mayor que el espesor del material unido cuando es menor de 6 mm. Para espesores mayores de 6 mm., ser 1.60 mm. menos que el espesor.

$$T_{\text{max.}} = 13.00 \text{ mm.} - 1.60 \text{ mm.}$$

$$T_{\text{max.}} = 11.40 \text{ mm.}$$

C) Tipo de soldadura : de filete.

D) Esfuerzo permisible.

Resistencia nominal del electrodo E70

$$E70 = 70,000.00 \text{ psi}$$

$$E70 = 4,921.49 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\delta = 0.30 \times 4,921.49 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\delta = 1,476.45 \text{ Kg/cm}^2.$$

Resistencia permisible en la soldadura

$$F_w = 0.707 \times \delta \times \text{tamaño del filete}$$

$$F_w = 0.707 \times 1,476.45 \text{ Kg/cm}^2. \times 1.14 \text{ cm.}$$

$$F_w = 1,190 \text{ Kg/cm.}$$

E) Longitud total de soldadura.

(cordones de 11.4 mm. en los dos ángulos)

$$L = \frac{60,000.00 / 2.00}{1,190.00 \text{ Kg/cm.}} = 25.21 \text{ en cada ángulo}$$

$$L = l_1 + l_2$$

F) Longitud en cada cordón:

$$l_1 = \frac{c_2}{c} \times L = \frac{3.00 \times 25.21 \text{ cm.}}{10.20} = 7.41 \text{ cm.}$$

$$l_2 = \frac{c_1}{c} \times L = \frac{7.20 \times 25.21 \text{ cm.}}{10.20} = 17.80 \text{ cm.}$$

$$L = l_1 + l_2$$

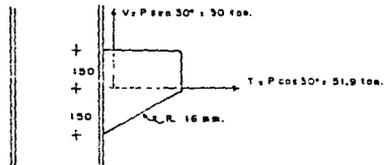
$$L = 25.21 \text{ cm.} \geq 25.21 \text{ cm.}$$

D) Detalle final



Solución B

La soldadura en este caso está sujeta a los siguientes esfuerzos.



De acuerdo con lo anterior en la sección de soldaduras de ranura de penetración completa tenemos:

A) Tensión perpendicular al área efectiva. Por lo tanto el esfuerzo permisible es igual al del metal base.

$$F_t = 0.60 F_y = F_a$$

B) Cortante en el área efectiva. Por lo tanto el esfuerzo permisible es igual al 30 % de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura.

$$F_w = 0.30 \times 4,921.49 \text{ Kg/cm}^2. = 1,476.45 \text{ Kg/cm}^2.$$

Las especificaciones A.I.S.C. no tratan explícitamente el problema de combinación tensión y cortante en soldaduras de ranura, pero un diseño adecuado se puede obtener limitando el esfuerzo máximo de tensión permisible de acuerdo a la fórmula que reduce el esfuerzo permisible a tensión en la dirección de la fuerza aplicada a un valor  $F_{ra}$  ;

$$F_{ra} = \left[ 1 - \frac{(f_v)^2}{(F_a)^2} \right] F_a$$

$$F_{ra} = \left[ 1 - \frac{(30,000/30 \times 1.6)^2}{(1,520)^2} \right] 1,520 = 1,260.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

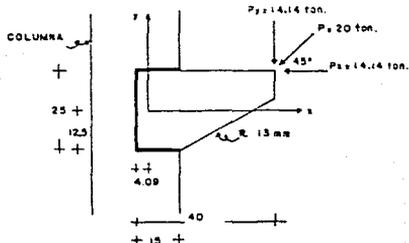
La tensión normal a la soldadura será :

$$f_a = \frac{51,962.00}{1.6 \times 30 \times 0.707} = 1,531.18 \text{ Kg/cm}^2. > 1,260.00 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$f_v = \frac{30,000.00}{1.6 \times 30 \times 0.707} = 884.02 \text{ Kg/cm}^2.$$

### EJEMPLO 3

Una placa de acero A-36 se usará como ménsula lateral soldada a una columna, tal como se muestra en la figura. Determinar la dimensión de la soldadura usando electrodos tipo E70.



#### Solución

PASO 1.- Decidimos soldar en tres lados que tiene una longitud de:

$$L = 15 \text{ cm} + 25 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 55.00 \text{ cm.}$$

PASO 2.- Determinamos el centro de gravedad de las soldaduras :  
Tomando momentos respecto al cordón vertical ;

$$55.00 \bar{x} = 15 \times 2 \times 7.5 = 225.00 \text{ cm.}$$

$$\bar{x} = 4.09 \text{ cm.}$$

por inspección visual  $\bar{y} = 12.50 \text{ cm.}$

PASO 3.- Momentos de inercia

$$I_x = \frac{2 \times 15 \times 1^3}{12} + 2 \times 1 \times 15 \times (12.5)^2 + \frac{1 \times 25^3}{12}$$

$$I_x = 5,992.08 \text{ cm.}^4$$

$$I_y = \frac{25 \times 1^3}{12} + 25 \times 1 \times (4.09)^2 + \frac{2 \times 1 \times 15^3}{12} + 2 \times 1 \times 15 \times (7.5 - 4.09)^2$$

$$I_y = 1,331.62 \text{ cm.}^4$$

$$I_z = I_x + I_y$$

$$I_z = 7,323.70 \text{ cm.}^4$$

PASO 4.- Fuerzas que actúan sobre la soldadura.

$$P_x = 14.14 \text{ ton.}$$

$$- 158 -$$

$$P_y = 14.14 \text{ ton.}$$

$$M_x = P_y ( 40 - 4.09 ) - P_x ( 12.5 )$$

$$M_x = 331.02 \text{ ton cm.}$$

PASO 5.- Localización de L punto de mayor esfuerzo.

$$q_x = \frac{P_x}{L} + \frac{M_x}{I_x} y$$

$$q_x = \frac{14.14}{55.00} + \frac{331.00}{7,323.70} \times 12.50$$

$$q_x = 0.822 \text{ ton/cm.}$$

$$q_y = \frac{P_y}{L} + \frac{M_x}{I_x} x$$

$$q_y = \frac{4.14}{55.00} + \frac{331.02}{7,323.70} \times 10.91$$

$$q_y = 0.750 \text{ ton/cm.}$$

$$q_r = \sqrt{q_x^2 + q_y^2} = 1.1127 \text{ ton/cm.}$$

PASO 6.- Esfuerzo permisible para la soldadura de filete

A) Resistencia nominal a la tensión electrodo E70 :

$$E70 = 70,000.00 \text{ psi}$$

$$E70 = 4,921.49 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\delta = 0.30 \times 4,921.49 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\delta = 1,476.45 \text{ Kg/cm}^2.$$

B) Resistencia permisible en la soldadura

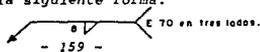
tamaño mínimo 5.00 mm.

C) Dimensión necesaria de soldadura

$$D = \frac{1,112.74}{1,476.45} = .75 \text{ cm.} < \text{espesor máximo}$$

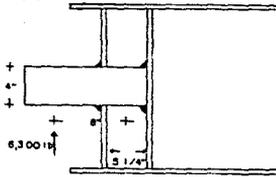
$$\text{espesor máximo} = 13 \text{ mm.} - 1.6 \text{ mm.} = 11.4 \text{ mm.}$$

D) Detalle final; usar soldadura de filete de 8 mm. con electrodo E70 indicandose de la siguiente forma.



EJEMPLO 4

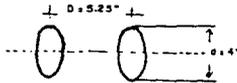
Determinar el tamaño requerido de la soldadura de filete para el eje de la figura mostrada. El apoyo es cargado con 63,000 lbs. El esfuerzo de rotación es de 150 HP en 100 RPM, o :



$$T = \frac{63,030 \times \text{HP}}{\text{RPM}} = \frac{63,030 \times 150}{100} = 94,545 \text{ in.-lbs}$$

Solución

PASO 1.- Hallar las propiedades de la soldadura tratandola como línea.



$$J_w = 2 \times \frac{\pi d^3}{4} = 2 \times \frac{\pi (4)^3}{4} = 100.53 \text{ in.}^3$$

$$S_w = \frac{\pi d^2}{2} + \pi D^2 = \frac{\pi (4)^2}{2} + \pi (5.25)^2 = 111.72 \text{ in.}^2$$

$$A_w = 2 \pi d = 2 \times \pi \times 4 = 25.13 \text{ in.}$$

PASO 3.- Hallar las varias fuerzas en la soldadura insertando las propiedades de la soldadura establecidas anteriormente.

Flexión

$$f_b = \frac{M}{S_w} = \frac{(6,300.00) (8.00)}{111.72 \text{ in.}^2} = 451.13 \text{ lbs/in.}$$

Torsión

$$f_t = \frac{T_c}{J_w} = \frac{(94,545.00) (2.00)}{100.53 \text{ in.}^3} = 1,880.93 \text{ lbs/in.}$$

Cortante vertical

$$f_v = \frac{V}{A_w} = \frac{6,300.00}{25.13 \text{ in.}} = 250.70 \text{ lbs/in.}$$

PASO 3.- Determinar la fuerza resultante actual y la fuerza permisible en la soldadura.



$$f_r = \sqrt{f_b^2 + f_t^2 + f_v^2}$$

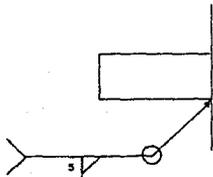
$$f_r = \sqrt{(451.13)^2 + (1,880.93)^2 + (250.70)^2}$$

$$f_r = 1,950 \text{ lbs/in. (fuerza resultante actual)}$$

PASO 4.- El nuevo tamaño de la pierna de la soldadura de filete al rededor del centro puede ser determinado como :

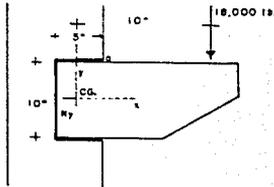
$$w = \frac{\text{(fuerza actual lbs/in.)}}{\text{esfuerzo permisible (lbs/in.}^2)} = \frac{1,950}{9,600} = 0.20 \text{ in.}$$

$$w = 5.08 \text{ mm.}$$



EJEMPLO 5

Determinar el tamaño requerido de la soldadura de filete para la mensula mostrada en la figura, para transmitir una carga de 18,000 lbs.



Solución

PASO 1.- Hallar las propiedades de la soldadura tratandola como línea.

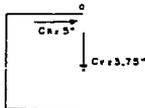
$$N_y = \frac{b^2}{2b + b} = \frac{(5)^2}{2(5) + 10} = 1.25 \text{ in.}$$

$$J_w = \frac{(2b + d)3}{12} = \frac{b^2 (b+d)^2}{2b + b}$$

$$J_w = \frac{(2 \times 5 + 10)3}{12} = \frac{5^2 \times (5 + 10)^2}{2(5) + 10} = 385.42 \text{ in.}^3$$

$$A_w = 20.00 \text{ in.}$$

PASO 2.- Hallar las varias fuerzas en la soldadura insertando las propiedades de la soldadura establecidas anteriormente. En el punto a es donde la combinación de fuerzas es máxima. La fuerza es igual a la suma de las componentes vertical y horizontal para tener un valor correcto, ver dibujo.



Torsión (componente horizontal)

$$f_{th} = \frac{T_{ch}}{J_w} = \frac{(180,000)(5.00)}{385.42 \text{ in.}^3} = 2,335 \text{ lbs/in.}$$

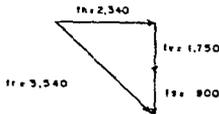
Torsión (componente vertical)

$$f_{tv} = \frac{T_{cv}}{J_w} = \frac{(180,000)(3.75)}{385.42 \text{ in.}^3} = 1,751 \text{ lbs/in.}$$

Cortante vertical

$$f_v = \frac{V}{A_w} = \frac{18,000.00}{20.00 \text{ in.}} = 900.00 \text{ lbs/in.}$$

PASO 3.- Determinar la fuerza resultante actual y la fuerza permisible en la soldadura.



$$f_r = \sqrt{f_{th}^2 + (f_{tv} + f_v)^2}$$

$$f_r = \sqrt{(2,335.11)^2 + [(1,751.34) + (900.00)]^2}$$

$$f_r = 3,533 \text{ lbs/in. (fuerza resultante actual)}$$

PASO 4.- El nuevo tamaño de la pierna de la soldadura de filete al rededor del centro puede ser determinado como :

$$w = \frac{\text{fuerza actual (lbs/in.)}}{\text{esfuerzo permisible (lbs/in.}^2)} = \frac{3,533}{11,200} = 0.32 \text{ in.}$$

$$w = 8.13 \text{ mm.}$$

EJEMPLO 6

Uno de los problemas que se presentan en la práctica es el poder determinar la cantidad de metal de aporte en una conexión o en una junta. Esto se puede estimar de una manera real de la siguiente manera :

- 1.- Se calculará el Área y el volumen de la junta según el diseño de esta.
- 2.- Este volumen se multiplica por el peso del acero que tiene un valor de 7,800 kg,m<sup>3</sup>.
- 3.- El valor obtenido del producto de los incisos 1 y 2 se multiplica por dos, que representa un 100 % por la siguiente observación, en la soldadura común solo se aprovecha del 60% al 80 % del electrodo ( cordón depositado ), pues el resto se pierde en la escoria que se forma, las salpicaduras y la coque que se deja.

El peso de soldadura de taller y de campo se basan sobre el peso bruto de los electrodos requeridos para hacer la soldadura calculados como sigue:

- 1.- Las soldaduras de chaflán de lados iguales se calcularán por el peso de acuerdo con la siguiente tabla:

PESO PARA SOLDADURAS DE CHAFLAN

Dimensión de la soldadura en mm.	Total de electrodo en bruto requerido en kilos por metro de soldadura (**)	
	Soldadura continua	Soldadura intermitente (**)
3	0.12	0.13
5	0.22	0.25
6	0.37	0.42
8	0.53	0.59
10	0.74	0.82
13	1.23	1.35
16	1.86	2.09
19	2.60	2.90
22	3.50	3.87
25	4.46	4.91

- 2.- Para chaflanes de lados desiguales se multiplica el valor correspondiente al lado menor con la relación:

$$\frac{\text{lado mayor}}{\text{lado menor}}$$

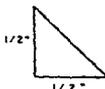
- 3.- Para todas las soldaduras de ranura se calculará el peso del electrodo agregando 100 % al peso basado sobre la sección transversal neta y su longitud. El volumen teórico de una ranura rectangular con abertura de raíz igual a cero, se calcula como si tuviera una abertura de 0.8 mm.

(\*\*) Longitud neta según indicación en los dibujos, excluyendo los extremos donde empieza y termina la soldadura.

(\*) Longitud de la soldadura menor de 32 veces del tamaño especificado.

Para mostrar lo anterior se hará el siguiente ejemplo numerico.

Calcular la cantidad de material de aporte por metro lineal de una soldadura de filete de 1/2" de espesor en ambos lados.



1.- Se calcula el área del triángulo.

$$A = \frac{a \times b}{2} = \frac{1.27 \times 1.27}{2} = 1.27 \text{ cm}^2$$

2.- Ahora se calcula el volumen.

$$V = A \times 100 \text{ cm.} = 1.27 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm.} = 127 \text{ cm}^3/\text{m.}$$

3.- En seguida el peso.

$$W = \frac{127 \text{ cm}^3/\text{m.}}{1,000,000 \text{ cm}^3/\text{m}^3} \times 7,800 \text{ kg}/\text{m}^3 = 0.9906 \text{ kg}/\text{m.}$$

4.- Considerando el 100 % de desperdicio por los conceptos mencionados anteriormente tenemos.

$$Wt = W \times 2 = 0.9906 \text{ kg}/\text{m.} = 1.9812 \text{ kg}/\text{m.}$$

que corresponde al valor que se marca en la tabla anterior.

## 6 .- BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- 1 .- DESIGN OF WELDMENTS  
OMER W. BLODGETT  
LINCOLN ELECTRIC COMPANY
- 2 .- PROCEDURE HANBOOK OF ARC  
WELDING, DESIGN AND PRACTICE  
LINCOLN ELECTRIC COMPANY
- 3 .- SOLDADURA ELECTRICA MANUAL  
MASSIMO VLADMIRO PIREDDA C.  
ED. LIMUSA
- 4 .- SOLDADURA POR GAS  
A. RUIZ MIJAREZ  
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE ING.
- 5 .- ELECTROSOLDADURA  
A. RUIZ MIJAREZ  
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE ING.
- 6 .- DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO  
BRESLER BORIS  
ED. LIMUSA
- 7 .- MANUAL DE CONSTRUCCION EN ACERO  
I.M.C.A
- 8 .- MANUAL DEL CONSTRUCTOR  
FUNDIDORA MONTERREY
- 9 .- THE SCIENCE AND PRACTICE OF WELDING  
W. J. PATTON