

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

FEB 2019



INFORME FINAL

PROYECTO DEL TEXTO

“TEXTO: INGENIERÍA DE LA SOLDADURA”

VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE

(01 de junio del 2016 al 31 de mayo del 2018).

RESOLUCIÓN RECTORAL N° 544-2016-R.

Callao, agosto del 2018

I.	INDICE	1
II.	PROLOGO.	4
III.	INTRODUCCIÓN.	5
IV.	CUERPO DEL TEXTO O CONTENIDO.	6
	CAPÍTULO 1	6
	FUNDAMENTOS DE LA SOLDADURA.	6
1.1.	Principales fundamentos de la soldadura.	6
1.2.	Fundamentos de la soldadura.	6
1.2.1.	Características de la soldadura fuerte.	7
1.2.2.	La soldadura oxiacetilénica.	8
1.2.3.	Soldadura por resistencia eléctrica.	10
	CAPÍTULO 2	13
	INGENIERÍA DE LA SOLDADURA	13
2.1.	Acción del fluido eléctrico.	13
2.2.	Tensión, corriente y resistencia.	15
2.3.	Tipos del fluido eléctrico.	17
2.3.1.	Diagrama de tensión vs la intensidad (V-I)	18
2.3.2.	Fuentes de poder en la soldadura.	20
2.3.3.	Ciclos de operatividad en la soldadura.	28
	CAPITULO 3	44
	FUNDAMENTOS DE LA MÁQUINA PARA SOLDAR	44
3.1.	Generalidades	44
3.2.	Diferentes Tipos de Soldadura.	44
3.1.1.	Soldadura Autógena	45
3.1.2.	Soldadura por Arco Eléctrico	45
3.3.	Capacidad de la corriente eléctrica.	49
3.3.1.	Cordón de soldadura	49
3.3.2.	Clasificación del cordón de soldadura.	51
3.3.3.	Unión de la carga aplicada.	53
	CAPÍTULO 4	57

SOLDABILIDAD DE ELEMENTOS METÁLICOS.	57
4.1. Soldadura Heterogénea.	57
4.1.1. Soldadura Blanda:	57
4.1.2. Soldadura oxiacetilénica	58
4.1.3. Soldadura eléctrica por arco voltaico.	59
4.1.4. Sistema de soldadura	60
4.1.5. Análisis tensiones nominales en uniones soldadas	67
4.1.6. Procesos de soldadura.	71
4.1.7. Tensiones de operatividad de la soldadura.	72
4.2. Análisis de la deposición de la soldadura	73
4.2.1. Teoría de los materiales.	75
4.2.2. Máquina de soldadura al arco eléctrica.	78
4.2.3. Llama oxiacetilénica.	83
CAPITULO 5	97
ANÁLISIS DE LA SOLDADURA	97
5.1. Soldadura por fusión.	97
5.2. Clasificación de los tipos de soldadura	98
5.3. Soldadura Heterogénea	99
5.3.1. Soldadura blanda	99
5.3.2. Soldadura fuerte	101
5.3.3. Fundamentos de la Soldadura por soplete manual	101
5.3.4. Arco Eléctrico	103
5.3.5. Electrodo de auto contacto de gran rendimiento	108
5.3.6. Normalización según ISO y AWS	109
5.3.7. Electrodo con revestimiento.	113
5.3.8. Accesorios del equipo de operatividad	123
5.4. Máquina de soldar (generador)	128
5.5. Equipo básico de TIG o GTAW	141
5.5.1. Gases de soldadura TIG	150
5.5.2. Selección de los Parámetros de Soldadura	160
5.5.3. Soldadura MIG/MAG	163

5.5.4. Proceso de Soldadura MIG/MAG	171
5.5.5. Operación del equipo para soldar con oxiacetilénico	181
CAPÍTULO 6	216
MÁQUINA DE SOLDAR	216
6.1. Descripción fundamental de la soldadura.	216
6.1.1. Pruebas aplicadas a la soldadura.	217
6.1.2. Ensayos o pruebas no-destructivas.	218
6.2. Principales uniones de soldadura.	220
6.2.1. Pruebas aplicadas a la soldadura.	221
Caso de Carga	223
6.2.2. Análisis y tensiones en uniones soldadas.	224
6.2.3. Análisis y planteamiento de la soldadura.	228
6.2.4. Procesos básicos en soldadura.	228
6.2.5. Análisis axiomático en la deposición a soldar	230
6.3. Cerchas estructurales.	235
V. REFERENCIALES.	249
VI. APÉNDICES:	251
VI. ANEXOS.	262

II. PROLOGO.

La ingeniería de la soldadura es una propuesta en el presente texto, para sugerir a los profesionales, técnicos y estudiantes, en lo que la tecnología nos brinda y requiere en su circunstancia del acto, es un concepto moderno añadiendo un nuevo concepto en la fusión de los materiales seleccionados. Por tanto, la ingeniería se transforma en el "ente" que liga y convierte la naturaleza para la satisfacción de las todas las personas. Razón de ello la ingeniería mecánica aplicada a los fundamentos del conocimiento científico, ello es para solucionar los problemas de la humanidad; entonces la ingeniería de la soldadura es una ciencia aplicada, que encontrando un plan funcional y significativo a los problemas los resuelve, a este plan significativo y funcional se le conoce como nuestra presentación: "Texto: Ingeniería de la Soldadura".

El presente texto está dirigido para profesionales, técnicos y estudiantes que se inician en la ciencia de la soldadura, considerando que dichos usuarios deberán han cubierto estudios básicos de matemáticas e ingeniería básica. Orientado a aplicar los fundamentos de ingeniería de manufactura a casos prácticos de la soldadura de elementos de máquinas o mecánicos que puedan lograr obtener soluciones funcionales y económicamente factibles.

Durante el desarrollo del presente texto se emplean procedimientos definidos en las soluciones de algunos problemas ilustrativos, empleando métodos numéricos y gráficos tratando que los profesionales, técnicos y estudiantes puedan usar indicados requerimientos como un ejemplo en las soluciones técnicas o problemas tratados en cualquier otro texto propuesto y en la presente obra que se constituyen.

III. INTRODUCCIÓN.

La ingeniería de la soldadura es uno de los procesos de transformación más conocidos y que propone en la unión de dos materiales que en la mayoría de los casos son metales de la misma cualidad a través de un proceso de fusión (también conocido como coalescencia: Propiedad de las cosas para unirse por soldadura). Este proceso de soldadura se produce a través de la fusión de ambas piezas (pudiendo agregarse en este momento algún tipo de material de relleno con electrodo). Una vez que se produce el enfriamiento de la fusión, se convierte en una unión fija entre ambos materiales.

Una de las principales fuentes de energía que requiere la soldadura es la energía eléctrica y mecánica respectivamente.

En el capítulo inicial se detallan básicamente conceptos acerca de lo que es ingeniería, ciencia y proyecto, además de las características de los materiales a utilizar, en el capítulo dos y tres tratan de la mecánica de los materiales, fenómenos que ocurren en ellos teniendo en cuenta determinadas cargas y esfuerzos a los que están sometidos, en el capítulo cuatro se detallan fenómenos físicos ocurridos en una estructura primordial en ingeniería mecánica como son las vigas, en tanto en el cinco, se detallan cargas y esfuerzos existentes en elementos de unión como soldadura, en el capítulo seis tenemos elementos que recuperan su estado inicial después de haber sido deformados a causa de una carga o esfuerzo llamados mecánicos, así como sus diferentes tipos y condiciones a los que trabajan, el capítulo final trata de elementos flexibles que primordialmente transmiten movimiento y potencia, hablamos entonces de aplicaciones, se estudia las fuerzas existentes en la hora de su operatividad, además de los materiales con los que son fabricados por soldadura.

IV. CUERPO DEL TEXTO O CONTENIDO.

CAPÍTULO 1 FUNDAMENTOS DE LA SOLDADURA.

1.1. Principales fundamentos de la soldadura.

Antes de nada, es importante diferenciar los dos tipos de soldadura existentes dependiendo del material de aporte, que son los materiales que se utilizan para formar un cordón de soldadura de buena calidad. De modo que, en función de este material, podemos destacar dos formas de soldadura: homogénea o heterogénea. [5]

Soldadura con material de aportación.

Existen dos tipos de soldadura para materiales metálicos que varían en función del material de aportación:

Soldadura homogénea

Es el tipo de soldadura en el que no se emplea el conocido como material de aportación o, si se emplea, es del mismo material que las piezas que van a unirse.

Es decir, para que la soldadura sea homogénea si se emplea material de aportación, se requiere que éste sea del mismo tipo que el material de las piezas en cuestión.

Soldadura heterogénea

Es la soldadura que se realiza entre materiales o metales de distinto tipo o aquella en la que, a pesar de que los metales son del mismo tipo, el material de aportación es de diferente naturaleza.

1.2. Fundamentos de la soldadura.

Soldadura fuerte.

La soldadura fuerte es un tipo de soldadura térmica en la que un material de aportación por fusión se introduce en el agujero o punto de unión de los metales. Los metales de aportación para este tipo de soldadura superan una temperatura de más 3000°C (los metales de aporte en este tipo de soldadura siempre superan los 450°C), aunque esta temperatura es inferior a la de los metales que son objeto de la soldadura.

Como ventaja principal podemos destacar que, en este tipo de soldadura, si se emplea el metal de aportación adecuado, la unión producida entre ambos metales será muy resistente, más incluso que el metal de estos materiales.

Es en las soldaduras por gas en las que el oxígeno actuará como agente inflamatorio, mientras que como combustible se podrán emplear otro tipo de gases, como por ejemplo el butano, el propano e incluso el acetileno y el uso de uno u otro dependerán del tipo de aplicación.

1.2.1. Características de la soldadura fuerte.

- **Aplicaciones:** Se emplea sobre todo para uniones entre metales como bronce, acero, plata, latón o cobre
- **Tipo:** La soldadura fuerte es un tipo de soldadura heterogénea
- **Materiales de aportación:** El material de aportación más común es el latón, aunque también se puede emplear el cobre.
- **Temperatura:** La soldadura fuerte alcanza una temperatura de ochocientos grados centígrados.
- **Herramienta:** Se emplea el soplete de gas como herramienta principal.

La principal diferencia entre la soldadura blanda y la soldadura fuerte es la temperatura de fusión del material de aportación. Es

decir, en el caso de la soldadura blanda, la temperatura de fusión del material de aporte es inferior a los cuatrocientos cincuenta grados, mientras que en la soldadura fuerte, la temperatura del metal de aportación es superior a esta temperatura.

Características de la soldadura blanda

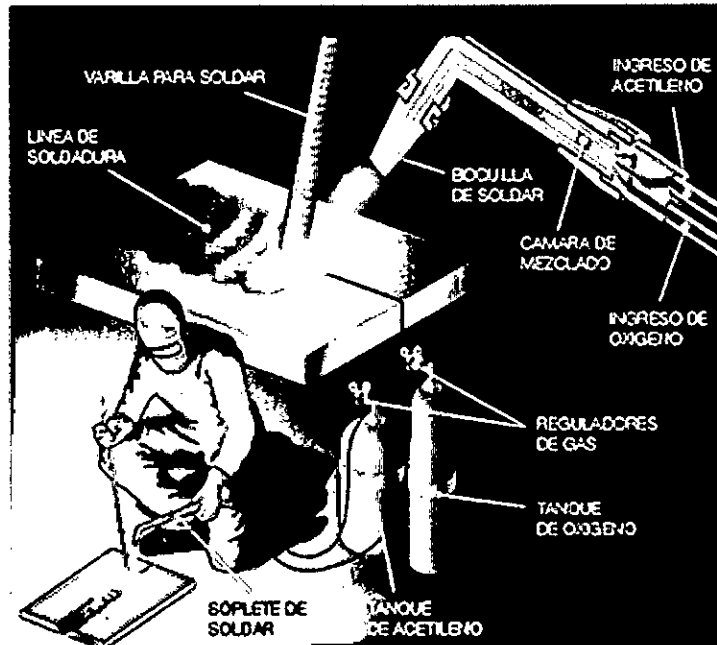
- **Aplicaciones:** La soldadura blanda tiene muchísimas aplicaciones, desde la creación de juguetes hasta incluso la fabricación de motores. Aunque su aplicación más común es la unión de pequeñas piezas de diferentes materiales.
- **Tipo:** La soldadura blanda es heterogénea, dado que se unen materiales de diferente naturaleza.
- **Materiales de aportación:** La aleación de estaño es el material de aporte más común en este tipo de soldadura, aunque se utiliza, también, el plomo.
- **Temperatura:** La temperatura puede alcanzar los 400 °C
- **Herramienta:** La herramienta más utilizada en la soldadura blanda es el soldador eléctrico.

1.2.2. La soldadura oxiacetilénica.

Es una de las soldaduras conocidas como autógenas y se puede realizar como soldadura homogénea y, también, como soldadura heterogénea.

Es decir es un tipo de soldadura en el que el material de aporte puede ser el mismo que el del metal base (homogénea) o diferente al metal de aporte (heterogénea) o puede realizarse sin material de aporte (soldadura autógena).

FIGURA N° 1.1.
SOLDADURA OXIACETILÉNICA



Fuente: Elaboración propia.

Características de la soldadura oxiacetilénica

- **Aplicaciones:** Se aplica en soldaduras "grandes". Es decir, se suele emplear en soldaduras relativas a la construcción, automovilismo o incluso la industria naval.
- **Tipo:** La soldadura oxiacetilénica, como hemos comentado, puede ser tanto heterogénea como homogénea (incluso autógena).
- **Materiales de aportación:** Se emplea el mismo material de aporte, diferente o no emplear material de aporte
- **Temperatura:** La temperatura en la soldadura oxiacetilénica puede superar los 3.000 °C
- **Herramienta:** En este tipo de soldadura se emplea el soplete oxiacetilénico, que consigue que no se propague el calor, logrando una fusión rápida. Y para ello emplea el oxígeno como agente inflamatorio y el acetileno como fuente de combustible

1.2.3. Soldadura por resistencia eléctrica.

Características de este tipo de soldadura

- **Aplicaciones:** Es un tipo de soldadura realmente importante en la actualidad, sobre todo en la industria del día de hoy, ya que es una soldadura que se utiliza con materiales como la chapa fina. Se utiliza para los electrodomésticos de casa, para la carrocería de los vehículos o en otro tipo de sectores, como en la industria juguetera, por ejemplo.
- **Tipo:** La soldadura por resistencia eléctrica es homogénea
- **Materiales de aporte:** No se emplea material de aporte
- **Temperatura:** La temperatura de la soldadura por resistencia eléctrica varía en función de la temperatura de fusión de los materiales que son objeto de la soldadura.
- **Herramienta:** La herramienta varía en función del tipo de soldadura por resistencia eléctrica ya sea esta por puntos, por inducción o por arco eléctrico.

En estos tres procesos de soldadura el calor se produce cuando la electricidad pasa a través de las piezas que se van a unir. Para cada tipo de soldadura se emplean diferentes máquinas. Vamos a ver estos tres tipos de soldadura por resistencia eléctrica.

Soldadura por puntos eléctrica.

La soldadura por puntos supone el proceso de soldado por resistencia que utiliza la presión y la temperatura como método de unión entre las piezas, es decir, se calientan las piezas con la corriente eléctrica hasta temperaturas próximas a la fusión, para después ejercer presión sobre las piezas, lo que provoca la unión de las mismas.

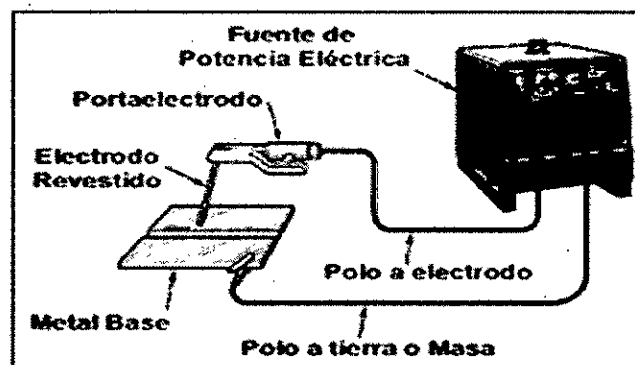
Es un tipo de soldadura que se emplea, sobre todo, en placas de chapa o metálicas que tengan un espesor de entre 0,3 y 0,5

milímetros, de todos los tipos de soldadura por resistencia, este es el más complejo y, por esto, si queréis más información podéis leer este artículo sobre la soldadura por puntos.

Soldadura por inducción

La soldadura por inducción o también conocida como soldadura por costura es una variación de la soldadura por puntos y aunque se basa en el mismo sistema que la soldadura anterior, la diferencia principal es que en ésta, se cambian las puntas de los electrodos por rodillos.

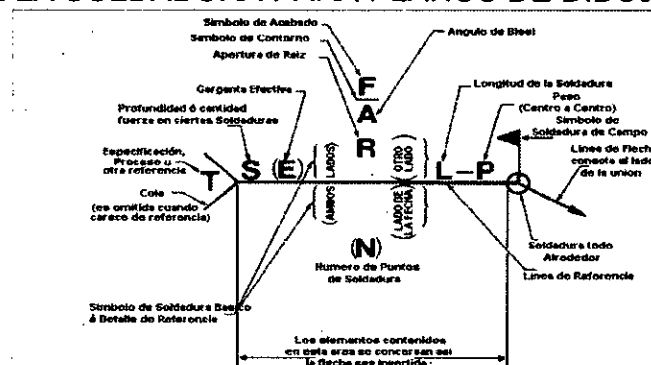
FIGURA Nº 1.2.
PROCESO DE SOLDADURA ELÉCTRICA.



Fuente: Elaboración propia.

Soldadura por arco eléctrico

FIGURA Nº 1.3.
SÍMBOLO DE LA SOLDADURA PARA PLANOS DE DIBUJO MECÁNICO



Fuente: Oerlikon.

FIGURA N° 1.4.
SIMBOLOGÍA DEL PROCESO DE SOLDADURA.

Denominación	Soldadura representada	Símbolo	Denominación	Soldadura representada	Símbolo
Soldadura de borde			Soldadura a tope con bisel simple y talón grande		
Soldadura a tope con bisel plano			Soldadura a tope con chaflán en U simple		
Soldadura a tope con chaflán en V simple			Soldadura a tope con chaflán en J simple		
Soldadura a tope con bisel simple			Soldadura de reverso o soldadura de respaldos		
Soldadura a tope en V y talón grande			Soldadura en ángulo		

Fuente: Oerlikon.

Este tipo de soldadura se realiza con un electrodo revestido y como característica principal destaca la creación de un arco eléctrico entre una varilla metálica conocida como electrodo o electrodo revestido y la pieza que es objeto de la soldadura.

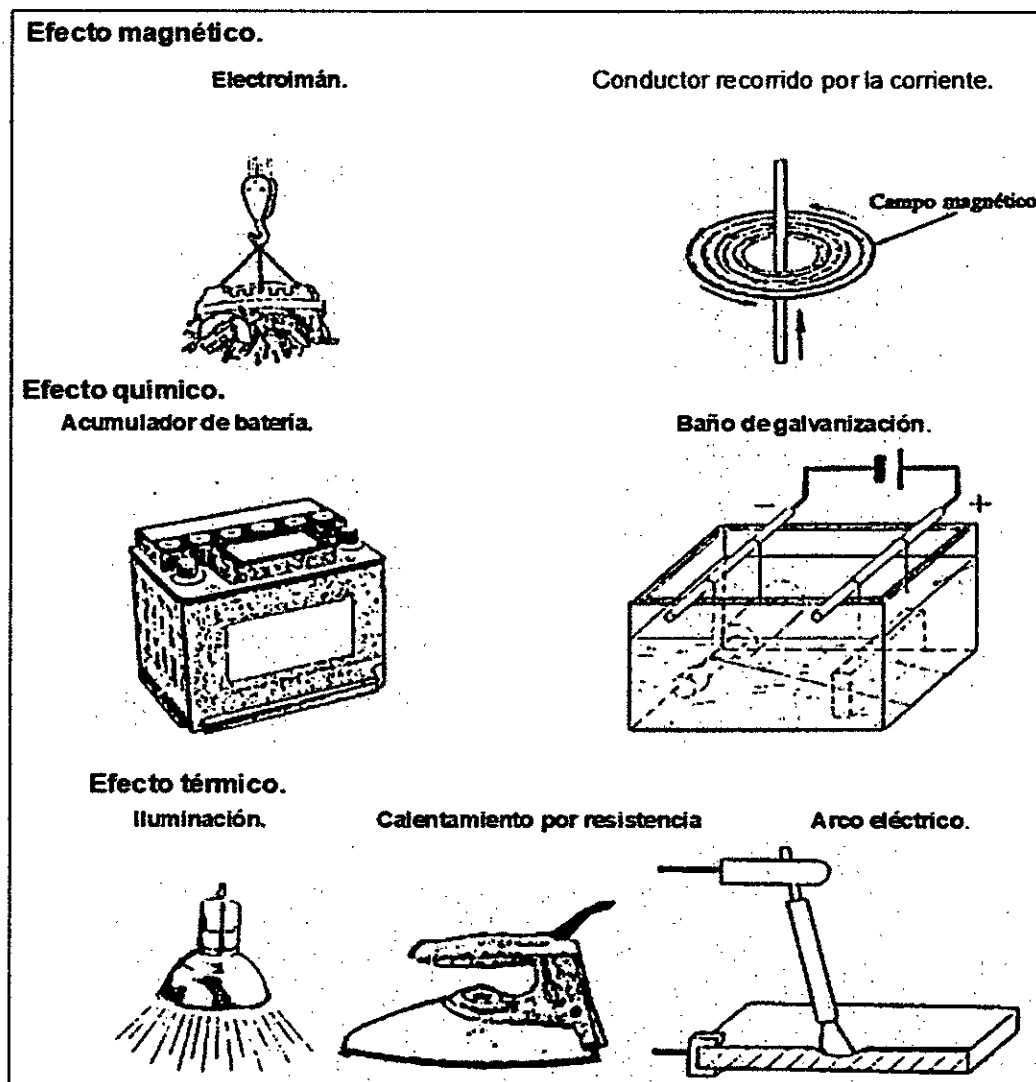
CAPÍTULO 2

INGENIERÍA DE LA SOLDADURA

2.1. Acción del fluido eléctrico.

Por la acción del fluido eléctrica proporcionado por diversos mecanismos, podemos obtener la derivación de la corriente eléctrica para diversos efectos, para la propuesta siguiente [1]:

FIGURA Nº 2.1.
FUENTES ELÉCTRICAS

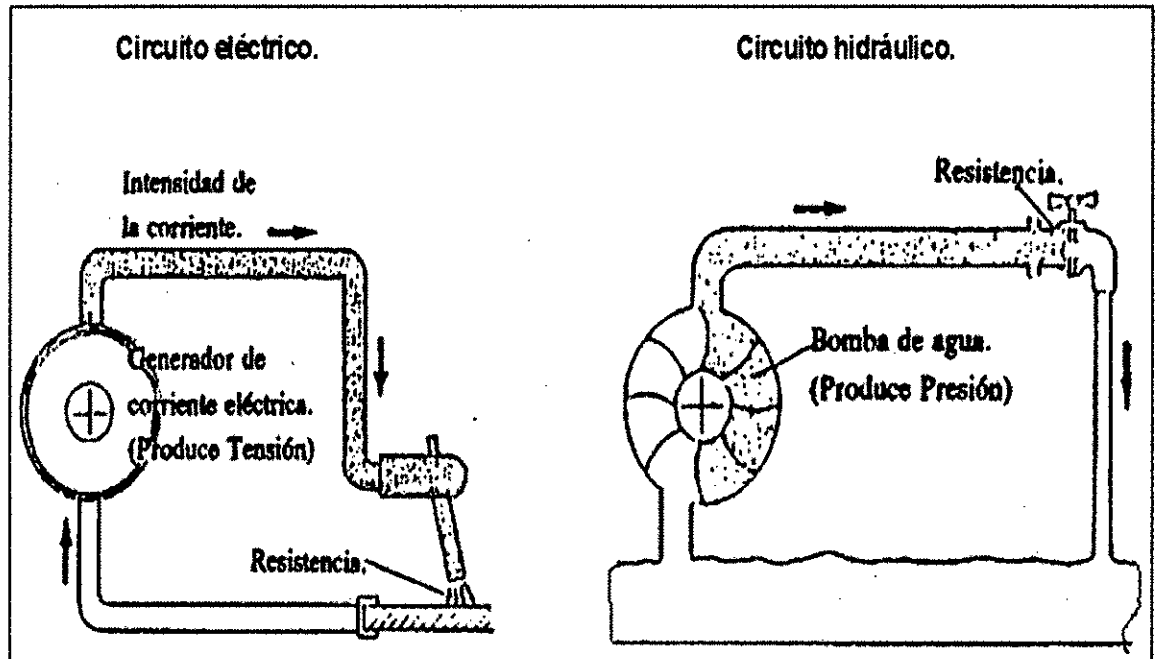


Fuente: Elaboración propia.

Circuito del fluido eléctrico e hidráulico.

Comparación entre los circuitos de mayor importancia:

FIGURA N° 2.2.
CIRCUITOS DEL SISTEMA



Fuente: Elaboración propia.

TABLA. 2.1.
Verificación entre los circuitos.

Circuitos.		Símbolo.	Unidad.
Hidráulico.	Eléctrico.		
Presión.	Tensión.	"V"	v - volt.
Volumen circulante.	Intensidad de la corriente.	"I"	a - amperio.
Oposición al flujo.	Resistencia eléctrica.	"R"	Ω - ohm.

Fuente: FIME-UNAC (2010); Elaboración propia.

La intensidad la corriente es igual a la tensión dividida por la resistencia:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1.1)$$

2.2. Tensión, corriente y resistencia.

Circuito Hidráulico.

La presión de un flujo hidráulico puede ser obtenida por medio de la fuerza motriz que acciona una bomba; el volumen circulante es el flujo en el tubo conductor; la válvula de paso del agua y todas las otras resistencias relativas de la tubería, reducen el flujo de agua, produciendo una caída de presión.

Circuito Eléctrico.

La fuerza motriz se manifiesta bajo la forma de la tensión (V-volt) a través de un generador de corriente. La corriente eléctrica es obtenida por el desplazamiento de los electrones en el conductor eléctrico; la intensidad de la corriente (I-amperios) es equivalente a un determinado número de electrones circulando por segundo. La intensidad crece con el aumento de la tensión. La resistencia eléctrica (Ω -ohm), es determinada por la resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente como por ejemplo la resistencia de rozamiento del agua en las paredes de la tubería. En cualquiera de las formas que se manifieste la resistencia eléctrica (R) provocara una disminución en la intensidad (I).

Circuito básico de la soldadura.

El circuito básico para soldadura se compone de una fuente de energía de la corriente continua (C.C.) o alterna (C.A.), con los controles necesarios, y conectada a través de un cableado (tierra) a la pieza que deseamos soldar, y por otro cableado a la pinza porta electrodo la cual hace el contacto con la varilla para producir el arco eléctrico para soldar a los materiales por fusión.

Cuando el circuito esta energizado y la punta de la varilla o electrodo tocan al material a ser soldada, aparecerá un destello luminoso, denominado como arco eléctrico, entre la punta del electrodo y la pieza.

El arco eléctrico produce una temperatura de aproximadamente 4000°C en la punta del electrodo, lo que es más que suficiente para fundir tanto el metal base como el electrodo, el mismo que se denomina fusión.

Tipos de corriente eléctrica.

En la soldadura por arco eléctrico se puede emplear, corriente alternada (CA) o corriente continua (CC). Cada tipo de corriente tiene sus características, y su empleo en la soldadura depende de lo que se quiere conseguir a través de ella.

Corriente Continua - En la soldadura con corriente continua la conexión del electrodo o de la pieza a la fuente de poder no es indiferente; como esta corriente es continua, es decir que tiene siempre el mismo sentido de circulación, el terminal o borne del polo positivo será siempre polo positivo y el terminal o borne del polo negativo será siempre negativo.

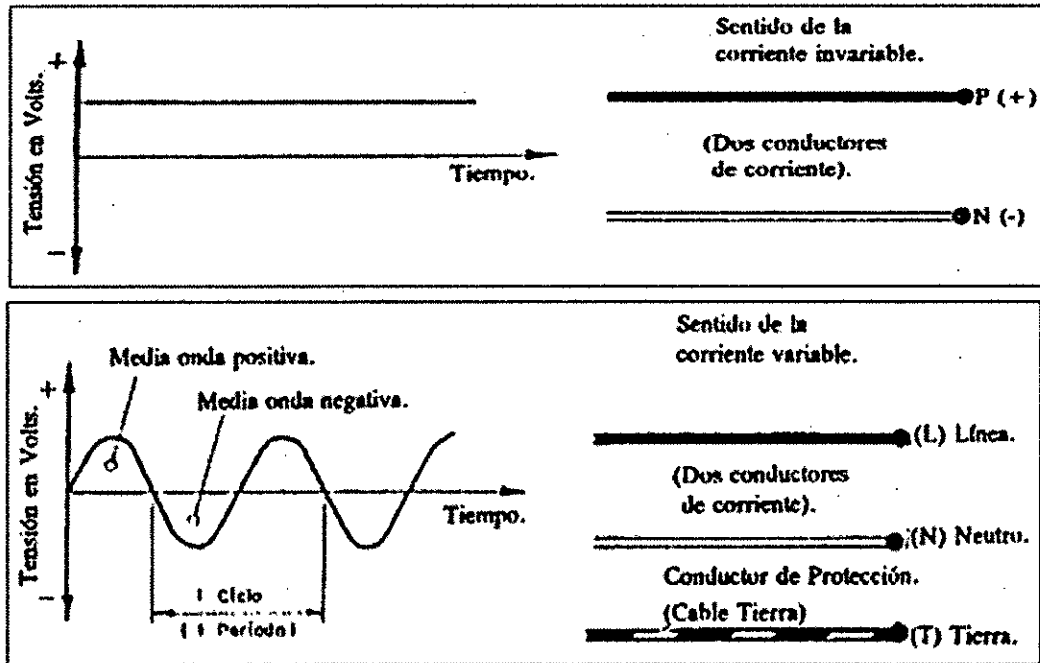
Corriente Alternada - En la corriente alternada, el sentido de circulación cambia alternadamente, en nuestro país cambia 50 veces por segundo, es decir 50 ciclos por segundo; y como cada ciclo tiene dos sentidos, la corriente irá a variar 100 veces por segundo, en consecuencia la polaridad, tanto en la pieza como en el electrodo, cambia 100 veces por segundo. Por tal motivo el electrodo puede conectarse a cualquiera de los dos terminales o bornes de la fuente de energía.

Corriente alternada trifásica - Es una corriente formada por tres ondas alternadas, desfasadas en un tercio del período o ciclo y utilizada principalmente para alimentar máquinas o equipos de gran

potencia o de gran consumo de energía, entre ellas también máquinas de soldadura.

2.3. Tipos del fluido eléctrico.

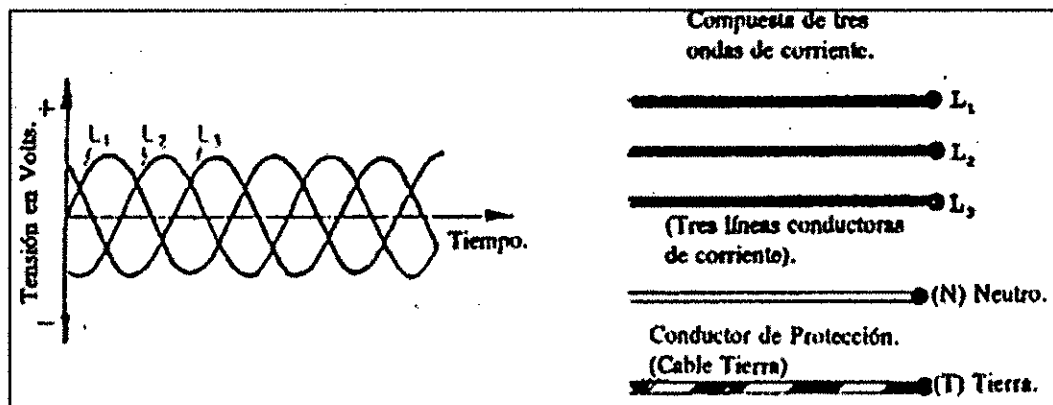
FIGURA Nº 2.3.
CORRIENTE CONTINUA (CC) Y (CA).



Fuente. Elaboración propia.

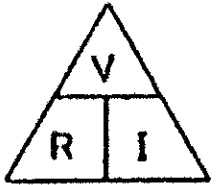
Corriente Alternada Trifásica (CA 3L)

FIGURA Nº 2.4.
CURVA CARACTERÍSTICA DEL ARCO ELÉCTRICO



Fuente. Elaboración propia.

Ley de OHM.

$$V = R \times I$$
$$I = \frac{V}{R} \quad R = \frac{V}{I}$$


Ejemplo:

En un cableado cero alógeno produce una resistencia de $R = 0,2\Omega$.

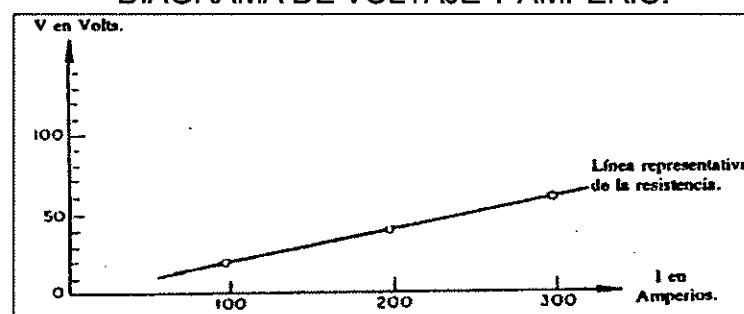
Y, tomemos un valor cualquiera para la resistencia "R" propuesto de: $0,2\Omega$, y variando la intensidad de la corriente "I" calcularemos la tensión "V".

$$V = R \times I$$
$$V = 0,2 \times 100 = 20 \text{ volt.}$$
$$V = 0,2 \times 200 = 40 \text{ volt.}$$
$$V = 0,2 \times 300 = 60 \text{ volt.}$$

2.3.1. Diagrama de tensión vs la intensidad (V-I)

El problema propuesto es mostrado en el gráfico, también puede ser representado por un diagrama V-I (también conocido por diagrama volt-amperio).

FIGURA. Nº 2.5.
DIAGRAMA DE VOLTAJE Y AMPERIO.



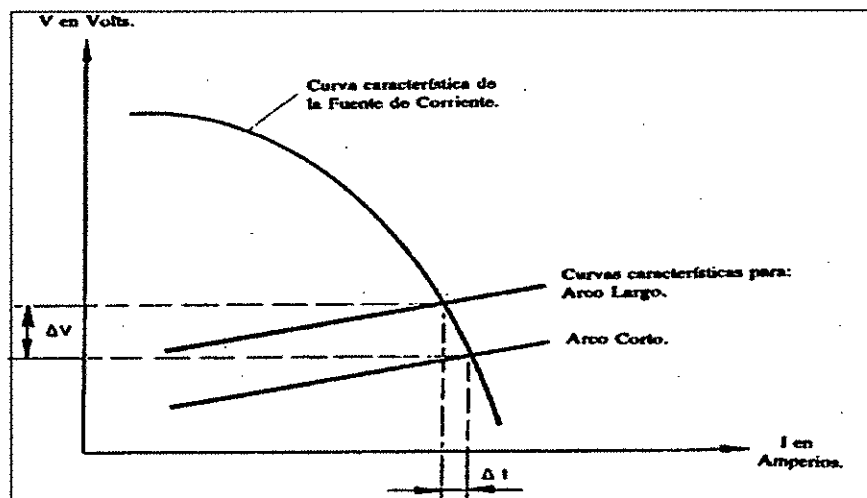
Fuente: Elaboración Propia.

En el mismo diagrama se estableció, la **resistencia** se presenta como una línea recta. Si consideramos la resistencia del arco

eléctrico, esta recta es la línea característica del arco eléctrico en función logarítmica.

Curvas características de las fuentes de poder, como intensidad (I)

FIGURA. Nº 2.6.
CURVA DE LA CORRIENTE CONSTANTE O VOLTAJE VARIABLE.



Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de la soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido, las curvas características de las fuentes de poder de este tipo se presentan con una marcada inclinación 75° , lo que trae como consecuencia la siguiente ventaja:

- Tanto para arcos cortos como para largos, la variación de la intensidad de la corriente es pequeña, lo que implica que cambios moderados en la longitud del arco durante la soldadura no produzcan cambios significativos en la corriente eléctrica.

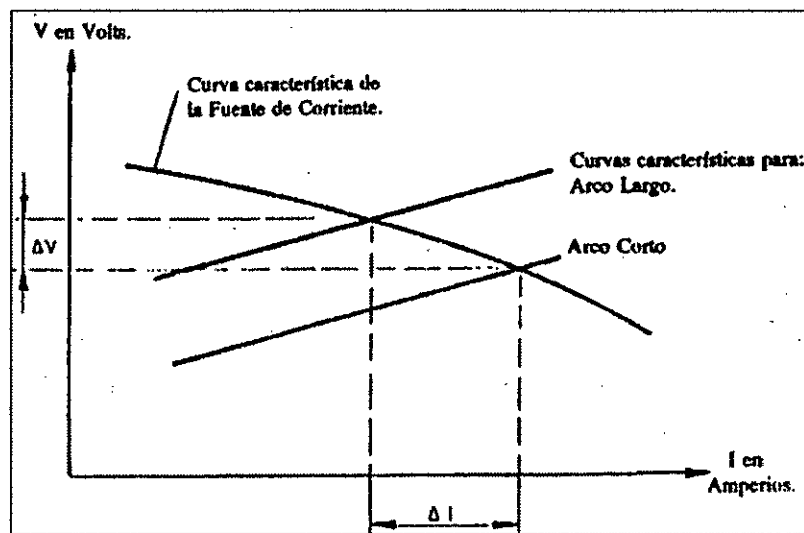
Curvas características de la fuente de poder.

En el proceso de la soldadura automática o semi-automática, la curva característica de la fuente de poder se presenta con una pequeña inclinación, es decir un valor de tensión casi constante; como consecuencia de esto podemos decir que:

Ante la presencia de arcos cortos o largos, la variación de la intensidad de la corriente es grande.

Esto nos indica que las fuentes de poder, para estos procesos, tienen la condición de reajustar automáticamente (regulación interna de la fuente) la longitud del arco, previamente ajustado para un cierto valor.

FIGURA Nº 2.7.
CURVA DE TENSIÓN O VOLTAJE CONSTANTE.



Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. Fuentes de poder en la soldadura.

Tipos de fluido eléctrico.

Generador ————— < Produce ————— < Corriente Continua (CC).

Rectificador ————— < Produce ————— < Corriente Continua (CC).

Transformador ————— < Produce ————— < Corriente Alternada (CA).

Características generales:

La tensión de la soldadura (voltaje) bajo, aproximadamente entre 15 a 80 volts. Corriente de la soldadura (amperaje) alto, aproximadamente de 45 a 450 amperios. Corriente de soldadura regulable.

Protección contra cortos-circuitos.

Pequeña inestabilidad de la corriente eléctrica y del arco durante la soldadura.

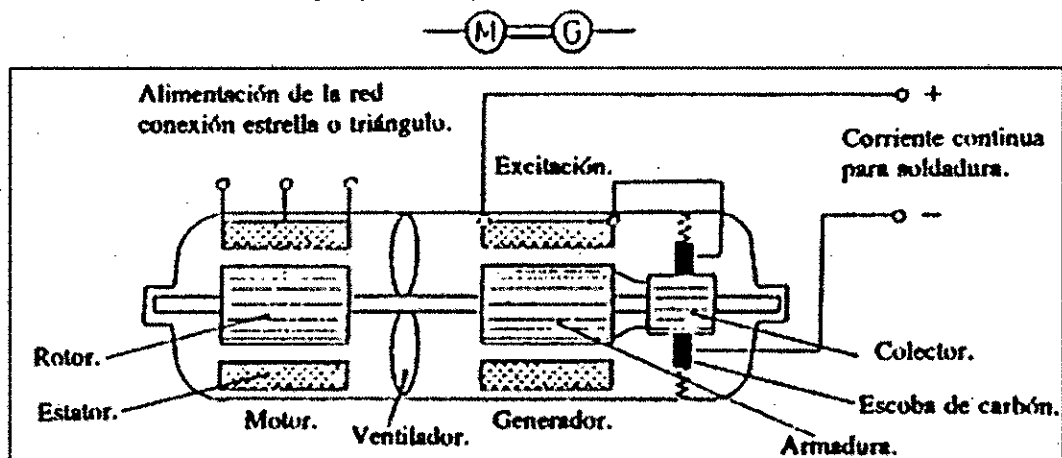
Principio de funcionamiento de un Generador.

Este tipo de máquina nos provee corriente continua (CC), producida por un generador acoplado a un motor eléctrico, a gas o gasolina, u otro medio motriz suficiente para accionar al generador.

Las partes principales de este tipo de máquina son siguientes: el motor para accionar el generador propiamente establecido y el sistema de control referente al sistema de control, en la mayoría de estas máquinas, se presenta integrado por un selector del valor del voltaje de arco abierto y del voltaje de operatividad, y otro para controlar la corriente de la salida.

El símbolo de este tipo de máquina es:

FIGURA Nº 2.8.
MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA



Fuente: Elaboración propia.

Principio de funcionamiento del Transformador.

El transformador es un equipo, que nos entrega corriente alternada, y cuya finalidad es modificar el alto voltaje de línea en bajo voltaje para la soldadura y la baja corriente o amperaje de línea en alta corriente o amperaje de soldadura. Por eso decimos que hay una transformación entre los valores correspondientes al voltaje y amperaje en la entrada y salida de la máquina.

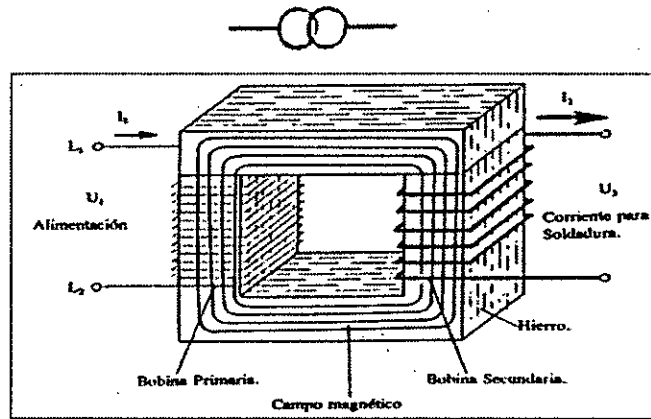
Los principales componentes de un transformador son:

- A) **El núcleo magnético**, que es hecho de chapas de acero al silicio (para evitar pérdidas) y que permite que los efectos obtenidos por la circulación de la corriente en el núcleo primario sean "detectados" y transformados por el secundario.
- B) **-El núcleo primario**, es una bobina confeccionada con un alambre (generalmente de cobre o aluminio), bastante fino y con un elevado número de vueltas o espiras en torno del núcleo.
- C) **El núcleo secundario**, es una bobina confeccionado con un alambre o fleje más grueso que el primario y con un número menor de vueltas o espiras.

Existen varias maneras de obtener el control de la corriente de salida en un transformador, entre las más utilizadas podemos establecer: por desplazamiento del núcleo magnético o por clavijas.

El símbolo del equipo es propuesto en la transformación de la corriente alterna en continua, con la finalidad de elevar la corriente (transformador) es:

FIGURA N° 2.9.
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CONTINUA.



Fuente: Elaboración propia.

Principio del rectificador en la soldadura.

El rectificador están constituido, básicamente, de dos partes básicas una es un transformador trifásico y la otra es un conjunto de elementos denominados "diodos", que hacen que la corriente alternada se convierta o rectifique en corriente continua.

Los elementos rectificadores más conocidos y utilizados en nuestro medio son los diodos de silicio. Los diodos de silicio permiten el pasaje de la corriente en un solo sentido y bloqueándola en sentido contrario. La energía es el trabajo que produce un sistema. En el estudio de circuitos eléctricos sólo tenemos dos variables tensión y corriente. Existe una relación causa efecto. La corriente es consecuencia de que hay una tensión.

$$V = \frac{W}{q}$$

La tensión es una variable fácil de medir, la corriente es más difícil de medir. Es usual medir la corriente de forma indirecta a partir de sus efectos. Los dos casos más simples se basan en que una corriente produce una tensión al atravesar una resistencia y que

produce un campo magnético que induce una tensión en una bobina.

$$W = V * q = V * I * q$$

La tensión es el trabajo por unidad de carga eléctrica y la energía o trabajo debemos conocer simultáneamente la tensión, la corriente y el tiempo durante el que fluye la corriente.

$$V = \frac{W}{q} \Rightarrow W = V * q = V * I * q$$

Si relacionamos la energía con el tiempo obtenemos la potencia debemos saber simultáneamente tensión y corriente. Con la potencia podemos comparar sistemas ya que nos dice la rapidez con que pueden proporcionar trabajo.

$$P = \frac{W}{t} = V * I$$

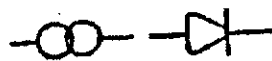
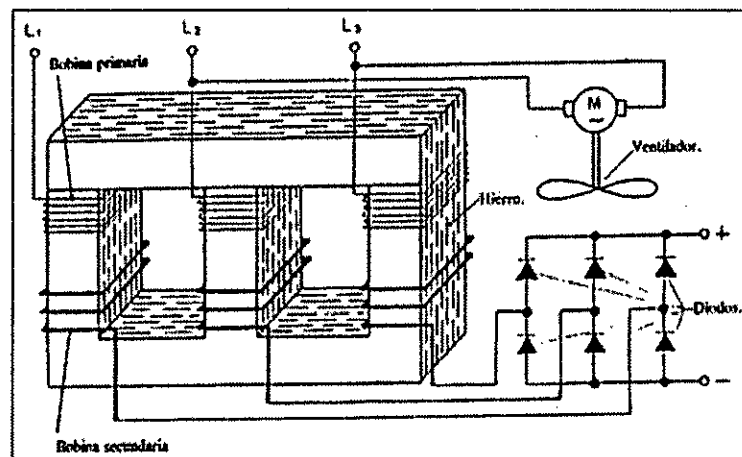


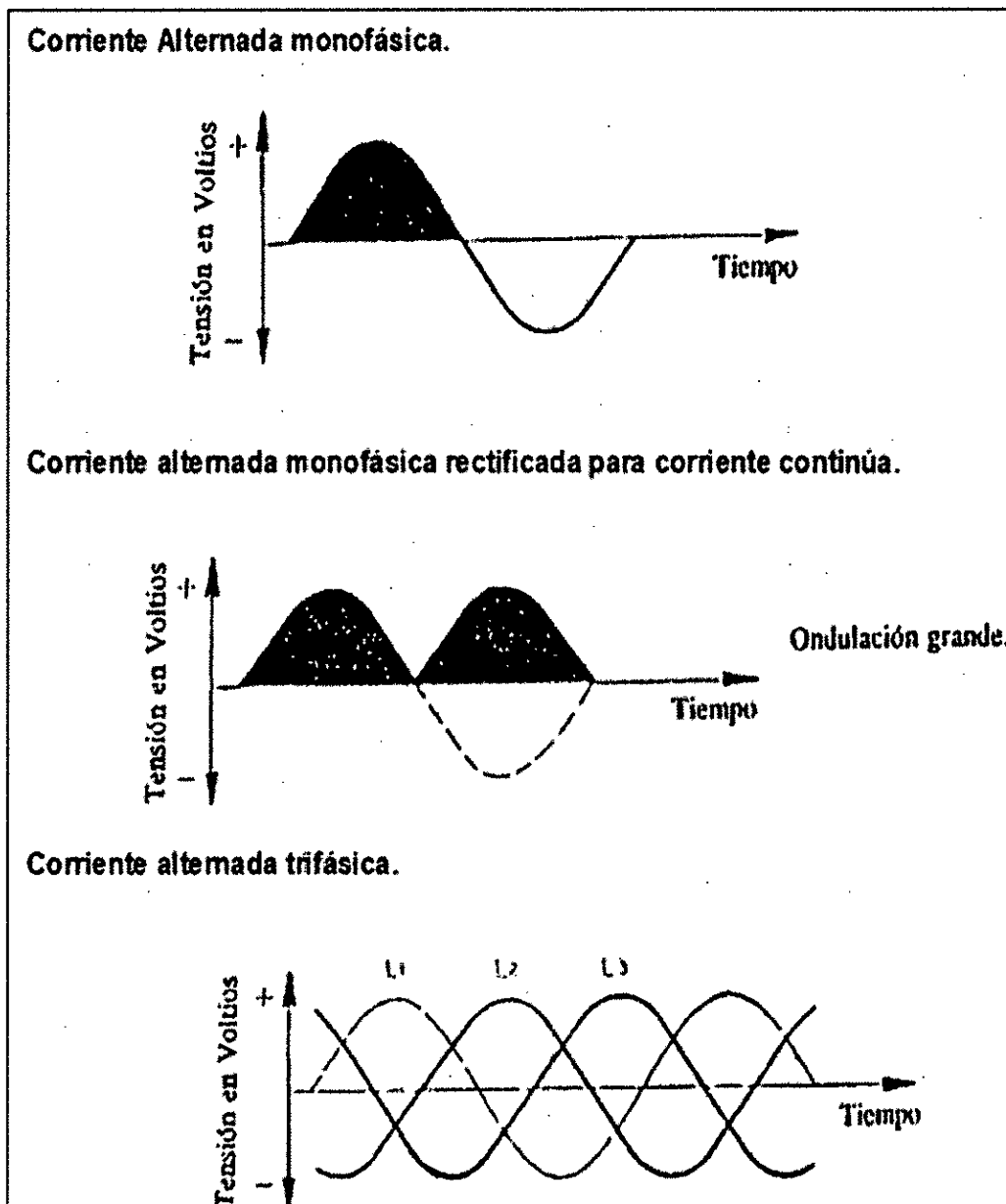
FIGURA Nº 2.10.
RECTIFICADOR DE CORRIENTE CONTINÚA



Fuente: Elaboración propia.

Se ha observado anteriormente que la corriente alternada es aquella que cambia la polaridad constantemente (60 ciclos por segundo), siendo así, podemos decir que los diodos permiten el pasaje de la corriente alternada solo en los semi-ciclos positivos, bloqueándola en los semi-ciclos negativos.

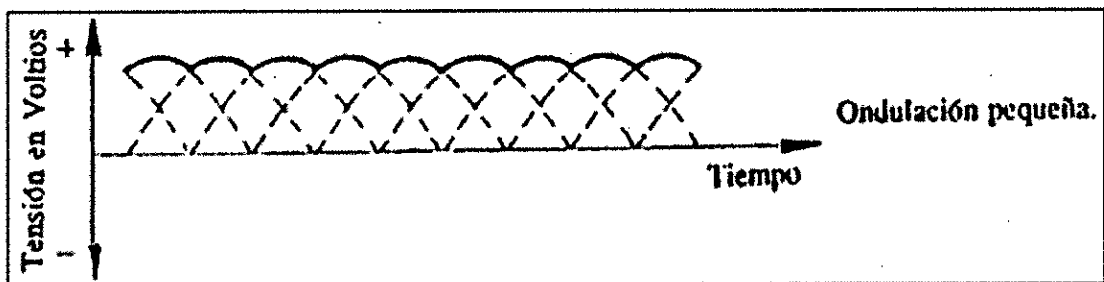
FIGURA Nº 2.11.
PRINCIPIO DE LA CORRIENTE ALTERNADA RECTIFICADA.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto menos esta fuera la ondulación de la corriente de la soldadura, mejor será las condiciones de operatividad para el sistema, por tanto la aportación será excelente. Laca de la máquina para la soldadura.

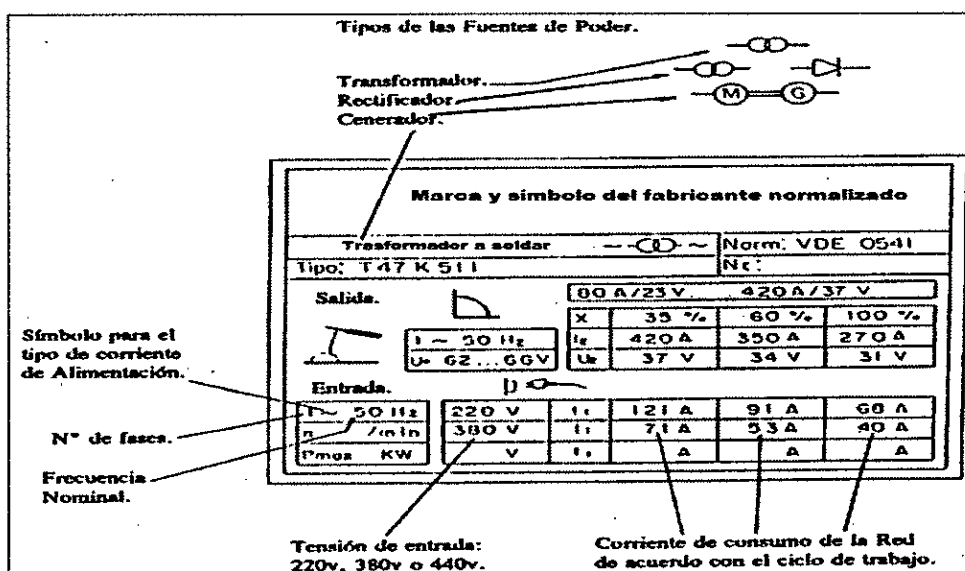
FIGURA Nº 2.12.
CORRIENTE ALTERNADA TRIFÁSICA RECTIFICADA PARA
CORRIENTE CONTINUA.



Fuente: Elaboración propia.

Tomar cuidado con la tensión de la red de alimentación, asegurarse de que todas las conexiones estén bien ajustadas y verificar los fusibles en caso de trabajar con altos amperajes.

FIGURA Nº 2.13.
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PARA LA CONEXIÓN DE LA
MÁQUINA



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 2.14.
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE OPERATIVIDAD EN LA MÁQUINA.

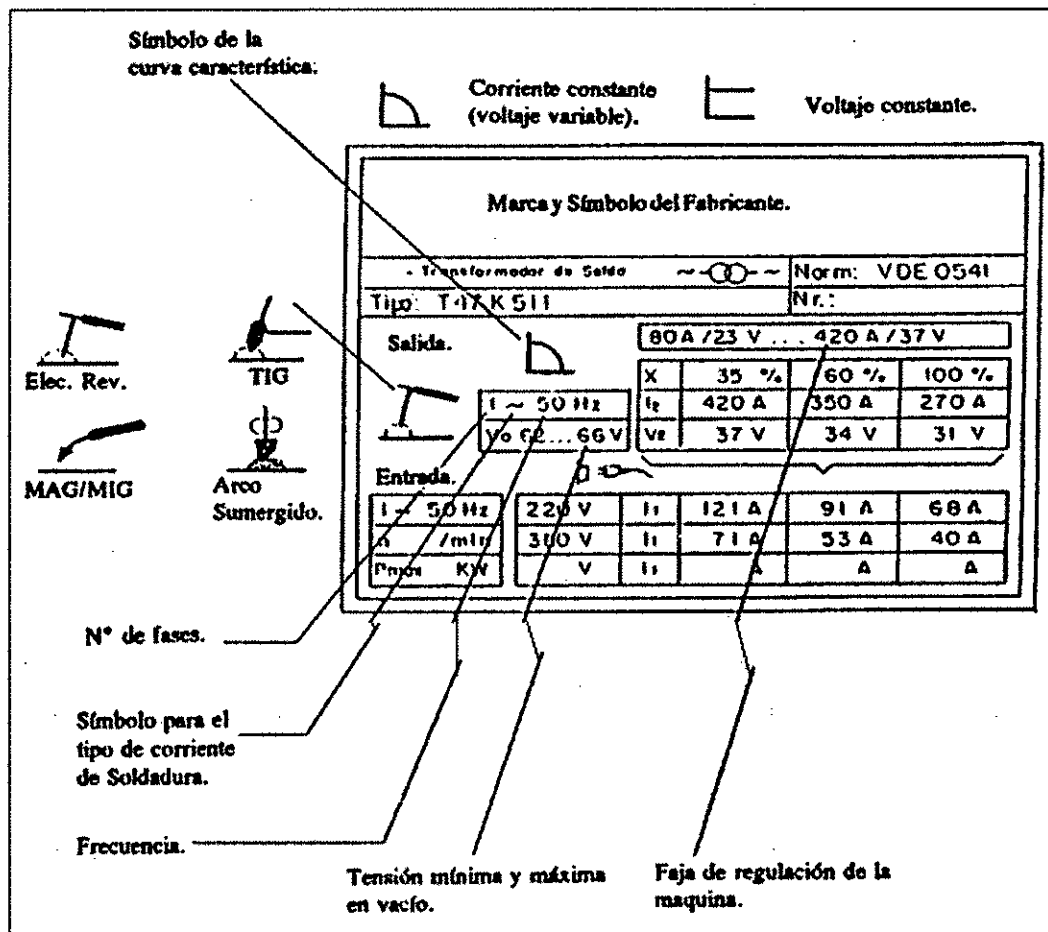


TABLA 2.1.
MÁQUINA DE SOLDAR DE 300A

Transformador para Soldadura. ENTRADA.	Fabricante: X.Y.Z. S.A. SALIDA.
Modelo: SUPERARC - 300.	Corriente Alternada.
Tensión: 220, 380, 440 V.	Corriente Nominal: 180 A.
Corriente: 24, 14, 12 A.	Tensión Nominal: 27 V.
KVA : 5	Ciclo de Operatividad: 20 %
Fases : 1 (monofásico)	Tensión máxima en vacío: 70 V.
Hz. : 50 (ciclos)	Tensión mínima en vacío: 55 V.
	Voltaje en circuito abierto : 72 V.
	Faja de regulación : 50 a 300 A.

Fuente: Elaboración propia.

(La máxima tensión y la corriente permitidas por norma, para cada ciclo de operatividad, será expuesta posteriormente en todos sus fundamentos).

Características eléctricas de la soldadura.

Máquinas para la soldadura:

TABLA N° 2.2.
MÁQUINA DE SOLDAR DE 450A

Rectificador para Soldadura. ENTRADA.	Fabricante: X.Y.Z. s.a. SALIDA.
Modelo: ULTRARC - 450	Corriente Continua.
Tensión : 220, 380, 440 V.	Corriente nominal: 350 A.
Corriente: 33, 19, 16,5 A.	Tensión nominal : 27 V.
KVA : 12,5	Ciclo de Operatividad : 60 al 100 %
Fases : 3 (trifásico)	F. T. Nominal : (cos. β) 4
Hz. : 50 (ciclos)	Tensión máxima en vacío : 42 V.
	Tensión mínima en vacío : 17 V.
	Voltaje en circuito abierto : 80 V.
	Faja de regulación : 35 a 435 A.

Fuente: FIME-UNAC (2010); elaboración propia.

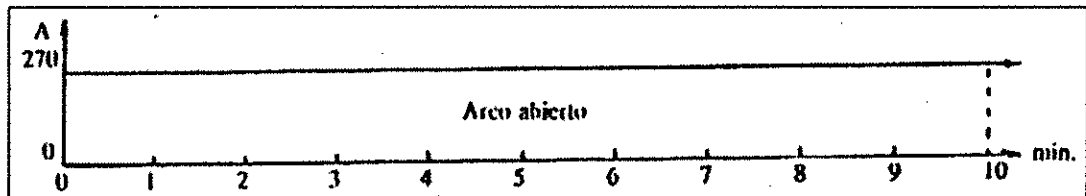
2.3.3. Ciclos de operatividad en la soldadura.

Duración de un ciclo de operatividad.

Toda máquina o fuente de poder para la soldadura solamente podrá ser utilizada dentro de las características para la que fue proyectada, es decir, que si la chapa de datos indica que el ciclo de operatividad es del 100%, esa máquina podrá trabajar en forma ininterrumpida o continua; en cambio si la chapa señala que el ciclo es del 60% solo se podrá trabajar durante 3 de cada 5 minutos, o sea que de cada 5 minutos de operatividad, el arco permanecerá encendido solo 3. (Las

normas europeas toman como base 5 minutos, en cambio las normas NEMA toman 10 minutos).

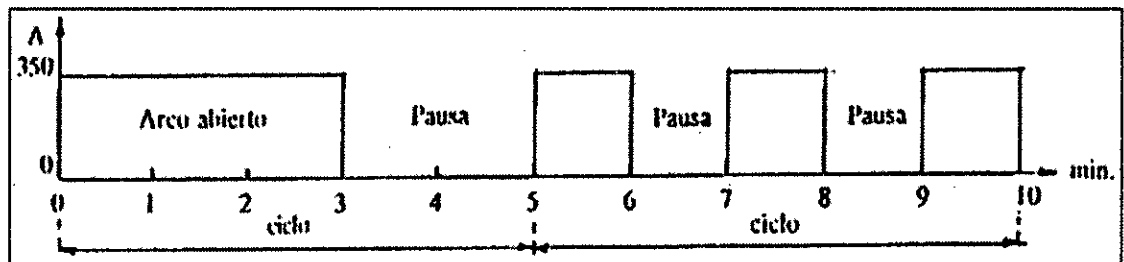
FIGURA N° 2.15.
CICLO DE OPERATIVIDAD AL 100%:



Fuente: Elaboración propia.

Soldadura ininterrumpida durante todo el período de operatividad.

FIGURA N° 2.16.
CICLO DE OPERATIVIDAD AL 60%:

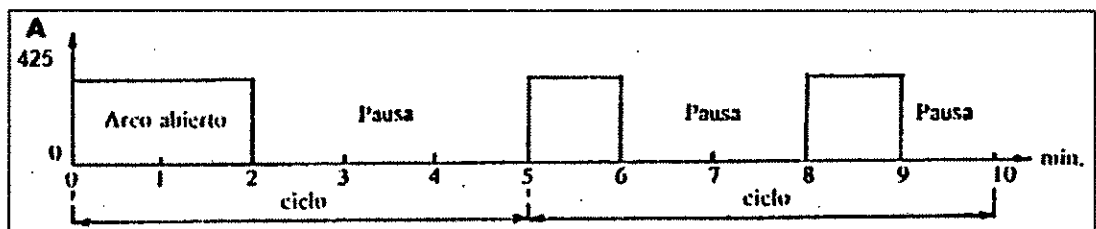


Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Factor de operatividad} = \frac{\text{arco abierto}}{\text{periodo}} * 100 = \frac{3\text{min}}{5\text{min}} * 100 = 60\%$$

Esto indica que en un total de 5 min, apenas podremos soldar durante 3min; en este caso la corriente de soldadura puede ser mayor que en el ejemplo del ciclo al 100%.

FIGURA N° 2.17.
CICLO DE OPERATIVIDAD AL 40%:



Fuente: Elaboración propia.

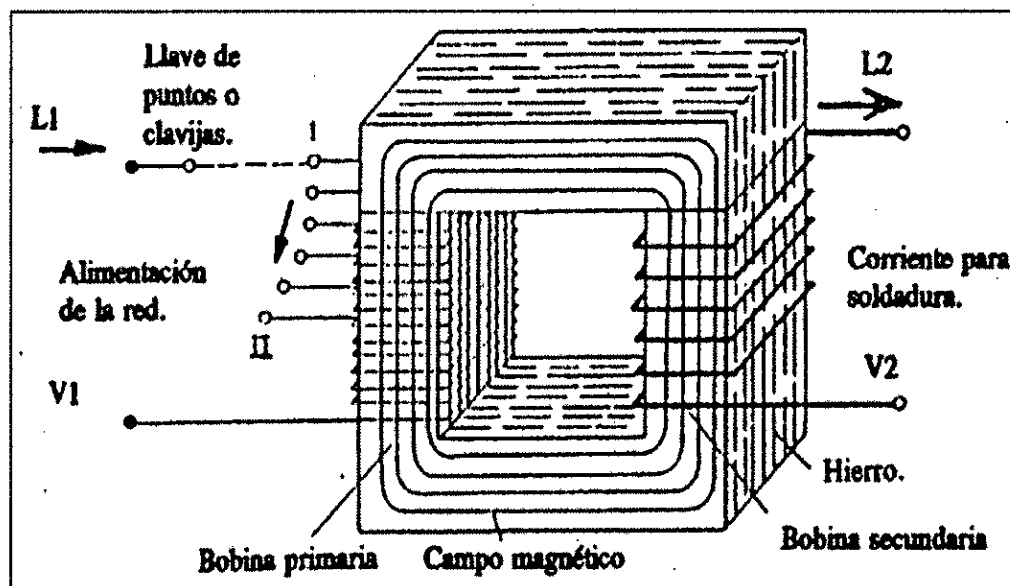
Esto nos muestra que en este ocasión solo podremos soldar 2min de cada 5min, y la corriente de soldadura puede ser mayor que en el caso en que se trabaja con 60%.

Regulación de la corriente en la soldadura para un transformador.

Regulación por medio de una llave de puntos o con clavijas:

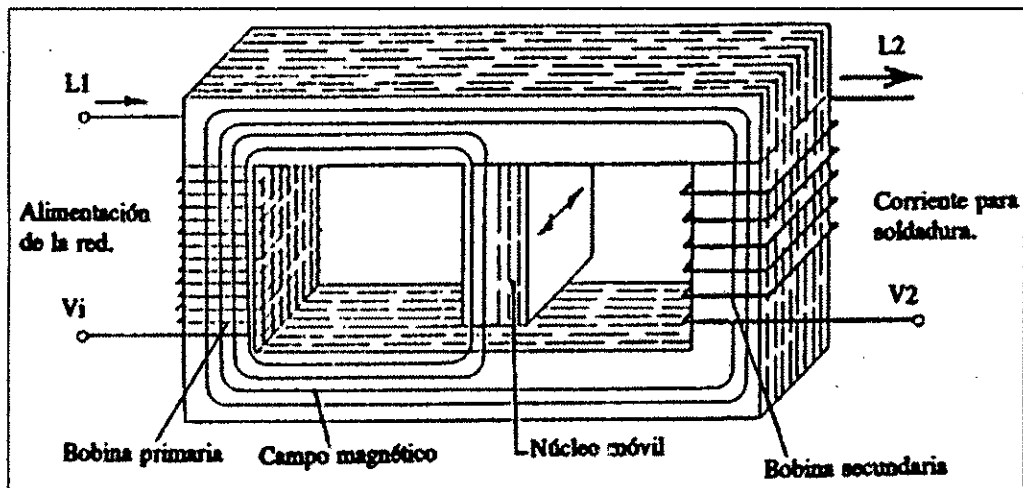
La regulación se efectúa a través de una llave de puntos o por un sistema de clavijas con lo cual variamos (aumentamos o disminuimos), el número de espiras del bobinado primario lo que alterara la relación con el secundario, por lo tanto la salida de la máquina se modificara.

FIGURA N° 2.18.
REGULADOR DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN LA MÁQUINA.



Regulación por medio del núcleo móvil:

FIGURA Nº 2.19.
REGULADOR DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN LA MÁQUINA.



Fuente: Elaboración propia.

A través del movimiento (para adentro o para afuera) del núcleo del transformador variamos el flujo magnético en el secundario, logrando de este modo un aumento o disminución de la corriente.

Tensión del circuito abierto y del circuito cerrado

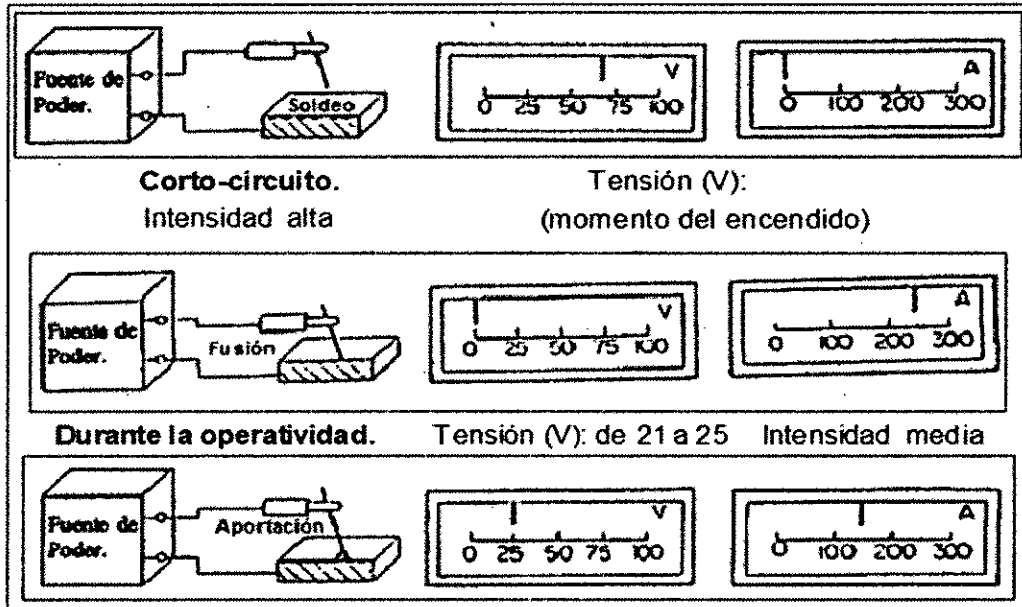
Circuito de operatividad.

Circuito abierto.

Tensión (v): máxima

Intensidad de la corriente (i): cero.

FIGURA N° 2.20.
CIRCUITO OPERACIONAL DEL SISTEMA-

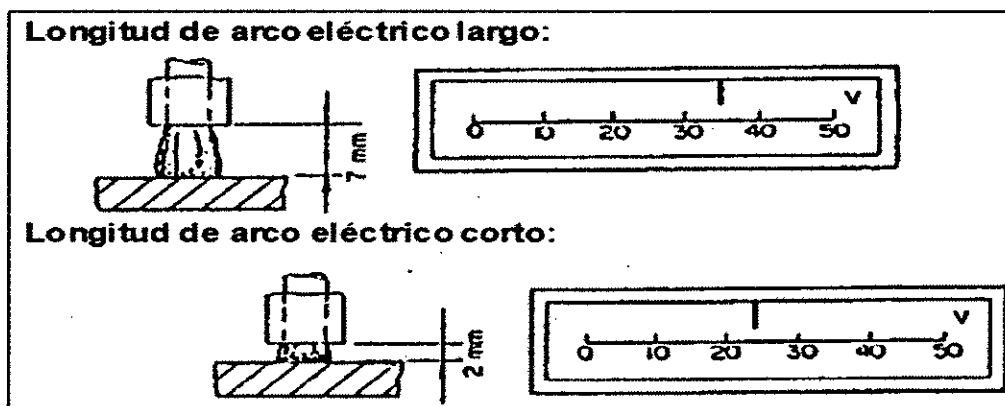


Fuente: Elaboración propia.

La alteración en la longitud del arco eléctrico varía la tensión de operatividad. Longitud de arco normal:

Para electrodos revestidos la longitud del arco es de aproximadamente, el diámetro del alma del electrodo.

FIGURA N° 2.21.
LONGITUD ALTERADA DEL ARCO ELÉCTRICO



Fuente: Elaboración propia.

Accesorios requeridos en la soldadura.

Pinza porta electrodo:

Accesorio utilizado para asegurar el electrodo, conduciendo la corriente a través del mismo hacia el metal de base.

Torcha para proceso "MAG/MIG":

Su función es, guiar el alambre y el gas de protección hacia el punto donde se está soldando.

Torcha para proceso "TIG":

Accesorio empleado para fijar el electrodo de tungsteno transmitiendo la corriente a través de él y direccionar el gas de protección.

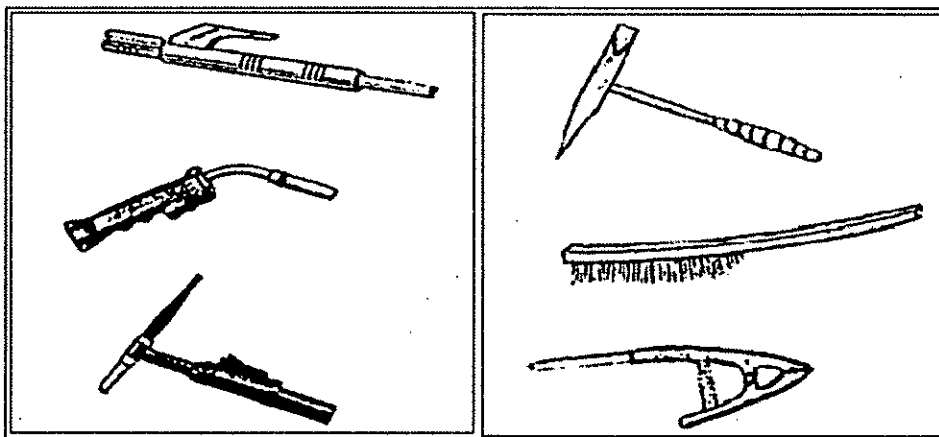
Piqueta:

Sirve para remover la escoria y las salpicaduras adheridas a ambos lados del cordón de soldadura.

Cepillo de acero de mano:

Indispensable para la limpieza de la pieza a soldar y para la eliminación de la escoria del cordón de soldadura.

FIGURA N° 2.22.
ACCESORIOS BÁSICOS EN SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia.

Pinza de masa:

Accesorio necesario para lograr una buena conexión de tierra.

Sargenta:

Igual a la anterior, pero usada cuando se utilizan amperajes elevados.

Amoladora:

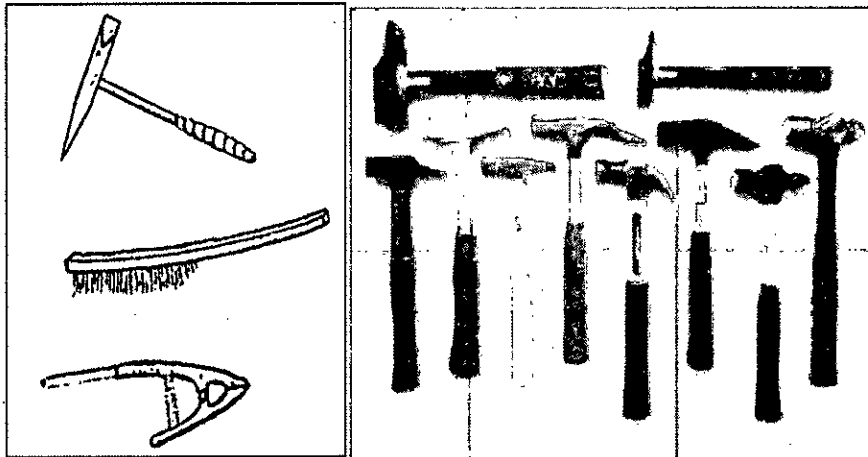
Utilizada para una limpieza profunda del local donde se está soldando, usada tanto con disco abrasivo como con cepillo rotativo.

Corta frio:

Herramienta para la eliminación de grandes salpicaduras, gotas o escoria fuertemente adherida.

Principales componentes de la conexión eléctrica en la soldadura y su aplicación para el mantenimiento.

FIGURA N° 2.23
ACCESORIOS DE MARTILLOS PARA SOLDADURA



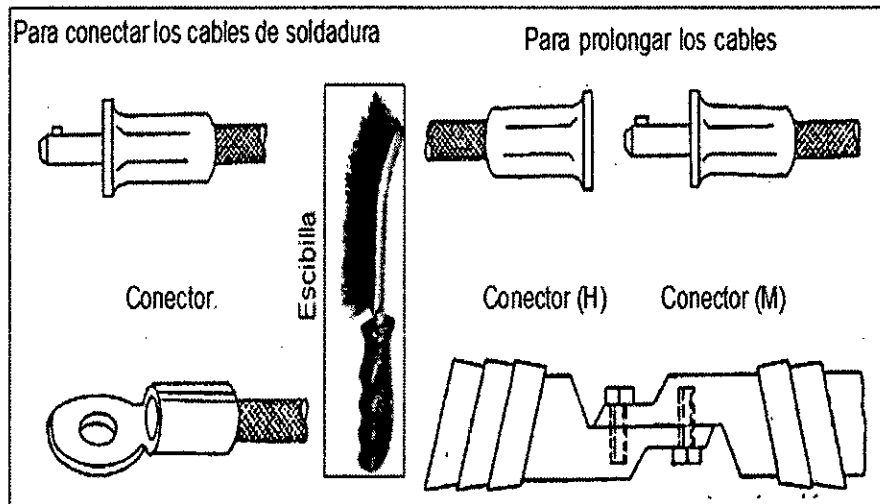
Fuente: Elaboración propia

Accesorios de conexión:

Para conectar los cables de soldadura

Para prolongar los cables de soldadura a las fuentes de poder.

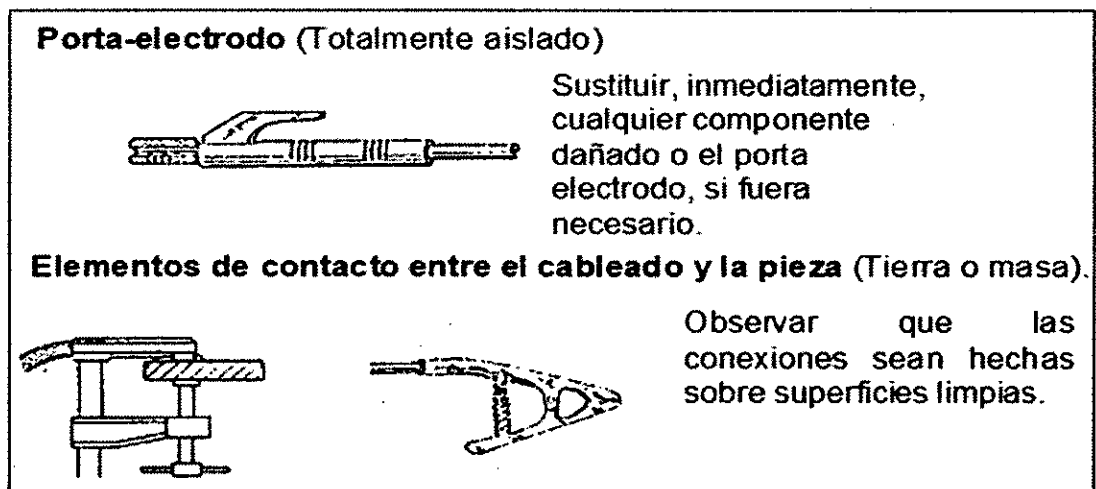
FIGURA N° 2.24.
ACCESORIOS DE CONEXIÓN EN SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia

Terminal para cables de soldadura. Terminales para empalme de cables
(Deben ser soldados o prensados). (Deben de estar perfectamente aislados)

FIGURA N° 2.25.
ELEMENTOS BÁSICOS PARA SOLDAR.



Fuente: Elaboración propia

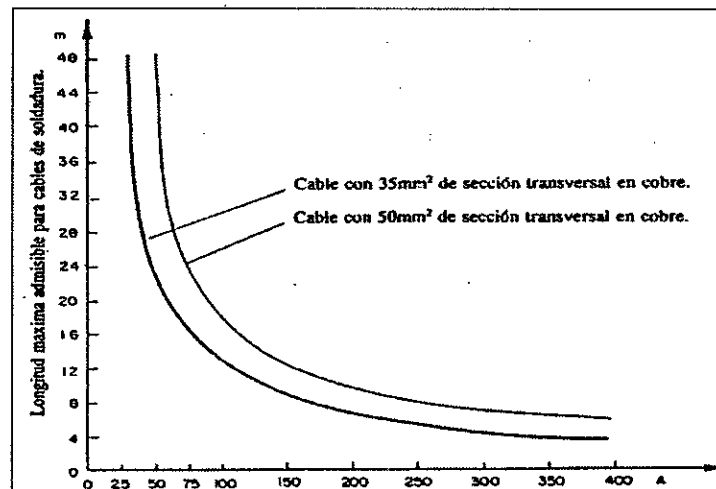
Utilizar la pinza del cable a tierra lo más próximo posible del local de soldadura.

Utilizar para las conexiones de tierra únicamente el cable con la pinza y nunca usar barras, tubos o cualquier elemento estructural.

Longitud recomendado para el cableado de una máquina a soldar.

El siguiente diagrama puede ser utilizado para determinar la longitud del cableado de las máquinas para la soldadura, considerando la longitud proporcional iguales para las dos líneas, el del porta-electrodo y el de tierra respectivamente, y estimando una pérdida de carga del 6%.

FIGURA Nº 2.26.
SELECCIÓN DEL CABLEADO POR LONGITUD.



Fuente: Elaboración propia.

Sección transversal de un cableado de la máquina a soldar:

Cableado de la máquina a soldar de gran longitud y/o alta corriente exigen una sección del diámetro mayor.

El cableado transversal de la máquina soldar de poca longitud y/o baja corriente requieren una sección transversal menor.

TABLA N° 2.3
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA
SOLDADURA.TODO TIPO DE FUENTE DE PODER.

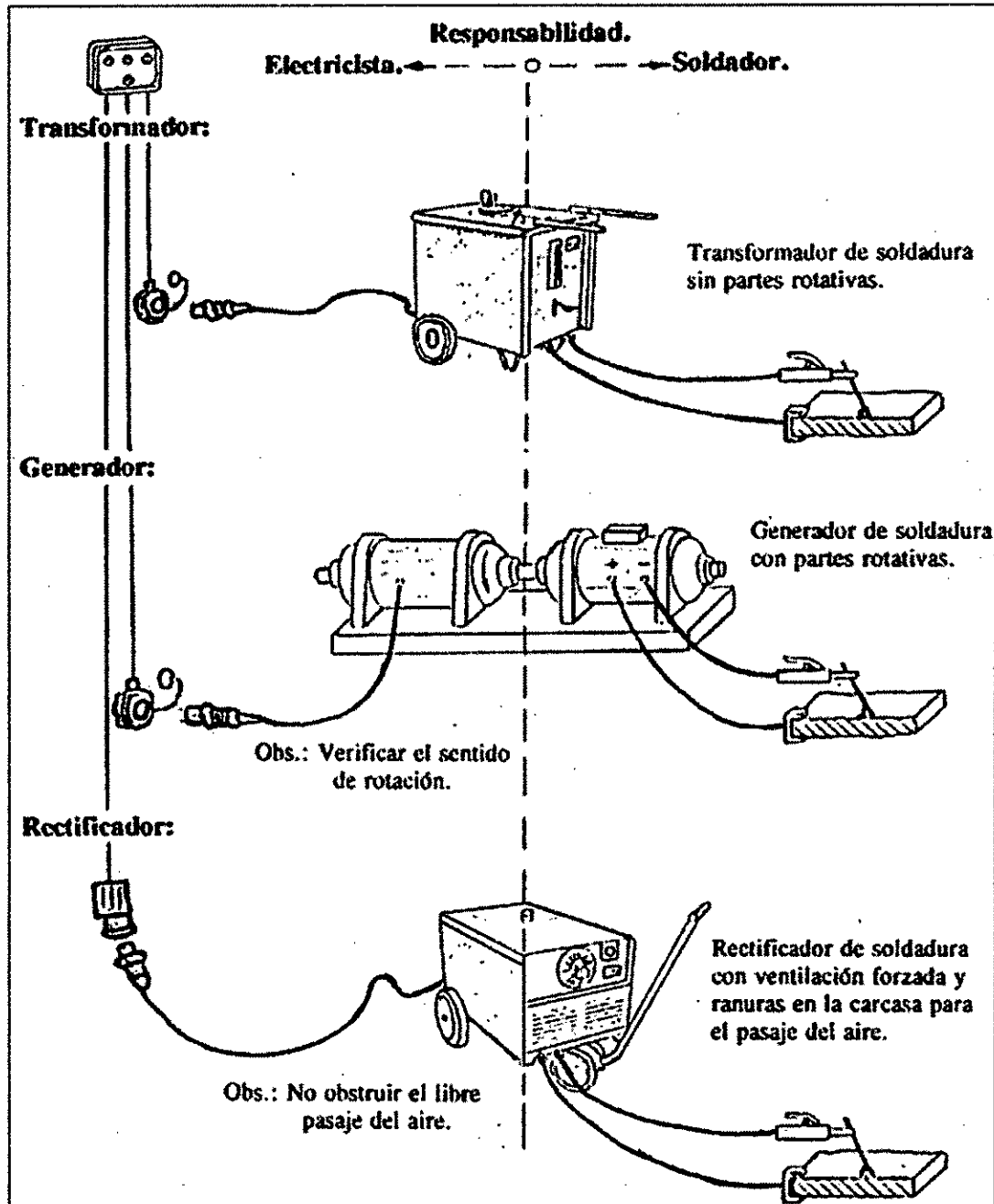
Responsabilidad	
Profesional-técnico.	Soldador.
<ul style="list-style-type: none"> - Conexión a la red. - No utilizar fusibles que no estén de acuerdo con el catálogo de la máquina. - Proteger de falsos contactos, tanto la placa interna de conexiones como la carcasa. la protección debe ser hecha con material removible. - Reparar los problemas eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observar las recomendaciones del manual de operaciones - Proteger contra posibles contactos los terminales externos de la máquina. - Antes de limpiar las máquinas, se debe desligar las mismas. - En caso de algún problema en la máquina, avisar inmediatamente al responsable. - proteger la máquina contra el polvo (especialmente del esmeril), limaduras y humedad. - Limpiar regularmente el interior de las máquinas con aire comprimido seco. - No obstaculizar la ventilación de la máquina, colocándola muy junto de una pared ni obstruyendo las ranuras de ventilación. - No sobre-cargar el equipo, utilizando valores de corriente de soldadura mayores de lo que el factor de operatividad determina. - En el caso de falta de energía o ante un largo período interrupción del operatividad, desconectar la máquina.

Fuente: FIME-UNAC (2010); elaboración propia.

En el transporte de la energía eléctrica la únicas pérdidas reales son económicas, ya que realmente la energía nunca se pierde solo se transforma, en realidad la corriente alterna siempre ha sido una estrategia comercial ¿que impedía construir centrales autónomas de corriente continua? pues es evidente que impedía comercializar a gran escala, esto fue lo que originó la conocida guerras de la distribución y que tantos halagos le dedican uno de los que contribuyo a esto el tan alabado Tesla, nuestro histórico benefactor

que nos hato de por vida a la facturación por la distribución eléctrica.

FIGURA N° 2.27.
CONEXIÓN DE LA MÁQUINA PARA LA OPERACIÓN A SOLDAR



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Observar el sentido de corriente del aire para ventilación, la entrada y salida del aire debe estar señalizada, caso esa corriente este invertida, llamar al electricista.

TABLA N° 2.3
CUIDADOS CON EL GENERADOR DE LA MÁQUINA PARA SOLDAR.

Responsabilidad	
ad.	
Electricista.	Soldador.
<ul style="list-style-type: none"> - Revisar periódicamente el equipo, limpiarlo y verificar el estado del colector (principalmente la formación de chispas durante la rotación). Cambiar los carbones siempre que sea necesario. - Lubricar los cojinetes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el sentido correcto de rotación de la máquina (flecha indicadora). - Observar periódicamente el colector para verificar la formación de chispas.

Fuente: FIME-UNAC (2010); elaboración propia.

TABLA N°2.4.
PRESERVACIÓN DEL CABLEADO Y DEL PORTA ELECTRODOS.

Electricista.	Soldador.
<ul style="list-style-type: none"> - Reparar cables y porta- electrodos (o torchos). 	<ul style="list-style-type: none"> - El porta-electrodo (o el torcho) y los terminales de conexión de los cables deben ser firmemente ajustados. También se debe seleccionar la longitud y el diámetro del cable de acuerdo con el valor de corriente de soldadura. - Proteger los cables contra daños en la aislación (no pasarlos sobre cantos vivos, no someterlos a roces y no presionarlos). - Aislar con material adecuado el local de acoplamiento o utilizar un conector. - Cables eléctricos que presenten aislamiento defectuoso deben ser inmediatamente retirados de uso y enviados para reparo. No utilizar cinta aisladora (usar únicamente materiales vulcanizados o aislantes plásticos especiales). - Los cables de soldadura no deben estar enrollados (tipo bobina) y menos aún sobre vigas, tubos, etc. (pérdida de corriente por formación de campo magnético). - Ajustar el cable de tierra bien próximo del local de soldadura y observar un buen contacto. - Utilizar solamente porta-electrodos (o torchos) perfectamente aislados. - Sustituir inmediatamente cualquier parte dañada del aislamiento de cables o porta-electrodos (o torchos).

Fuente: FIME-UNAC (2010); elaboración propia.

TABLA N° 2.5
VERIFICACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE LAS FUENTES DE PODER
EN LA SOLDADURA PARA UN MEJOR Y MÁS RÁPIDO ANÁLISIS

Dispositivo	Transformador	Rectificador.	Generador.
Tipo de corriente.	Alternada.	Continua (rectificada)	Continua.
Tipo de alimentación	Monofásica.	Trifásica.	Trifásica.
Influencia de la oscilación de la red eléctrica.	Mucha.	Poca.	Proporcional.
Formación del soplo magnético.	No.	Sí.	Sí.
Facilidad del encendido y re-encendido del arco	Regular.	Buena.	Buena.
Propiedades operativas durante la soldadura.	Regular.	Buenas.	Óptimas.
Condiciones de operatividad con electrodos básicos.	Regular	Buenas.	Buenas.
Mantenimiento.	Poco.	Poco.	Mucho.
Costo inicial (relativo)	35%	50%	100%

Fuente: FIME-UNAC (2010); elaboración propia.

Problema 1

Señale con una **X**, la alternativa correcta en cada uno de los puntos a seguir:

1.- Volt es la unidad eléctrica para:

- a. Tensión.
- b. Corriente.
- c. Resistencia.
- d. Potencia.

2.- Cómo es la fórmula de la ley de Ohm?

- a. $I = R \times I$
- b. $V = R/I$

- c. $I = V/R$
- d. $R = V \times I$

3.- Que tipo de gráfico caracteriza a una máquina para soldar con electrodo revestido?

- a. Curva ascendente.
- b. Recta horizontal.
- c. Curva descendente.
- d. Recta inclinada.

4.- ¿Que ocurre con la corriente y la tensión, cuando al soldar se acorta el arco?

- a. La corriente aumenta y la tensión disminuye.
- b. La tensión aumenta y la corriente se anula.
- c. La tensión y la corriente disminuyen.
- d. La corriente disminuye y la tensión aumenta.

5.- ¿Qué características precisa tener una fuente de poder para soldadura?

- a. Baja corriente y alta tensión.
- b. Baja tensión y alta corriente.
- c. Baja corriente y baja tensión.
- d. Alta tensión y alta corriente.

6.- Como está formada la bobina del secundario de un transformador de soldadura?

- a. Muchas espiras de alambre fino.
- b. Muchas espiras de alambre grueso.
- c. Pocas espiras de alambre fino.
- d. Pocas espiras de alambre grueso.

- 7.- Como se obtiene un reglaje continuo en un transformador?
- a. Cambiando de posición la llave de puntos o las clavijas.
 - b. Modificando la bobina secundaria.
 - c. Moviendo el núcleo de dispersión.
 - d. Moviendo el colector.

8.- Durante la soldadura, se debe usar un arco corto. Cuál es la consecuencia en la tensión?

- a. La tensión es igual a cero.
- b. La tensión no se modifica.
- c. La tensión disminuye.
- d. La tensión aumenta.

9.- En una gran construcción, en acero, tenemos varias partes que tienen que ser soldadas.

A donde debemos fijar el cable de masa o tierra?

- a. En cualquier lugar.
- b. En la tubería de agua.
- c. En algún punto de la estructura a ser soldada.
- d. Lo más próximo posible del lugar que se esta soldando.

10.- Que tipo de operatividad eléctrica el soldador puede ejecutar en caso de desperfectos o averías.

- a. Apretar los cables de la red de alimentación de la máquina.
- b. Apretar los cables o terminales de la máquina de soldadura.
- c. Hacer reparaciones en los cables o conexiones de la red de alimentación.

d. Cambiar los cables de la red de alimentación.

11.- Cual es el símbolo de un transformador de soldadura.

a. 

b. 

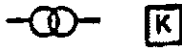
c. 

d. 

12.- Cual es el símbolo de un rectificador de soldadura.

Equipos y Accesorios para la Soldadura

a. 

b. 

c. 

d. 

13.- Con que se debe hacer la limpieza interna de las máquinas de soldadura.

a. Con oxígeno seco.

b. Con solvente.

c. Con aire comprimido seco.

d. Con agua y detergente.

CAPITULO 3

FUNDAMENTOS DE LA MÁQUINA PARA SOLDAR

3.1. Generalidades

Las estructuras se forman mediante conjuntos de chapas o perfiles unidos entre sí con enlaces capaces de soportar los esfuerzos que se transmiten entre las piezas.

El objeto principal de la unión es el de asegurar la mejor continuidad de las piezas, continuidad que será más perfecta cuanto más uniforme sea la transmisión del esfuerzo.

La transmisión de esfuerzos en las uniones se hace en muchas ocasiones de modo indirecto, ya que para pasar el esfuerzo de una pieza a otra se la obliga previamente a desviarse de su trayectoria normal. En el caso de soldadura a tope, la transmisión es directa.

3.2. Diferentes Tipos de Soldadura.

Se llama **soldadura** a la unión de dos piezas metálicas de igual o parecida composición, de forma que la unión quede rígida y posición estable.

Esto se consigue bien por el efecto de fusión que proporciona la aportación de calor, bien por la aportación de otro metal de enlace o por la combinación de ambos efectos.

Existen cerca de cuarenta sistemas de soldar, pero el más importante para las estructuras metálicas es el sistema de soldadura por fusión.

En las soldaduras por fusión el calor proporcionado funde los extremos de las piezas y al solidificar se produce la unión.

Existen diferentes tipos de soldadura por fusión, pero los más utilizados son dos:

- Soldadura autógena
- Soldadura por arco eléctrico, que es la que se utiliza en estructuras metálicas.

3.1.1. Soldadura Autógena

En la soldadura autógena el calor lo proporciona una llama producida por la combustión de una mezcla de acetileno y oxígeno, en la proporción 1:1, que se hace producir una llama a la salida de una boquilla. La temperatura alcanzada en la llama es de unos 1300°C.

Aunque este tipo de soldadura todavía se utiliza en los talleres mecánicos, no es correcta su utilización en uniones sometidas a esfuerzos de tracción, ya que por efecto de la temperatura se provocan unas tensiones residuales muy elevadas, siendo en general más lenta y costosa que la soldadura por arco.

De todas formas, cuando el soplete oxiacetilénico se utiliza en la soldadura de piezas, se le suele completar con un alambre de material de aportación que se funde al mismo tiempo que los bordes de las piezas, formando en conjunto el cordón de soldadura.

El tamaño de la boquilla del soplete es aproximadamente igual que el espesor de las chapas a unir.

3.1.2. Soldadura por Arco Eléctrico

La soldadura por arco se basa en que si a dos conductores en contacto se les somete a una diferencia de potencial, establecemos entre ambos una corriente.

Si posteriormente se les separa, provocamos una chispa, cuyo efecto es ionizar el gas o el aire que la rodea, permitiendo así el

paso de la corriente, a pesar de no estar los conductores en contacto.

Con esto lo que hacemos es crear entre ellos un arco eléctrico por transformación de la energía eléctrica en energía luminosa y calorífica.

El calor provocado por el arco no sólo es intenso, sino que además está muy localizado, lo que resulta ideal para la operación de soldar. Las temperaturas alcanzadas son del orden de 4000°C.

En el circuito eléctrico formado por los electrodos y el arco, la intensidad de corriente depende de la tensión y de la resistencia del circuito. Si los electrodos se acercan o se separan variará la resistencia y la intensidad y, por lo tanto, la energía se transformará en calor, con lo que la soldadura no será uniforme.

Desde el punto de vista práctico quiere decir que para obtener soldaduras uniformes es imprescindible mantener constante la separación de los electrodos durante el proceso de la aportación de la soldadura.

Los procedimientos de soldadura en arco pueden agruparse en tres conceptos:

- Con electrodo de carbono.
- Con electrodo de tungsteno en atmósfera de hidrógeno (soldadura al hidrógeno atómico).
- Con electrodo metálico revestido por soldadura de arco eléctrico.

a). Soldadura con electrodo de carbono.

No se utiliza en la estructura metálica. El arco salta entre un electrodo de carbón y la pieza a soldar.

Se complementa con metal de aportación.

b). Soldadura con electrodo de tungsteno.

El arco salta entre dos electrodos de tungsteno en atmósfera de hidrógeno. El calor del arco disocia las moléculas de hidrógeno,

que vuelven a soldarse al contacto con las piezas a soldar, desprendiendo una gran cantidad de calor.

Este calor funde las piezas y permite que se efectúe la soldadura en ausencia del oxígeno y el nitrógeno del aire.

c). **Soldadura con electrodo metálico revestido** .

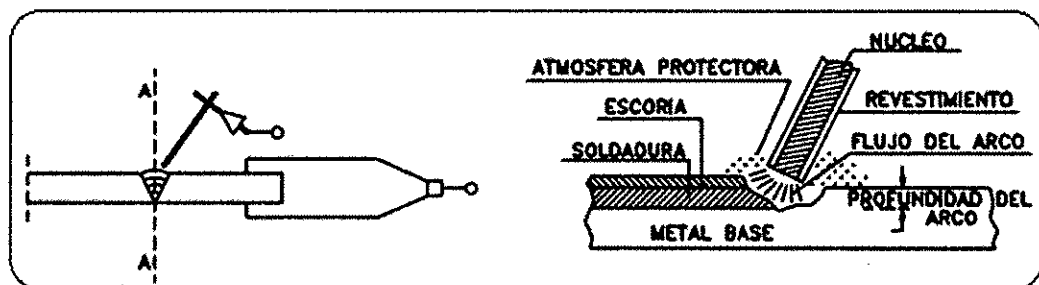
Es el procedimiento de unión normalmente utilizado en la construcción metálica, pudiendo afirmarse sin titubeos que el gran desarrollo de la construcción metálica actual se debe en gran parte a este sistema.

La unión se consigue al provocar un arco eléctrico entre las piezas a unir y un electrodo que sirve de material de aportación.

El operario establece un contacto inicial entre el electrodo y la pieza a soldar (llamada operatividad), con lo que se inicia un flujo de corriente.

A continuación se retira ligeramente el electrodo y se establece un arco, que funde el electrodo y los bordes de la pieza a unir, formándose el cordón de soldadura.

FIGURA N° 3.1.
SOLDADURA CON ELECTRODO METÁLICO



Fuente: Elaboración propia

Además del efecto protector del material fundido, el **revestimiento** proporciona las siguientes **ventajas**:

- * Al ser menos fusible que el metal del electrodo, forma una especie de vaina alrededor del arco, que facilita su dirección y

evita la formación de arcos secundarios. También se ioniza mejor el aire que rodea la zona a soldar.

- * Permite realizar las llamadas soldaduras de gran aportación gracias
- * a que se puede utilizar más intensidad de corriente con ciertos tipos de electrodos, llamados electrodos de gran aportación, aumentando la zona fundida y evitando con esto el que tengamos que preparar los bordes de algunas piezas.
- * Gracias a la protección de la escoria fundida, el enfriamiento de la soldadura se hace con mayor lentitud, evitando tensiones internas.

Los principales **tipos de revestimiento** de los electrodos son los siguientes:

En la TABLA 1 se puede observar el efecto protector de cada tipo de electrodo. En ella se indica el porcentaje aproximado de nitrógeno absorbido por la soldadura y el volumen de hidrógeno absorbido por 100 gramos de metal depositado.

TABLA N° 3.1.
ELECTRODOS REVESTIDOS.

Uniones de soldadura por gas		
Principales tipos de revestimiento de los electrodos		
Tipo de revestimiento	Porcentaje de Nitrógeno	Volumen de H por 100 g/cm ³
Acido	0.034	9.0
Básico	0.015	2.5
Celulósico	0.028	15.0
Oxidante	0.035	2.5
Rutilo	0.025	12.0

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, puede observarse que el revestimiento básico es el que proporciona la mejor protección y, por tanto, dará soldaduras de mayor calidad. En contraposición, el electrodo básico es el más difícil de fundir.

Los diámetros nominales de electrodos son: 2, 2.5, 3.25, 3.75, 4, 5, 6.3, 8, 10 y 12 mm y 5/64, 13/128, 41/64, 1/8, 23/128, ¼, 5/16, 25/64, y 15/32 in.

La elección del diámetro del electrodo depende del espesor del cordón de soldadura que requiere depositar, siendo la intensidad de corriente necesaria función de este diámetro.

3.3. Capacidad de la corriente eléctrica.

La corriente eléctrica a utilizar puede ser continua o alterna. La capacidad de corriente necesaria en la salida para realizar un operatividad depende del espesor del metal que se vaya a soldar y del diámetro del electrodo.

La corriente continua permite una selección más amplia de electrodos y escalas de corriente con arco más estable, por lo que suele preferirse para operatividad en posiciones difíciles y chapas finas.

Con corriente continua, los dos tercios del calor los proporciona el polo positivo y el tercio restante el polo negativo. Los electrodos de fusión difícil, como los electrodos básicos, se funden mejor conectándolos al polo positivo.

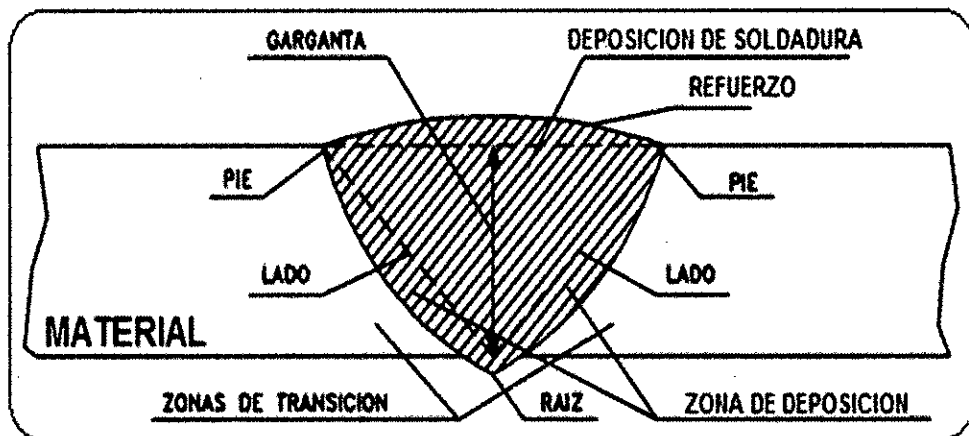
La corriente alterna consume menos energía y produce menos salpicaduras. También los transformadores requieren menos mantenimiento que las dinamos.

La corriente alterna se usa donde hay problemas de sopleo del arco y en operatividades de soldadura en posición plana con chapas gruesas.

3.3.1. Cordón de soldadura

El cordón de aportación para la soldadura tiene tres partes bien diferenciadas.

FIGURA N° 3.2.
PARTES DEL CORDÓN DE SOLDADURA.



Fuente: Elaboración propia.

a) **Deposición de la soldadura:** La aportación es la zona central, que está formada fundamentalmente por el metal de aportación.

b) **Zona de deposición.** Es la parte de las piezas que ha sido fundida por los electrodos.

La mayor o menor profundidad de esta zona define la aportación de la soldadura.

Una soldadura de poca aportación es una soldadura generalmente defectuosa.

c) **Zona de transición.** Es la más próxima a la zona de aportación.

Esta zona, aunque no ha sufrido la fusión, sí ha soportado altas temperaturas, que la han proporcionado un tratamiento térmico con posibles consecuencias desfavorables, provocando tensiones internas.

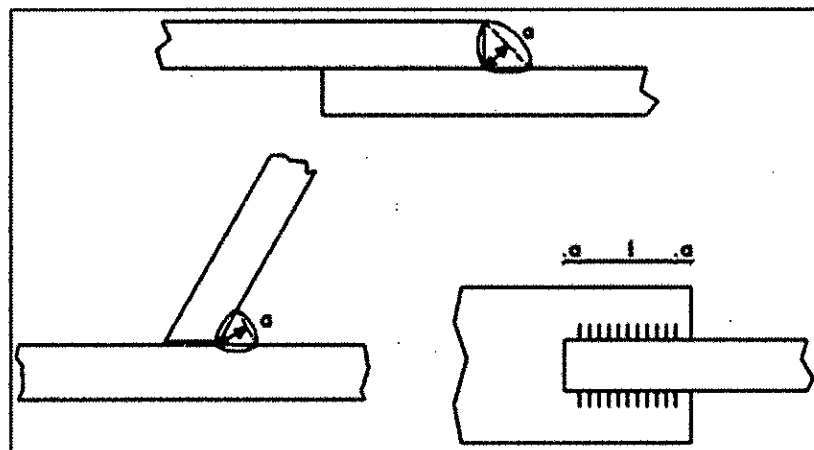
Las **dimensiones fundamentales** que sirven para determinar un cordón de soldadura son la garganta y la longitud.

La **garganta (a)** es la altura del máximo triángulo isósceles cuyos lados iguales están contenidos en las caras de las dos piezas a unir y es inscribible en la sección transversal de la soldadura.

Se llama **longitud eficaz (l)** a la longitud real de la soldadura menos los cráteres extremos. Se admite que la longitud de cada cráter es igual a la garganta.

$$l_{\text{eficaz}} = l_{\text{geométrica}} - 2 \cdot a$$

FIGURA N° 3.3:
COTAS FUNDAMENTALES EN LA SOLDADURA.



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Clasificación del cordón de soldadura.

Los cordones de soldadura se pueden clasificar:

- Por la posición geométrica de las piezas a unir.
 - * Soldaduras a tope (figura 4)
 - * Soldaduras en ángulo (figura 5)

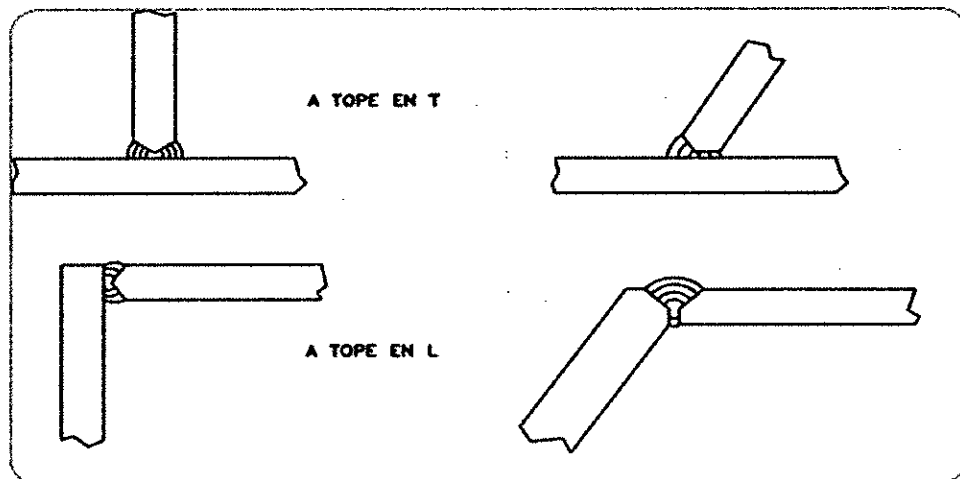
- Por la posición del cordón de soldadura respecto al esfuerzo (figura 6)

- * Cordón frontal
- * Cordón lateral
- * Cordón oblicuo

Por la posición del cordón de soldadura durante la operación de soldar (figura 7)

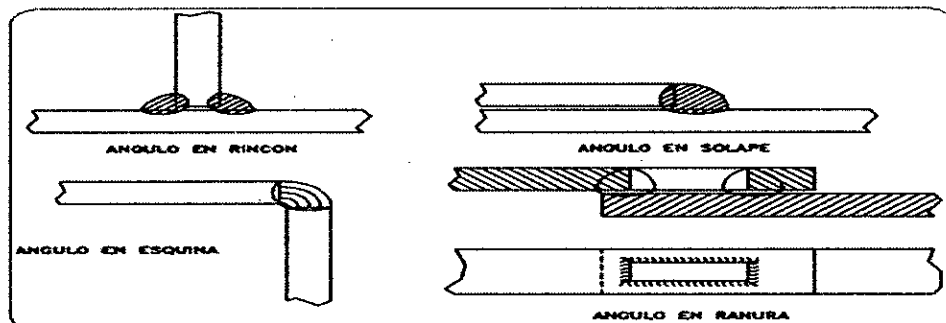
- * Cordón plano (se designa con H)
- * Cordón horizontal u horizontal en ángulo (se designa por C).
- * Cordón vertical (se designa con V)
- * Cordón en techo o en techo y en ángulo (se designa con T)

FIGURA N° 3.4.
SOLDADURAS EN ÁNGULO.



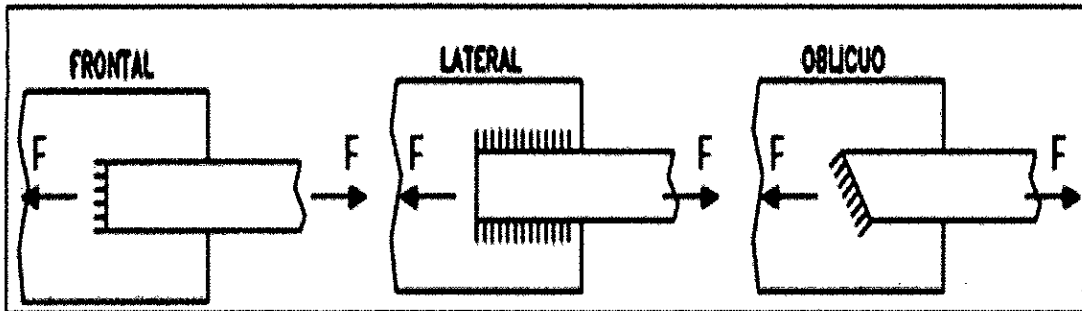
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3.5.
SOLDADURAS EN ESQUINAS.



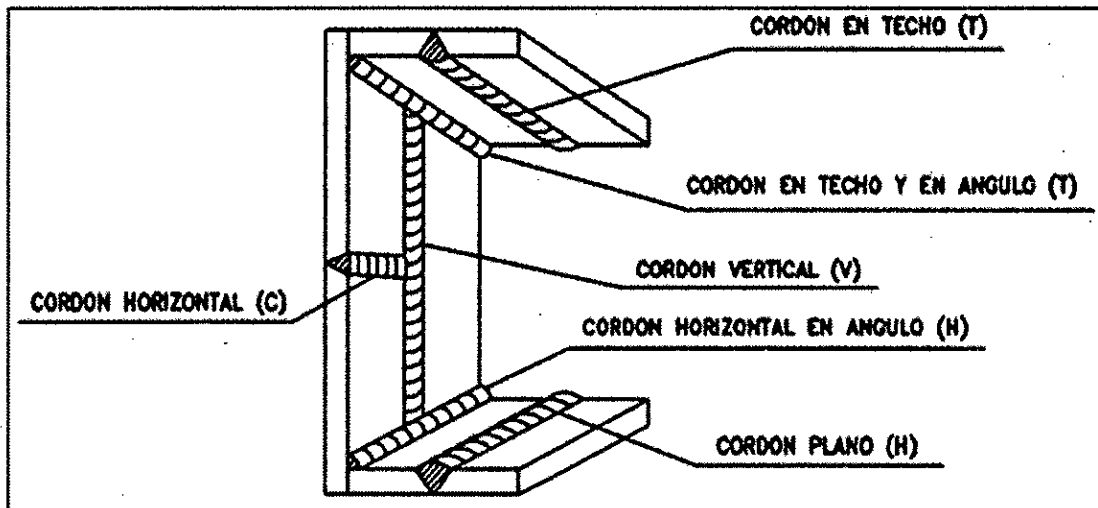
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3.6.
CLASIFICACIÓN DE LOS CORDONES DE SOLDADURA RESPECTO AL ESFUERZO.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3.7.
CLASIFICACIÓN DEL CORDÓN DE SOLDADURA SEGÚN SU POSICIÓN DURANTE LA SOLDADURA.



Fuente: Elaboración propia

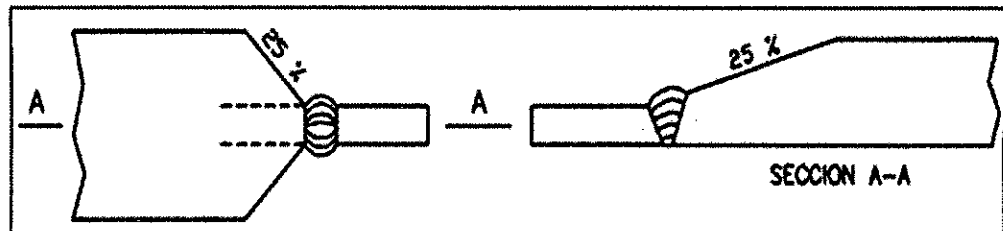
3.3.3. Unión de la carga aplicada.

✓ Soldadura a Tope

- Deben ser continuas en toda la longitud y de aportación completa. Debe sanearse la raíz antes de depositar el primer cordón de la cara posterior o el cordón de cierre.
- Cuando no sea posible el acceso por la cara posterior debe conseguirse aportación completa. Cuando se unan piezas de distinta sección debe adelgazarse la mayor con

pendientes inferiores al 25%.

FIGURA N° 3.8.
SOLDADURAS A TOPE

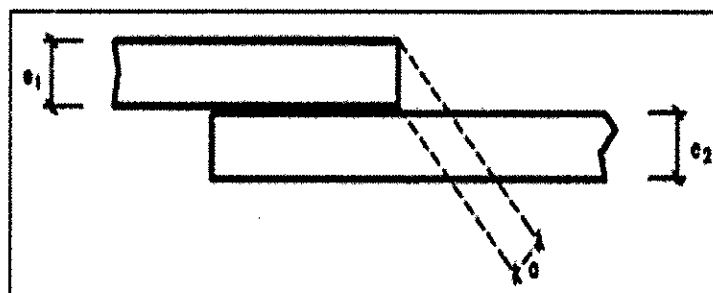


Fuente: Elaboración propia

✓ Soldadura en Ángulo

- La garganta de una soldadura en ángulo que une dos perfiles de espesores e_1 y e_2 no debe sobrepasar el valor máximo de la TABLA 2, que corresponde al valor e_1 y no debe ser menor que el mínimo correspondiente al espesor e_2 , y siempre que este valor mínimo no sea mayor que el valor máximo para e_2 .

FIGURA N° 3.9.
SOLDADURAS EN ÁNGULO.



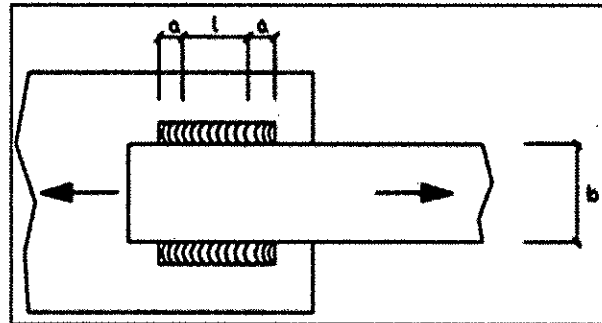
Fuente: Elaboración propia

- La longitud eficaz l de una soldadura lateral en ángulo con esfuerzo axial debe estar comprendida entre los siguientes valores:

$$\text{Valor mínimo: } l = 15 \cdot a \text{ l } b$$

Valor máximo: $l = 60 \cdot a$
 $l = 12 \cdot b$

FIGURA N° 3.10.
 LONGITUD EFICAZ DE UNA SOLDADURA LATERAL



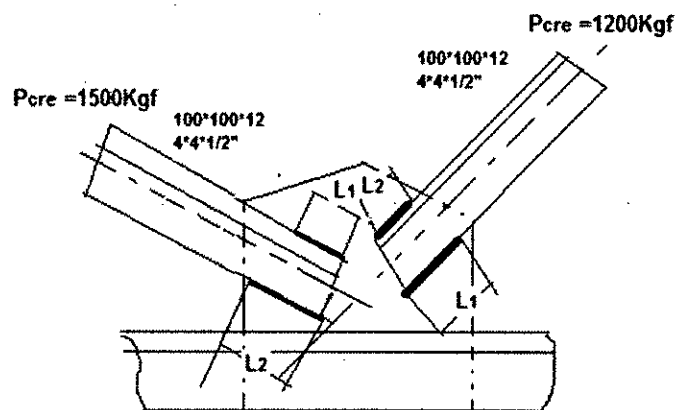
Fuente: Elaboración propio

Análisis aplicativo por soldadura.

Problema 1

En el dibujo mecánico de la figura adjunta se muestra el esquema de una cartela con sus respectivos nudos para ser aplicado la soldadura por arco eléctrico, para esta consideración se pide determinar:

- La soldadura longitudinal requerida de la unión y ubicar una cartela y usar electrodos E-7018, sabiéndose que se trata de un perfil en L de alas iguales: $\lceil 100 \cdot 100 \cdot 12$.



De las TABLAS propuestas seleccionamos los valores siguientes:

Área requerida = $A_o = 50.2\text{cm}^2$

Radio de giro real $i_{x-x} = 3.34\text{cm}$

Carga del cremona $P_{cr} = 1200\text{Kgff}$

Esfuerzo admisible del material $\sigma_{adm} = 1200\text{Kgff/cm}^2$

Esfuerzo de la soldadura $\tau_{sol} = 1200 * 0.65 = 780\text{Kgff/cm}^2$

Rendimiento de la soldadura $\eta = 65\% = 0.65$

Aportación de la soldadura mínima $a = 0.707 * e = 0.707 * 1.2 =$
0.8484cm

Longitud de la soldadura (extremos superior e inferior):

Planteamiento:

Longitud de la soldadura.

$$\tau_{sol} = \frac{P_{Crem}}{A_{Sol}} = \frac{P_{Cre}}{a * \eta * l_1}$$

$$l_1 = \frac{P_{Cre}}{a * \eta * \tau_{sol}} \quad l_1 = \frac{1200}{0.8484 * 0.65 * 780} = 2.789\text{cm}$$

Longitud de la soldadura total:

$$L_1 = l_1 + 2 * a = 2.789 + 2(0.8484) = 4.486\text{cm} = 44.86 = 45\text{mm}$$

Longitud de la soldadura (extremo inferior):

$$l_2 = \frac{1500}{0.8484 * 0.65 * 780} = 3.486\text{cm}$$

$$L_2 = l_2 + 2 * a = 3.486 + 2(0.8484) = 5.184\text{cm} = 52\text{mm}$$

Longitud total del cordón de la soldadura:

$$L = L_1 + L_2 = 45 + 52 = 97\text{mm}$$

CAPÍTULO 4

SOLDABILIDAD DE ELEMENTOS METÁLICOS.

Es una operación que consiste en unir sólidamente dos piezas o más piezas metálicas, mediante la elevación de la temperatura de fusión en las superficies a soldar y aportando sustancias del mismo material o distinto carácter a las soldadas.

4.1. Soldadura Heterogénea [9].

La soldadura heterogénea es aquella en la que, para unir las partes se utiliza un metal distinto del metal base. La soldadura homogénea se hace con metal de idéntica o semejante composición a la del metal base. Se llama metal base al metal de las partes que se han de unir. El metal fundido que a veces, se interpone entre las dos piezas para unir las se llama metal de aportación. Si el metal de aportación es diferente a las piezas a unir se la denomina soldadura heterogénea.

En esta soldadura es de destacar:

Las piezas a unir no se funden.

El material de aportación se funde. Cuando está en estado líquido penetra en las irregularidades de las piezas a unir, adhiriéndose fuertemente a ella.

Dependiendo del material de aportación que utilicemos, tendremos dos tipos de soldadura:

4.1.1. Soldadura Blanda:

Es aquella en la cual el material de aportación tiene un punto de fusión bajo, generalmente suele ser una aleación de estaño y plomo.

Soldadura Fuerte:

Es aquella en la cual el material de aportación tiene un punto de fusión más alto, aunque siempre inferior al de los materiales a soldar.

Tipos de soldadura fuerte:

Amarilla – Aleación de Cobre – T^a fusión 650°C – 950°C

Blanca – Aleación de Plata – T^a fusión 650^o – 800°C

Soldadura por Fusión

Este tipo de soldadura puede realizarse sin utilizar otro material distinto al de las piezas a unir, en este caso se denomina Homogénea.

Es el proceso por el cual se provoca la fusión de los dos metales a unir en la zona próxima a la unión, para que al solidificar juntos formen un único sistema cristalino que mantengan ambas piezas unidas.

En otras ocasiones se emplea material de aportación para compensar la falta de material correspondiente al hueco entre ambas piezas y lograr que en la zona soldada no se produzca una depresión.

Dicho material de aportación suele ser de la misma naturaleza que el de las piezas a unir.

La fuente de energía calorífica que se utiliza para fundir el material puede ser distinta según los casos. Estudiaremos los dos tipos de soldadura mas empleados.

4.1.2. Soldadura oxiacetilénica

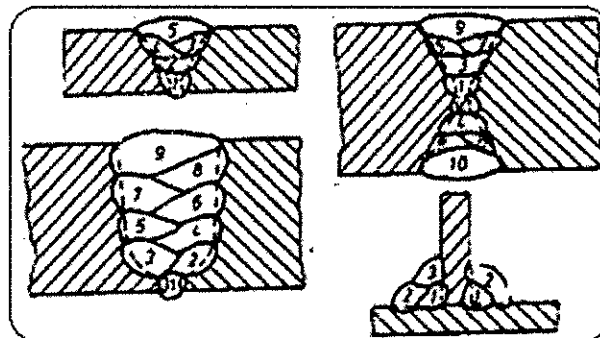
Es un procedimiento de soldadura por fusión en el que se utiliza como fuente calorífica la llama que se logra, en un soplete especial, por la combustión del acetileno (C₂H₂).

El acetileno es un gas incoloro, de olor penetrante, que arde con una llama muy luminosa, desprendiendo gran cantidad de calor, que se aprovecha para fundir los metales a soldar.

La utilización de este gas obliga a adoptar importantes medidas de seguridad para evitar el riesgo de explosión.

Para disponer de Acetileno en un taller puede recurrirse a los generadores que lo producen, o adquirir botellas llenas de él.

FIGURA N° 4.1.
PRINCIPALES FORMAS DE APORTACIÓN.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Soldadura eléctrica por arco voltaico.

Se trata de una soldadura por fusión. Utiliza como fuente calorífica el arco eléctrico que se hace saltar entre las piezas a unir y una varilla de metal de aportación, llamada electrodo.

Se logran temperaturas comprendidas entre 3500°C y 4000°C.

El arco eléctrico se produce uniendo la pieza a un polo de un transformador y el electrodo (varilla) al otro. Entre ambos suele aplicarse una tensión de 20 a 80 voltios. Para lograr que se produzca el arco voltaico es preciso que estén calientes el extremo de la varilla y la zona concreta de la pieza, lo que se logra poniendo

en contacto pieza y electrodo durante unos segundos, el paso de la corriente a través de ellos los calienta por efecto Joule.

Generalmente se utilizan electrodos formados por una varilla metálica de material de aportación, recubierta de otras sustancias que tienen como misión:

Favorecer la creación del arco y su mantenimiento.

Hacer de fundente, disolviendo los óxidos y protegiendo el cordón.

4.1.4. Sistema de soldadura

Por soldadura se entiende como unión de dos o más piezas de composición semejantes (no pueden soldarse piezas de materiales diferentes), de manera que se consiga un todo compacto y rígido. Se pueden distinguir dos formas bien definidas de soldar: La soldadura por presión-calor y la soldadura por fusión. En la primera las piezas a unir, en el lugar de unión están en estado pastoso y se unen entre sí por la presión ejercidas entre ellos; mientras que la unión por fusión, en la unión las piezas están en estado líquido o sólido y se unen por solidificación de la unión y del material de aportación.

Procedimiento de la soldadura

1- Soldadura por presión calor (material en estado pastoso):

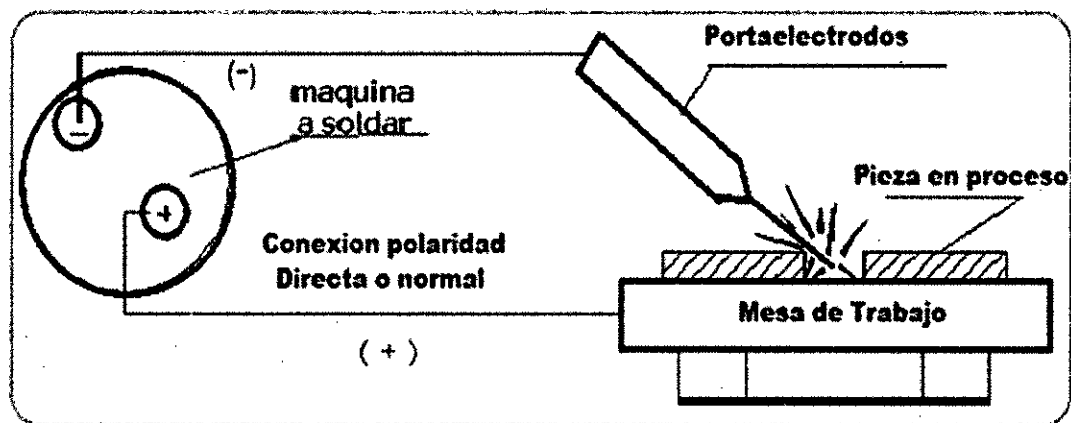
- a) Soldadura por forja o martillado (soldadura por fragua)
- b) Soldadura por resistencia eléctrica
- c) Soldadura con termita o aluminotermia a presión.
- d) Soldadura autógena a presión.

2.- Soldadura por fusión (material en estado fluido)

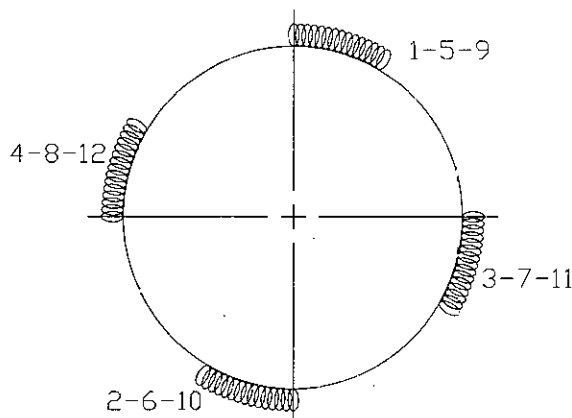
- a) Soldadura por fusión con gas (soldadura autógena)
- b) Soldadura eléctrica con gas (Proceso MIG, TIG, etc.)
- c) Soldadura eléctrica (por arco voltaico)
- d) Soldadura eléctrica por arco sumergido.

Soldadura por arco eléctrico o voltaico, es un procedimiento mediante el cual los metales se funden por el intenso calor que se desarrolla en el arco eléctrico, el arco se forma entre los terminales de un generador de corriente (transformadores), en uno de los terminales esta el electrodo (metal de aportación), que se funde y el otro es la pieza de operatividad conectadas al generador.

FIGURA N° 4.2.
POLARIDAD EN LA APORTACIÓN.



Fuente: Elaboración propia.



Soldar no se puede aprender leyendo libros o manuales acerca de la soldadura, un soldador se hace con la práctica, sin embargo todo estudiante o futuro profesional, ingeniero debe tener conocimientos sólidos al respecto; fundamentalmente lo que se refiere por diseño de las piezas

soldadas. Muchos de estos conocimientos se dan en cursos de tecnología mecánica o procesos de fabricación. Finalmente debemos señalar que la soldadura, también se puede probar su

resistencia existiendo pruebas destructivas y no destructivas. En cuanto a los principales tenemos:

- Prueba de resistencia a la tracción (según DIN 1605- DIN 50120); se comprueba sus resistencia preparado, probetas de acuerdo a las normas, y sometiéndolas a un ensayo de tracción. Son requeridas de máquinas especiales.
- Ensayo de flexión (doblado), del taller (DIN 4100).- Es la prueba mas sencilla, consiste en doblar una costura a tope apanalada (U, V, X) hasta 90°, al abrirse la soldadura, puede notarse las porosidades, inclusiones de escorias, deficiente penetración. Esta prueba es para comprobar la capacidad de los obreros.





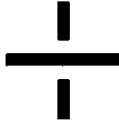


Existen otros como ejemplo:

- Ensayo de flexión (plegado), según normas (DIN 50121)
- Ensayo de forja
- Ensayo de dureza
- Ensayo de rotura, sobre material entallado y de rotura por choque, ver norma ISO 50115-2016 DUM 115.
- Ensayo de fatiga donde se somete a cargas dinámicas la unión soldada, según norma previa ISO 54001-2016.

En cuanto a los ensayos o pruebas no-destructivas tenemos:

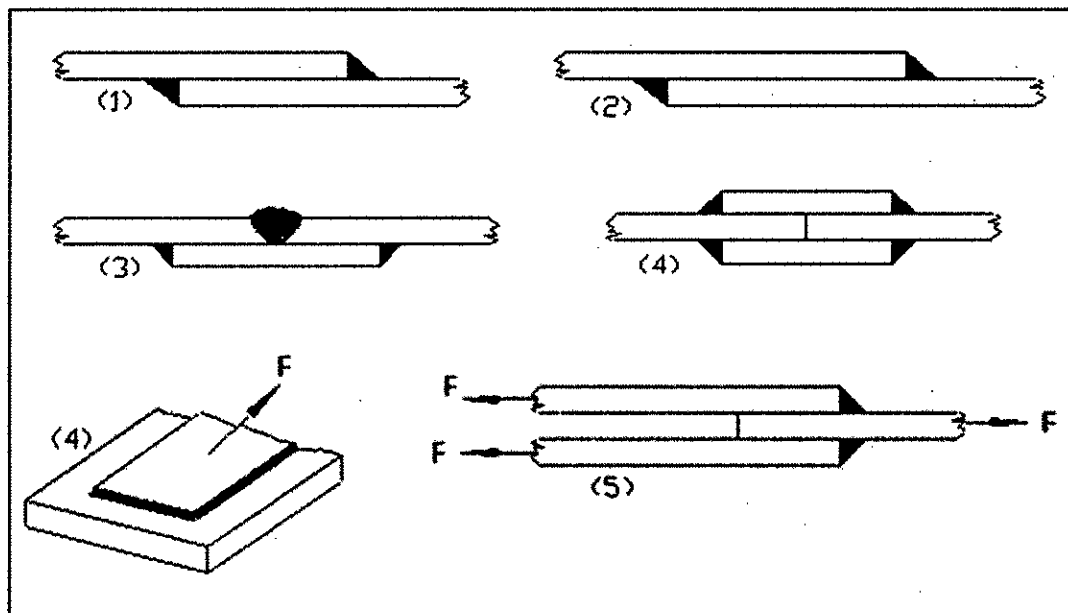
- Comprobación exterior, inspección ocular.
- Impermeabilidad, pruebas en depósitos a presión.
- Ensayo ultrasónico o acústico.
- Prueba de dureza
- Ensayos electromagnéticos magna flux.
- Aplicación de rayos X, comprobación de la existencia de burbujas, inclusiones de escoria, grietas, defectos, etc.
- Prueba de carga, por medio de máquinas de tracción o pruebas hidráulicas para recipientes.

TABLA Nº 4.1.
FORMAS BÁSICAS DE UNIONES EN SOLDADURA

Unión a Tope	Las piezas están en un mismo plano	
Unión solapada	Las piezas se solapan	
Unión paralela	Las piezas se superponen por su cara ancha	
Unión T	Una de las piezas, se apoya perpendicularmente por su extremo en la otra	
Unión en cruz	Dos piezas situadas en un mismo plano se apoyan perpendicularmente por su extremo contra un tercer, interpuesta.	
Unión inclinada	Una de las piezas incide por su extremo oblicuamente sobre la otra.	
Unión angular	Dos piezas inciden por sus extremos formando un ángulo cualquiera	

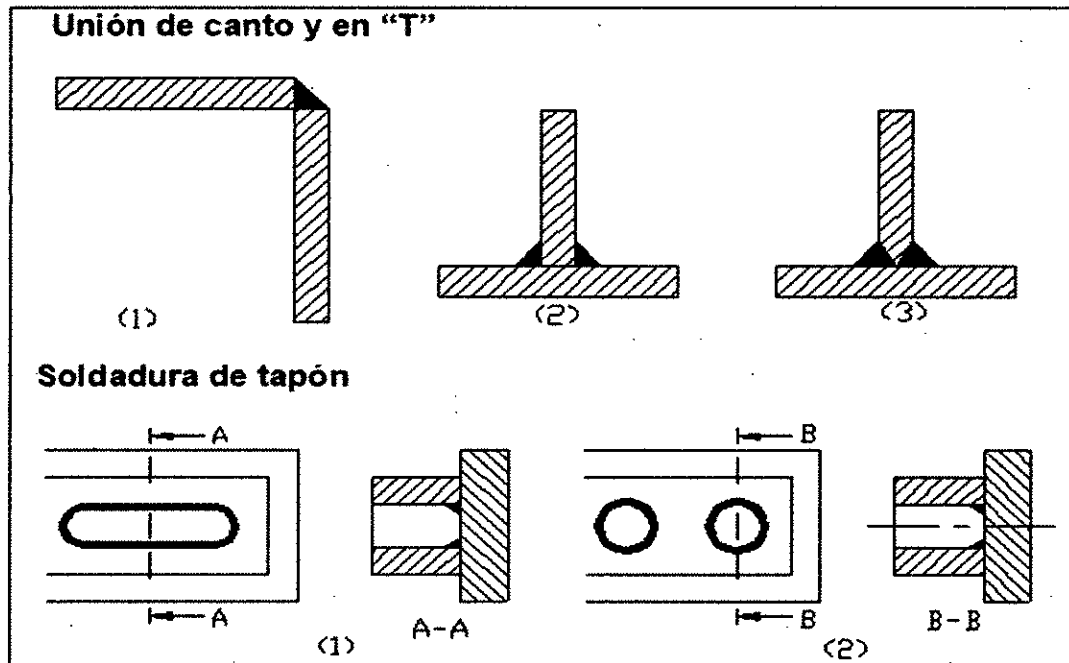
Unión soldada a solape.

FIGURA. Nº 4.3.
DIFERENTES FORMAS DE SOLDADURA.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 4.4.
PRINCIPALES FORMAS DE UNIÓN A SOLDAR.



Fuente: Elaboración propio

Bien, entonces, de acuerdo al tipo de unión los materiales a unirse tienen que preparar antes de ser soldados; esto es, pueden ser cortados, biselados, perforados, etc. según sea el tipo elegido para cada caso. En cuanto a esto último no se trata de una elección libre, en muchos de los casos, la selección de un tipo de unión depende del tipo de operatividad y las condiciones del mismo.

Para construcciones especializadas (tanques, recipientes a presión), hay formas que especifican el tipo de unión de acuerdo al espesor de la plancha y posición.

Uniones a tope

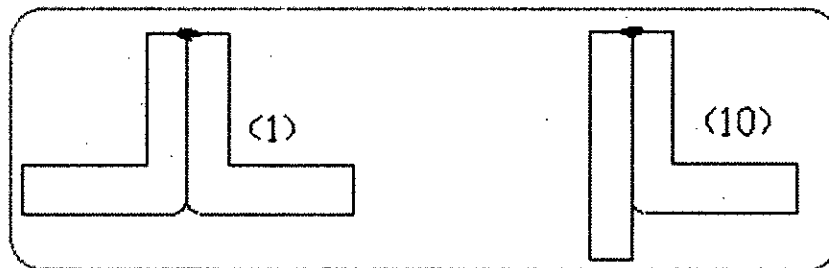
Según la preparación de las uniones a tope ⁽¹⁹⁾ estas pueden:

- a) Por el borde o rebordeada (1)
- b) Cuadradas (2)
- c) En V sencilla con bisel a $60^\circ - 70^\circ$ (3)
- d) En doble V (4)
- e) En bisel simple (6)

- f) En U (7)
- g) En doble U (8)
- h) En J (9)

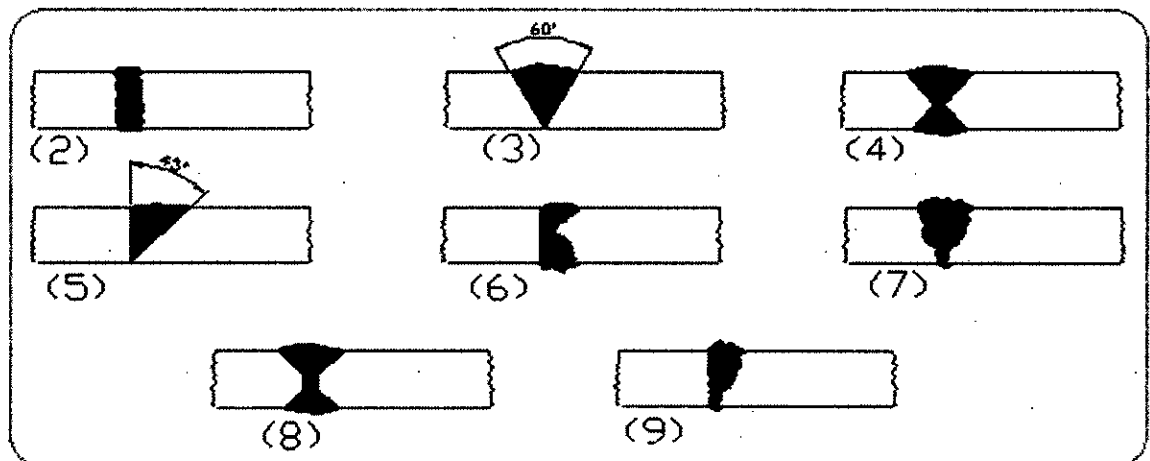
Como siempre en este tipo de soldadura, se deja un espacio entre las planchas (intersticio de soldadura). Este espacio depende del espesor de la plancha y del tipo de electrodo a usar, generalmente, varía desde 0.5 a 3 mm de 0.5 a 0.75 para planchas de 2 mm, de 2.5 a 3 para planchas de 5 mm, de 2 a 3 para planchas de 10 mm, y 3 para planchas mayores de 20 mm.

FIGURA N° 4.5.
FORMAS DE SOLDADURA



Fuente: Elaboración propio

FIGURA N° 4.6.
DIFERENTES DEPOSICIONES DE LA SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que las comisuras soldadas representan condiciones menos favorables que el material base sin soldar en el cálculo de las uniones soldadas se habrá de rebajar aún más la tensión admisible. En costuras de filete la tensión admisible de la soldadura, vale aproximadamente 70% de la tensión admisible del material. Luego las tensiones admisibles de las costuras soldadas de acuerdo con las reglas fundamentales de resistencia de materiales serian:

TABLA N° 4.2.
LOS PRINCIPALES ESFUERZOS DEL MATERIAL

Caso de Carga	Material					
	St33		St37		St52	
	H	HZ	H	HZ	H	HZ
- Comprobación simple y compuesta (flexo compresión), cuando sea necesario su comprobación contra pandeo y vuelco según ISO.	1100	1200	1400	1600	2100	2400
- Tracción simple y compuesta (flexo tracción), compresión compuesta (flexo compresión), cuando no sea posible una desviación de cordones comprimidos.	1200	1400	1600	1800	2400	2700
- Esfuerzo de corte ($\tau_{adm} = \sigma_{adm} / \sqrt{3}$)	780	800	900	1050	1350	1550

Fuente; Elaboración propia

TABLA N° 4.3.
DISTRIBUCION DE ESFUERZOS POR SOLDADURA.

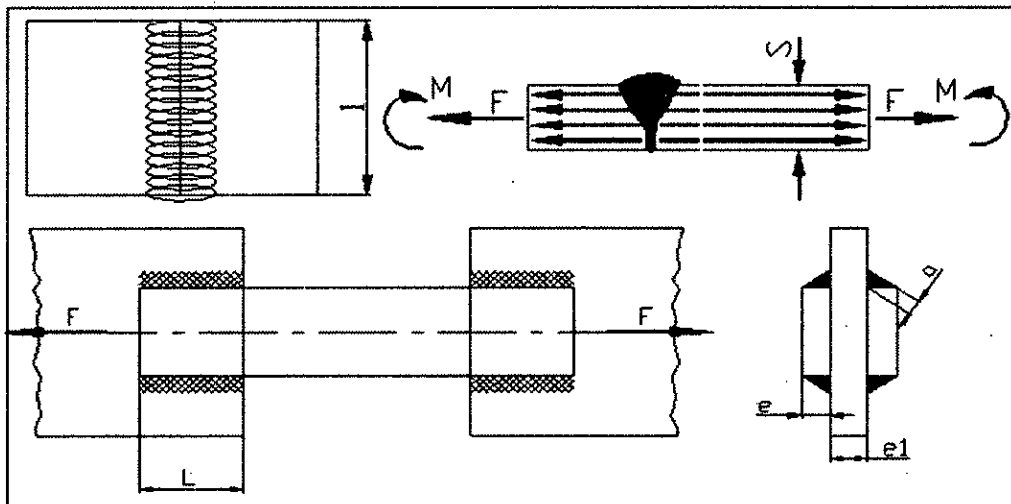
Cargas	Pieza	Costura a Soldar
Tracción	$\sigma_{sol} = \frac{F}{A} \leq \sigma_{adm}$	$\frac{F}{A_s} \leq v \cdot \sigma_{adm}$
Corte	$\tau_{sol} = \frac{Q}{A} \leq \tau_{adm}$	$\frac{Q}{A_s} \leq v \cdot \tau_{adm}$
Flexión	$\sigma_{sol} = \frac{M_b}{W_b} + \frac{N}{a \cdot l} \leq \sigma_{adm}$	$\frac{M_b}{W_{bs}} \leq v \cdot \sigma_{adm}$
Torsión	$\tau_{sol} = \frac{M_t}{W_t} \leq \tau_{adm}$	$\frac{M_t}{W_{ts}} \leq v \cdot \tau_{adm}$
Cargas combinadas	Según las hipótesis de cargas	$\sigma_{sol} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_{adm}$ $\sigma_{sol} = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_{adm}$

Fuente; Elaboración propia

4.1.5. Análisis tensiones nominales en uniones soldadas

a) Costura a tope:

FIGURA N° 4.7
MOMENTOS Y FUERZAS DE LA SOLDADURA



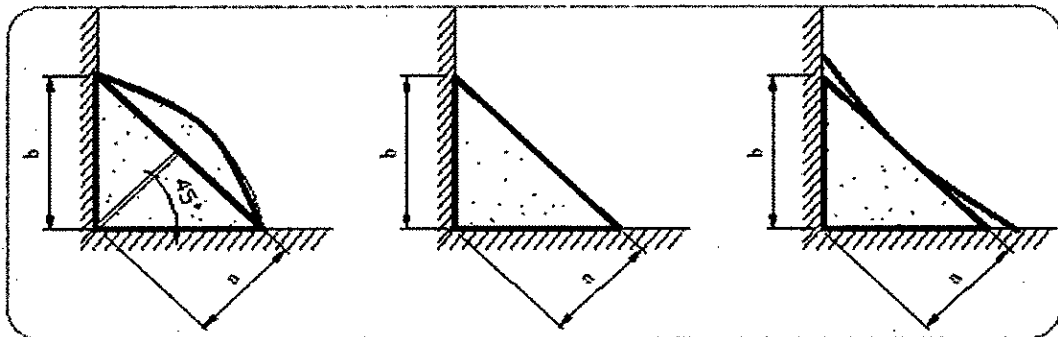
Fuente: Elaboración propia

Para los tipos de uniones a tope y las diferentes formas de sollicitación de carga se tiene en cuenta el espesor "t o e" de la

plancha (la plancha del menor espesor), y la longitud L. A esta longitud L se le debe descontar una longitud 2a por defecto del cráter inicial y final de la unión, donde "a" es la aportación mínima de la soldadura.

b) Análisis de la costuras de filete:

FIGURA N° 4.8
DEPOSICIÓN DE LA SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia

En este tipo de costuras, cualesquiera que sean su forma y sollicitación de carga, se toma en cuenta la sección en la garganta, y siendo su forma fundamental un triángulo rectángulo de catetos iguales a (e), nominado como soldadura de filete el espesor máximo de la costura será:

El espesor mínimo de soldadura.

$$a = \frac{e}{2 \cdot \text{sen}45^\circ} = 0.707 \cdot e \quad (4.1)$$

Espesor de aportación "a" debe tener el menor valor posible siendo el mínimo practicable en elementos de máquinas $a = 3 \text{ mm}$ y $a = 4 \text{ mm}$. En estructura metálicas, siendo su valor máximo $a = 0,7 e$ ("e" = espesor de la plancha menor).

El esfuerzo de corte nominal de la soldadura:

$$\tau_{sol} = \frac{F}{\Sigma a \cdot \eta \cdot l} \leq \tau_{soladm} \quad (4.2)$$

Donde:

F = fuerza o carga máxima en la soldadura.

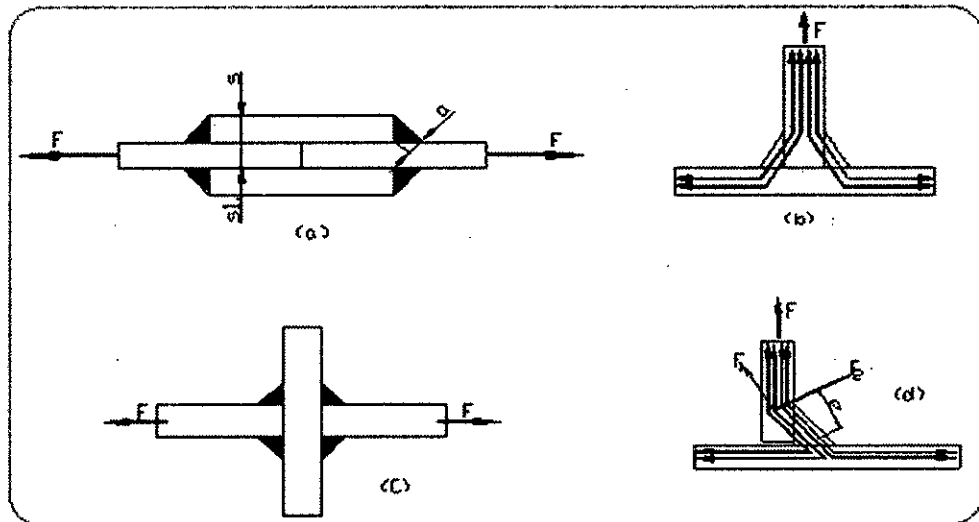
a. = aportación mínima de la soldadura.

l. = longitud de operatividad básico del cordón.

η = rendimiento de la soldadura del electrodo (65%)

Σ = número de cordones de la soldadura.

FIGURA N° 4.9.
DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS DE LA SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia.

Caso de la soldadura de filetes frontales:

Casi todos trabajan a tracción, como el caso siguiente:

$$\sigma_s = \frac{F}{e \cdot L} \leq \sigma_{adm} \quad (4.3)$$

Donde:

F = fuerza máxima de la soldadura.

e. = espesor mínimo de la plancha a soldadura.

L = longitud del cordón de soldadura aportada.

σ_s = esfuerzo de tracción o compresión máxima de la soldadura.

$\sigma_{adm.}$ = esfuerzo admisible de la soldadura (1200Kgff/cm²).

En el caso de la soldadura que está sometida a tracción por la fuerza F, y a flexión por la fuerza F₂ (despreciando la fuerza de corte F₂).

$$\sigma_s = \sigma + \sigma_b$$

$$\sigma = \frac{0.707 \cdot F}{A \cdot l} \quad (4.4)$$

$$F_1 = F_2 + 0.707 \cdot F$$

Esfuerzo de la soldadura.

$$\sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W_s} + \frac{N_{max}}{a \cdot l} \leq \sigma_{adm} \quad (4.5)$$

Donde:

M_{bmax} = momento flector máximo (cm-Kgf) (lbf-in)

W_s = módulo de resistencia en flexión $(a \cdot l^2/6)(cm^3)$ (in^3)

N_{max} = carga máxima al sistema (Kgf) (Kip)

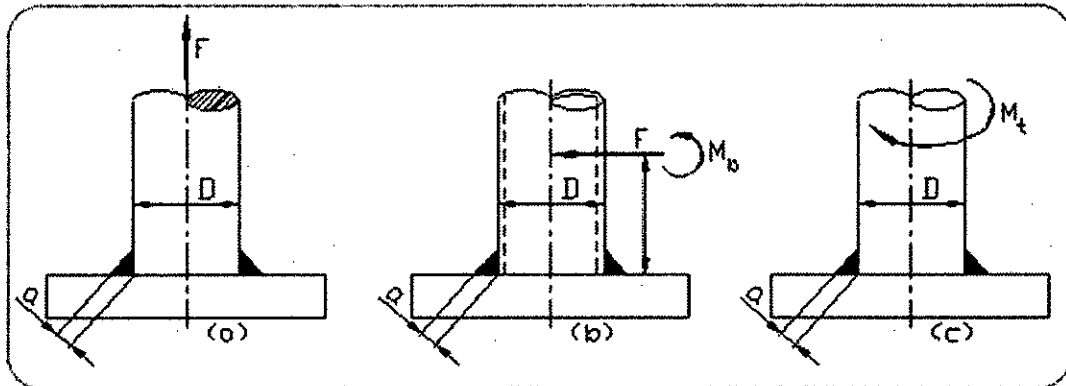
$a \cdot l$ = área de la longitud requerida. $(cm^2)(in^2)$

$$M_{smax} = N_{max} \cdot e_x \quad (\text{kgf.cm})$$

$$\sigma_b = \frac{4.25F \cdot C}{la^2} = \frac{(0.707F \cdot C)}{(la^2/6)} \quad (4.6)$$

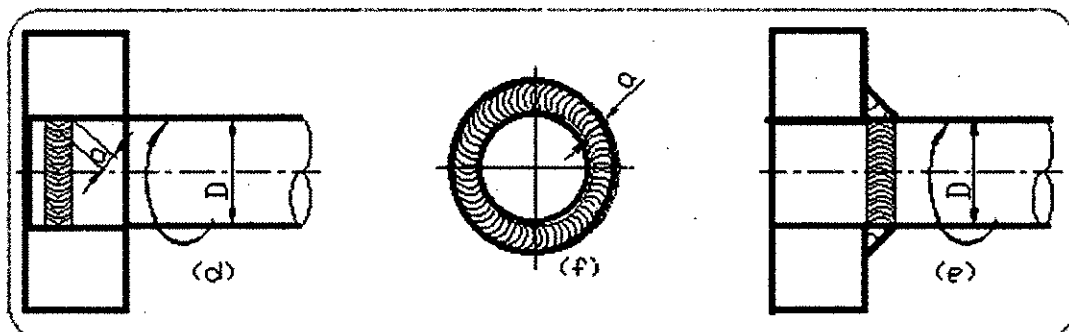
En el caso de costuras de filetes anulares (circulares):

FIGURA N° 4.10.
SOLDADURA CIRCULAR DE ESFUERZO DE TORSIÓN



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 4.11.
SOLDADURA CIRCULAR SOMETIDO A ESFUERZO DE TORSIÓN



Fuente: Elaboración propia

En la fig.N° 4.11 se propone la sección circular sometida a torsión y tracción es:

$$A_s = \frac{(D+2a)^2}{4} - \left(\pi \frac{D^2}{4} \right) \quad (4.7)$$

4.1.6. Procesos de soldadura.

Las más usuales uniones de soldadura son:

-Unión a tope, es de gran resistencia debido a la magnífica conducción del flujo de fuerzas, dado que dependen del espesor (e) de las piezas a unir, la preparación de las uniones, son de gran importancia porque la resistencia de la soldadura influencia

extraordinariamente en la estética de la pieza que se aporta la soldadura.

-Unión a solape, tiene las mismas características de funcionalidad que a tope, pero con los achaflanados que se añaden, son de mayor resistencia, por ello que las bocamasas se efectúan por este método de procedimiento.

La preparación de la soldadura en toda su magnitud esta propuesto su normalización por el sistema ISO 9002 la nomenclatura se propone en el desarrollo del texto.

4.1.7. Tensiones de operatividad de la soldadura.

La resistencia de las uniones de soldadura, es importante distinguir, la rotura en la sección transversal y resistencia en el empalme, entre el enlace del material y la soldadura, la resistencia depende:

- Del material de las piezas que se sueldan.
- Del procedimiento de la soldadura.
- Del tipo de electrodo.

Asimismo, debe considerarse que las uniones soldadas se le solicitan, una resistencia estática, en las piezas que se unen, deben presentar un alargamiento mínimo y de resistencia suficiente.

La soldadura por su condición misma de operatividad debe asumirse del cálculo para las condiciones siguientes:

A tope: esfuerzo normal a tracción axial (σ_t):

$$\sigma_t = \frac{F}{e \cdot L} \leq \sigma_{adm} \quad (4.8)$$

Donde:

F = carga o fuerza máxima (Kgf)

L = longitud a soldar (cm)

e = espesor de la plancha (cm)

En los cálculos se consideran al espesor máximo, y que depende del espesor de la plancha.

Aportación máxima de la soldadura:

$$a = e \cdot \text{sen } 45^\circ = 0,707 \cdot e \text{ (mm)}$$

Esfuerzo tensión normal a Solape.

$$\sigma_t = \frac{F}{2l_0 \cdot a_0} \leq \sigma_{adm} \quad (4.9)$$

Área de la soldadura: $A = 2 \cdot l_0 \cdot a_0$

Esfuerzo de corte o cizallamiento:

$$\tau_t = \frac{F}{A} \leq \tau_{adm} \quad (4.10)$$

Donde $A = \sum a_0 \cdot l_0$

a_0 = aportación mínima de la soldadura (mm)

l_0 = longitud nominal (mm)

4.2. Análisis de la deposición de la soldadura

- a) Análisis del tipo de la soldadura.
- b) Determinación del peso aparente.
 P_a = deposición / longitud a soldar (lb) (Kgf)
- c) Cálculo del peso real
 $P_r = P_a / \eta$ (Kgf)
 η = rendimiento del electrodo = 65%

- d) Cálculo de la intensidad nominal de la corriente.

$$I_n = \left(K - \frac{d}{10} \right) \cdot (d^2 + 4d) \quad (\text{Amp}) \quad (4.11)$$

Donde:

K = coeficiente del material (acero 4,1 y acero inoxidable 6,1)

d = diámetro del electrodo (mm)

- e) Intensidad de diseño.

$$I_d = 2.25 \cdot I_n$$

- f) Tipo de electrodo, se propone por medio de TABLAS

- g) Velocidad de la deposición:

$$V_{\text{dep}} = \frac{\text{Peso}}{\text{Tiempo}}$$

- h) Cálculo del tiempo hora máquina.

$$T_{\text{Hm}} = \frac{P_r}{V_{\text{dep}}} \quad (\text{horas}) \quad (4.12)$$

- i) Calculo de los electrodos.

36 varillas = 1 Kgf

36 varillas = \$5.65/Kgf

X = 20.738Kgf

809 varillas X = \$ 117.2

Costo de la mano de obra:

1 varilla = 62seg.

Gastos generales:

$G_G = (2 \text{ a } 3) \cdot \text{salario del técnico.}$

Costo de la mano de obra.

$C_{\text{MO}} = \$ 1/\text{hora}$

Costo de la energía eléctrica. (Kilowatt-hora)

$$C_E = \left[\frac{I_d \cdot U}{1000 \cdot f_s \cdot \eta} + N^{\circ} \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) \right] \cdot T_H \quad (4.13)$$

I_d = intensidad de diseño en Amp.

U = tensión del cambio del arco voltaico = 25V

f_s = factor de seguridad = 2

N° = consumo de corriente en Kw = 2.0 rectificado.

T_{HM} = tiempo hora máquina, en horas

Para calcular el aporte del calor (Q) a la soldadura, expresado en Kilo-Joule por centímetro de cordón de soldadura, se puede emplear la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{U \cdot I \cdot 60}{V \cdot 100} \quad (4.14)$$

Donde,

Q = el calor aportado a la soldadura, expresado en kJ/cm ;

U = el voltaje empleado en la corriente, en Voltios (V);

I = la intensidad de corriente, en amperios (A);

V = la velocidad de avance en la ejecución del cordón de soldadura, expresada en centímetros por minuto (cm/min).

4.2.1. Teoría de los materiales[1].

El rendimiento promedio de los materiales es la carga que se aplica en sus formas y etapas, este en el orden de la existencia del factor económico y la posibilidad de uso de los materiales en condiciones normales, por ello estimamos necesario resumir las características básicas de los materiales que influyen en el diseño, poniendo de relieve las influencias de:

- Resistencia a la rotura.
- Límite de fluencia.
- Módulo de elasticidad.
- Dureza superficial.
- Resiliencia a la fatiga, bajo tensiones cíclicas

- Comportamiento cronológico bajo tensión y alta temperatura.
- Resistencia al ataque electroquímico.
- Resistencia a la abrasión recíproca entre piezas.
- Coeficiente de transmisión y de dilatación térmica.
- Peso específico.
- Características relacionadas con los procedimientos de fabricación (proceso de manufactura en máquinas herramientas, soldadura, tratamiento térmico, etc.).
- Deformación espontánea en el tiempo.
- Características estáticas (color, recubrimiento, etc.)
- Condiciones de obtenerse en el mercado y costo unitario.

Influencia de los procedimientos de fabricación.

El procedimiento de fabricación de piezas grandes y complejas (cajas y armazones), en su comparación y reunión con cordones de soldadura con chapas y perfiles de acero. En ciertos casos, tales conjuntos están integrados por partes de acero, cuya obtención es con un solo corte de plancha.

En este caso, el costo del corte de cada elemento y de su sucesiva reunión por soldadura es menor al costo de las piezas equivalentes fundidas, pero ello está mayormente compensado por la eliminación del modelo y moldes.

El uso de los procedimientos de soldadura, se efectúan por medio de la soldadura oxiacetilénica para el corte de planchas y achaflanado de las piezas a unir por medio de la soldadura eléctrica.

Además el diseño de una pieza soldada resulta diferente de las piezas de fundición, en comparación, la propuesta por soldadura presenta la ventaja de exigir menores espesores, y son estas:

En el campo de las piezas sometidas a esfuerzos, o limitaciones de deflexión elástica, el acero común de las planchas admiten cargas unitarias y tiene un módulo de elasticidad el doble de una pieza fundida, por lo que, si se flexa el espesor se puede reducir el espesor. Por la gran libertad de deposición relativa de los componentes permite siempre ubicar las partes resistentes en el plano de la acción del esfuerzo.

La soldadura presenta por ende, la ventaja de no exigir la superposición de planchas, con la consiguiente anulación de los esfuerzos de flexión debido al alejamiento de los planos medianos respectivos, ni la dilatación debida a los agujeros de pasaje, ni al agregado de las cubrejuntas, si se necesita eliminar ambas causas negativas.

Como lo indica claramente el plano, en la mayoría de los casos, uno o ambos bordes de las planchas por unir deben ser preparados con chaflanes de distintas formas para el rellenado de la soldadura. La tensión admisible para la soldadura depende del tipo de soldadura y de la clase de esfuerzo, y viene dado en función del material de las piezas.

TABLA N° 4.4.
TIPOS DE SOLDADURA CON ELECTRODOS.

Tipo de Soldadura	Clase De Esfuerzo	Resistencia la soldadura
A TOPE	Tracción	0,85.K
	Compresión	0,80.K
	Flexión	0,80.K
	Torsión	0,65.K
	Corte	0,65.K
A SOLAPE	Tracción	0,65.K
	Compresión	0,65.K
	Flexión	0,65.K
	Torsión	0,65.K
	Corte	0,65.K

Donde K representa la tensión admisible del referido material.

Procedimientos a soldar.

Los diferentes procedimientos podemos clasificarlos en tres grupos:

- a) Por Capilaridad, denominadas Soldaduras Blandas (estaño y plomo) y Soldaduras Fuertes (bronce y plata).
- b) Por Presión, entre las que se encuentran la de Forja o Fragua y las de Resistencia Eléctrica (puntos, roldanas, tope, etc.).
- c) Por fusión. Existen varios procedimientos, pero los más importantes son las Soldaduras por Arco Eléctrico (Manual, semi-automático y automático), las Oxiacetilénicas y las combinadas de Electricidad y Gas (TIG y MIG).

a) **Soldadura por puntos.**

Este procedimiento consiste en unir metales mediante una gran intensidad de corriente y bajo voltaje que proporcionan el calor para la soldadura. Inmediatamente después se aumenta la presión mecánica de los electrodos, finalizando la soldadura de la zona deseada (generalmente se usa para planchas de poco espesor).

b) **Proceso TIG (Tungsteno Inerte Gas)**

La unión de las piezas se consigue por calentamiento de un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y la pieza, manteniendo el arco y el metal fundido debidamente protegido por un gas inerte (gas argón o helio).

Puede añadirse metal de aportación en una forma similar a la soldadura oxiacetilénica.

4.2.2. Máquina de soldadura al arco eléctrica.

Como se ha expuesto anteriormente, para producir el arco eléctrico se puede emplear máquinas generadoras de corriente continua o

transformadores de corriente alterna. Veamos ahora, como funcionan referidos conjuntos.

a) **Máquinas de corriente continúa.**

Estas máquinas constan de un motor eléctrico que, al ser conectados a la red de corriente eléctrica, impulsa a un generador de corriente continua, unido mecánicamente al motor, que produce una corriente continua de bajo voltaje y elevado amperaje.

Corriente continua.- En la corriente eléctrica que recorre el conductor en un solo sentido.

Voltio.- Es la unidad que evalúa a la tensión (voltaje) de la corriente eléctrica.

Amperio.- Es la unidad que mide la intensidad de la corriente eléctrica.

Algunas máquinas de soldar tiene voltímetro y un regulador de voltaje, pero todas las máquinas en general tienen reguladores que permiten variar el amperaje o intensidad de corriente eléctrica necesaria para soldar.

En las máquinas de corriente continua se determinan el polo positivo y el polo negativo en los bornes donde se fijan los cables; el polo positivo tienen el signo (+) y el polo negativo, el signo (-). Cuando el cable del porta electrodo se fija al borne señalado con el signo (+), decimos que la polaridad es Directa o Normal. Cuando hacemos lo contrario, decimos que la polaridad es Indirecta o Invertida.

b) **Máquinas de corriente alterna.**

Estas máquinas, conocidas también con el nombre de transformadores, constan de dos bobinados arrollados a núcleos de hierro.

Uno de los bobinados se conecta a la red de corriente eléctrica y, por efecto de un fenómeno eléctrico produce en el

otro bobinado una corriente eléctrica alterna de menor voltaje y mayor amperaje.

En una máquina de corriente alterna no es posible diferenciar los cables por sus polos, porque la electricidad fluye por ellos alternando su sentido o dirección cierto número de veces por segundo.

Los electrodos se fabrican en gran variedad de núcleos de alambre; revestimientos y diámetros.

Un buen operario soldador debe conocer perfectamente los tipos de corrientes de electrodos. Cuando elija uno, es necesario que reúna las siguientes propiedades:

- a. Para soldar con clase de corriente (alterna o continua) empleada.
- b. Ser adecuado para el metal base que se quiere soldar; y
- c. Convenir el destino que se dará a la pieza que se suelda.

El revestimiento determina en gran parte las características de operación del electrodo.

La explicación del Sistema es la siguiente: Tomemos como ejemplo el electrodo cuya clasificación, de acuerdo a la "AWS", es el E-6010. En este caso, el número del electrodo sólo es de cuatro cifras.

Cuando el número del electrodo tiene cinco cifras, entonces los 3 primeros números significarán resistencia mínima a la tracción.

Para cualquier número de electrodo, sea de cuatro o de cinco cifras, el penúltimo número siempre nos indica la posición a soldar. A continuación, lo significados de los "penúltimos" más usados:

- 1). Significa: Soldar en toda posición.
- 2). Significa: Soldar en posición plana y horizontal solamente;
- 3). Significa: Soldar sólo en posición plana.

El último número tiene una serie de informaciones en la forma siguiente:

Posición a soldar.

a) Posición plana.

Puede emplearse electrodos de toda clase y de todos los diámetros.

Esta posición es la más rápida y fácil de ejecutar. Intensidad de corriente alta, de acuerdo al del electrodo.

b) Posición horizontal.

Puede soldarse con todos los tipos de electrodos. La elección del diámetro del electrodo depende de la magnitud admisible del baño de fusión.

c) Posición sobre cabeza.

Se puede emplear un electrodo que deje un depósito en forma de grandes gotas. Usar menos intensidad de corriente que la de posición horizontal.

d) Posición vertical ascendente.

Utilizar los mismos electrodos que para la posición de sobre cabeza. Tener el arco particularmente corto y poca intensidad de corriente.

e) Posición vertical descendente

Se empleará de preferencia electrodos especiales contruidos para esta posición. la intensidad de corriente puede ser la misma que se usa para la posición plana y de acuerdo al diámetro del electrodo.

Soldadura MIG/MAG

En la soldadura por arco metálico con gas, conocida como proceso MIG/MAG, la fusión es producida por un arco que se

establece entre el extremo del alambre aportado continuamente y la pieza a soldar de la soldadura:

- MIG.- el cual emplea protección de un gas puro, inerte (helio, argón, etc).
- MAG.- el cual hace uso de dióxido de carbono, CO_2 , como as protector.

La tarea, que cumplen los gases protectores arriba mencionados, es la de proteger al arco, al baño de fusión y al material de aporte contra el peligroso acceso de los gases de la atmósfera. En ella se señala el alambre, la protección gaseosa, el arco y el metal depositado. el proceso puede ser semiautomático o automático, siendo el método semiautomático el de mayor aplicación.

Boquillas de sopletes..

Las boquillas o puntas de los sopletes de soldar son piezas desmontables y numeradas. Se construyen con una conicidad interior de alta precisión, y se conectan al mezclador de gases del soplete. (Algunas boquillas, según la procedencia de fabricación, vienen con su propio mezclador).

**TABLA N° 4.6. SOLDADURA DE GAS.
CUADRO INDICATIVO DE BOQUILLAS DE ACUERDO AL MATERIAL A
SOLDAR**

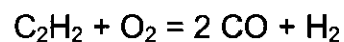
Nº de Boquilla	Espesor de la plancha (mm)	Consumo en litros/ hora de oxígeno y acetileno
0.5 – 1	0.5 – 1	80
1 – 2	1 – 2	150
2 – 4	2 – 4	300
4 – 6	4 – 6	500
6 – 9	6 – 9	750
9 – 14	9 – 14	1250
14 – 20	14 – 20	1800
20 – 30	20 – 30	2600

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Llama oxiacetilénica.

Esta llama resulta de la combustión de una mezcla de acetileno y de oxígeno, teóricamente en volúmenes iguales, pero en realidad hay 1:1 de oxígeno por una de acetileno.

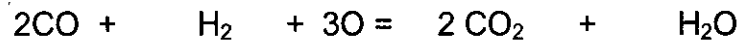
En el dardo (a) se verifica la primera combustión, cuya fórmula química es:



Acetileno + Oxígeno = Anhídrido Carbónico + Hidrógeno.

En esta primera combustión se forman, en la zona B, dos gases reductores: el óxido de carbono (CO) y el hidrógeno (H). Los gases de esta zona tienen la propiedad de descomponer los óxidos metálicos en sus componentes (reducen los óxidos de los metales), con lo cual, el metal fundido puede mantenerse libre de óxidos. Esta zona reductora es de gran importancia para la soldadura,

pues permite que se mantenga libre de escoria el baño del metal en fusión.



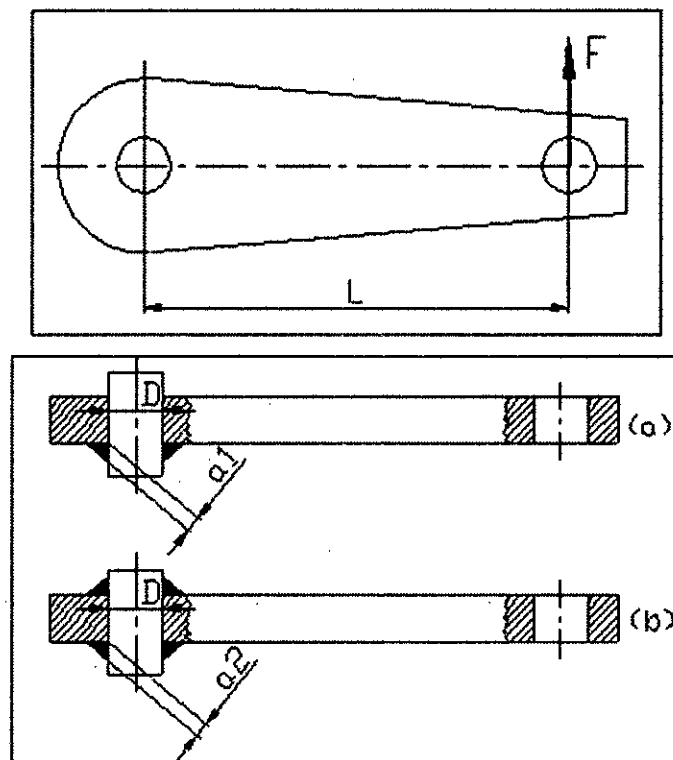
Unión soldada: Análisis axiomático.

Problema 1.

En el laboratorio de ingeniería de manufactura, se requiere calcular la soldadura por arco eléctrico para un elemento de máquina que está sometido a una carga F alternante que varía desde -25Kgf hasta $+25\text{Kgf}$. Considerar que los materiales de construcción de ambas piezas a soldar son de acero St37. Se pide determinar el problema con las dos situaciones gráficas mostradas.

$D = 25 \text{ cm}$

$L = 30 \text{ cm}$



Planteamiento:

Caso (a) Un solo cordón

Siendo un elemento de máquina sometido a una carga dinámica alternantiva tenemos:

$$\tau_{Sol} = v_1 * v_2 * \frac{\tau_f}{S}$$

Donde $v_2 = 1$ (soldadura de clase I) y $v_1 = 0.22$

$S = 2$ (asumido) y $\tau_f = 1000 \text{ Kgf/cm}^2$

Efectuando:

$$\tau_{Sol} = 0.22 * 1 * \frac{1000}{2} = 110 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

Teniendo ahora la tensión que resiste la soldadura para la situación de carga tendremos:

$$\tau_{Sol} = \frac{M_t}{W_{ts}} + \frac{N_{max}}{a * l} \leq \tau_{adm}$$

Y, como el espesor del filete es relativamente mayor con respecto a su longitud (y la forma del cordón), debemos encontrar el momento resistente a la torsión (no lineal).

$$W_{ts} = \left[(D + 2a_1)^4 \cdot \frac{\pi}{4} - D^4 \cdot \frac{\pi}{4} \right] \cdot \frac{1}{r + a_1}$$
$$W_t = \left[\frac{(D - 2a_1)^4 - D^4}{D + 2a_1} \right] \cdot \frac{\pi}{16}$$

Reemplazando los diversos valores para "a" tendremos:

Momento torsor: $M_t = 25 * 30 = \pm 750 \text{ Kgf-cm}$

a_1 en cm	0.4	0.5	0.6
W_s en cm^3	4.75	6.22	7.85
τ_s en Kgf/cm^2	158	120	96

Con la ayuda de la TABLA; la tensión admisible τ_{sol} vemos que con $a_1 = 6\text{mm}$ satisface la condición de la aportación (a).

Para efectos de comparación veamos, el volumen de la soldadura es:

$$V = \pi \cdot a_1^2 \left(D \cdot \frac{2}{3} \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} \right)$$

$$V = \pi \cdot 0.6^2 \left(2.5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.6 \cdot \sqrt{2} \right)$$

$$V = 3.5 \text{ cm}^3$$

Caso (b) con doble filete

En la ecuación de la tensión admisible varia el factor v_1 de la TABLA.

$$v_1 = 0.35.$$

$$\tau_s = 0.35 \cdot 1 \cdot \frac{1000}{2} = 175 \text{ Kgf/cm}^2$$

El momento resistente W_s para $a_2 = 3\text{mm}$ (mínimo valor) teniendo en cuenta una relación directa aparente en área resistente.

$$W_{ts} = 2 \left[\frac{(D + 2a_2^4 - D^4)}{D + 2a} \right] \cdot \frac{\pi}{16}$$

$$\text{Para } a_2 = 3 \quad W_s = 6.8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Con: } \tau_s = \frac{M_t}{W_s} = \frac{750}{6.8} = 110 \text{ Kgf/cm}^2$$

Como vemos está asegurada (1100 y 1750 Kgf/cm²), el volumen de la soldadura aportada será:

$$V = 2a_2^2 \left(D + \frac{2}{3} \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} \right)$$

$$V = 2 \cdot \pi \cdot 0.3^2 \left(2.5 + \frac{2}{3} \cdot 0.3 \cdot \sqrt{2} \right) = 1.6 \text{ cm}^3$$

Como podemos observar, finalmente con un volumen igual a la mitad de la soldadura el caso (b) es más eficiente que el caso (a), tanto en resistencia como en gasto en el material de aportación.

Problema 2

En el laboratorio de ingeniería de manufactura debe soldarse eléctricamente, a tope, una chapa de acero de 200 x 15 mm material St 37; tipo de carga, H; tipo de sollicitación, tracción axial; $\sigma_{adm} \leq 1200 \text{ Kgf/cm}^2$ según norma ISO 9001

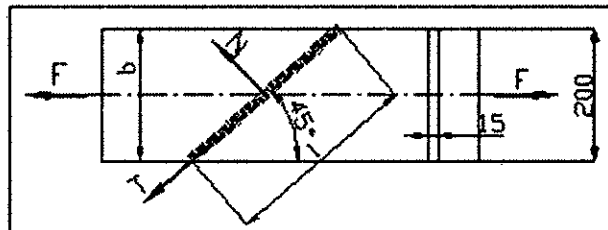
a) Costura a tope con examen del 100% con rayos X; disposición según la figura: $\sigma_{adm} \leq 1200 \text{ Kgf/cm}^2$,

$$F_{max} = A_o \cdot \sigma_{adm} = 20 \cdot 1.5 \cdot 1200 = 36 \cdot 10^3 \text{ Kgf.}$$

b) Costura a tope; sin examen con rayos X

$$\tau_{adm} \leq 1200 \cdot 0.55 = 900 \text{ Kgf/cm}^2,$$

$$F_{max} = A \cdot \tau_{adm} = 30 \cdot 900 = 27 \cdot 10^3 \text{ Kgf.}$$



Para el segundo caso, no puede aprovecharse al máximo y dispondremos de la junta de unión a 45°. Con ello, la costura soldada queda sometida a sollicitaciones de tracción y de corte o de cizalladura.

$$\text{Esfuerzo normal. } N = F \cdot \text{sen}45^\circ$$

$$\text{Esfuerzo cortante. } T = F \cdot \text{Cos}45^\circ$$

Con $l = b / \text{sen } 45^\circ$ debe verificarse:

$$\sigma_{mat} = \frac{N}{a \cdot l} = \frac{F \cdot \text{sen}^2 \cdot 45^\circ}{a \cdot b} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot b} \leq \sigma_{maxadm} \leq 1100 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\tau_{\text{sol}} = \frac{T}{a \cdot l} = \frac{F \cdot \cos^2 45^\circ \cdot \sin^2 45^\circ}{a \cdot b} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot b} \leq \tau_{\text{sol adm}} \leq 900 \text{Kgf/cm}^2$$

Luego, la tensión que es capaz de soportar la junta, tensión comparativa o de referencia, vale::

$$\sigma_{\text{sold}} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{\text{sold}} + \sqrt{\sigma_{\text{sol}}^2 + 4 \cdot \tau_{2\text{sold}}^2} \right)$$

Para $\tau/\sigma = 900/1100 \approx 0.82$, o sea, $\tau_{\text{sold}} = 0.82 \cdot \sigma_{\text{sold}}$, se tiene

$$\sigma_{\text{rsold}} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{\text{sold}} + \sqrt{\sigma_{\text{sold}}^2 + 4(0.82 \cdot \sigma_{2\text{sold}})^2} \right) = \frac{1}{2} \cdot 2.92 \cdot \sigma_{\text{sold}} \leq \sigma_{\text{sold adm}}$$

o sea: $\sigma_{\text{sold}} \leq \sigma_{\text{sold adm}}/2.46 \leq 750 \text{Kgf/cm}^2$

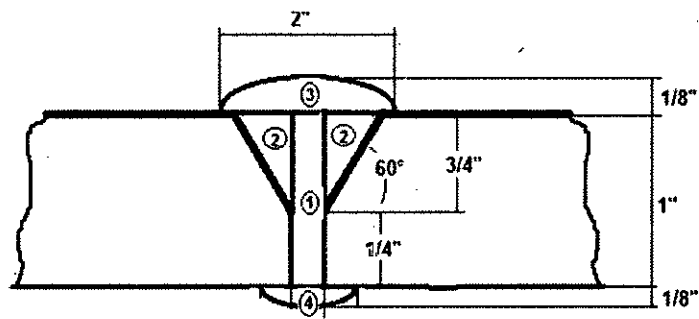
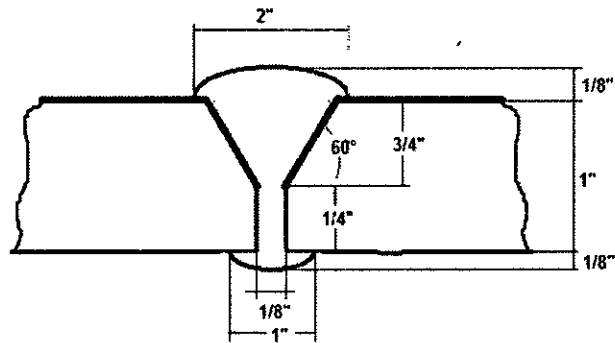
y, según la igualdad (a), $F \leq 2 \cdot a \cdot b \cdot \sigma_{\text{sold}} \leq 2 \cdot 2.5 \cdot 20 \cdot 750 \leq 45 \cdot 10^3 \text{Kgf}$

Así, pues, con una costura soldada sin examinar por rayos X, la sección de la barra puede aprovecharse hasta un 95% disponiendo la costura con un ángulo de 45° respecto al eje de la barra y ejecutándola según la figura.

Problema 3

En el laboratorio de ingeniería de manufactura se va soldar con electrodos y máquina de soldar eléctrica estándar un dispositivo mecánico como se muestra en el dibujo mecánico adjunto y la longitud es de 5pies. Los datos son siguientes:

A).- Planteamiento:



2.- Deposición a tope.

$$Dep_{\parallel} = (1'' \times \frac{1}{8}'') = 0.425 \text{ lbf / pie} = 0.425 \text{ lbf / pie}$$

2.- Deposición angular.

$$Dep_{\Delta} = (\frac{3}{4}'' \times 30^{\circ}) = 0.552 * 2 = 1.104 \text{ lbf / pie}$$

3.- Disposición de refuerzo (1)

$$Dep_{\cap} = (\frac{1}{8}'' * 2'') = 0.866 = 0.866 \text{ lbf / pie}$$

4.- Deposición refuerzo (2)

$$Dep_{\cap} = (\frac{1}{8}'' * 2'') = 0.301 = 0.301 \text{ lbf / pie}$$

$$Dep_T = \sum Dep_T = 2.696 \text{ Lbf / pie}$$

B).-Peso aparente:

$$Pa = \sum Dep_T \cdot Long = 2.696 * 5 = 13.48 \text{ lbf}$$

Peso real:

$$P_R = \frac{P_C}{\eta} = \frac{13.48}{0.65} = 20.738 \text{ Lbf}$$

C).- Intensidad de la corriente nominal:

$$I_n = \left(4.1 - \frac{d}{10}\right) \cdot (d^2 + 4 \cdot d) = \left(4.1 - \frac{3.175}{10}\right) \cdot (3.175^2 + 4 \cdot 3.175)$$

$$I_n = 86.17A$$

Intensidad de diseño:

$$I_d = 1.25 \cdot I_n = 1.25 \cdot 86.17 = 108A$$

D).- Tiempo hora máquina:

$$T_{HM} = \frac{P_R}{V_{Dep}} = \frac{20.738}{2.2} = 9.426 \text{ horas}$$

Cálculo de los electrodos:

$$36 \text{ varillas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ Kgff} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \$6.5/\text{Kgff}$$

$$36 \text{ varillas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ Kgff} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \$4.44/\text{Kgff}$$

$$X \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 20.738 \text{ Kgff}$$

$$\# 746.57 \cong \# 747 \text{ varillas}$$

$$36 \text{ varillas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \$6.5/\text{Kgff}$$

$$745 \text{ varillas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X$$

$$X = \$134.146$$

$$36 \text{ varillas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1 \text{ Kgff} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \$4.44$$

$$1 \text{ Kgff} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \$4.44$$

$$36 \text{ varillas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 6.5$$

$$745 \text{ Varillas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X = \$134.145$$

Costo de la mano de obra:

$$\text{Cellocord E6011} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \text{número de varillas} = 745$$

$$\text{Tiempo de deposición: } \text{Tiempo} = 745 \cdot 62 \text{ seg} \Rightarrow 46190 \text{ seg} / 60 \cdot 60$$

Tiempo hora máquina: **TH=12.83Horas.**

Costo de la mano de obra:

$$\$ 1/\text{hora}$$

$$C_{MO} = \$ 1/\text{hora} \cdot 12.83 = \$12.83.$$

Calculo de gastos generales:

$$GG = 2 \text{ a } 3 \text{ x salario} = 3 \cdot 12.83$$

$$GG = \$ 38.45$$

Costo de la energía eléctrica:

$$C_E = \left[\frac{I_d \cdot U}{1000 \cdot f_s \cdot \eta} + N^\circ \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) \right] \cdot T_H$$

Donde:

I_d = Intensidad de diseño = 108°

U = tensión del arco voltaico = 24V*(celulósico)

f_s = factor de seguridad = 2

N° = consumo de corriente en Kw = 2.0 máquina rectificador

T_H = tiempo hora máquina (en horas)

T_{HM} = 9.426 horas.

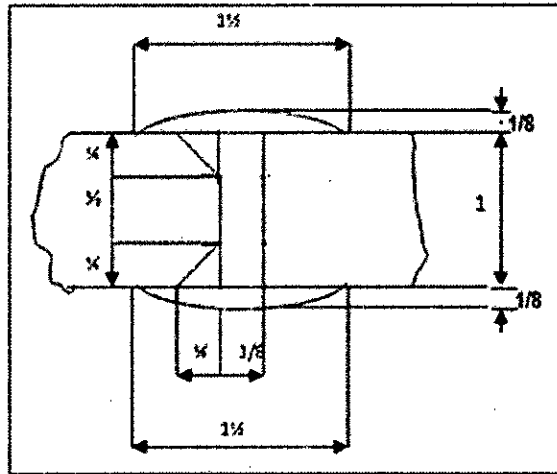
$$C_E = \left[\frac{108 \cdot 24}{1000 \cdot 2 \cdot 0.65} + \frac{1}{2} \right] \cdot \frac{Kw}{h} \cdot 9.426 = 23.5Kwh$$

Problema 4

En el laboratorio de ingeniería de manufactura se proporciona el dibujo mecánico indicado, cuya muestra es un tipo de deposición a tope para una plancha de 1" de espesor y una longitud de 4.5m, cuyos parámetros a soldar se han extraídos de TABLAS de soldadura establecidas y son: deposición del refuerzo; Dep_{\square} es 0.632grf/mm, deposición del vano; $Dep_{||}$ es 0.638grf/mm, la deposición del filete; Dep_{Δ} = 0.110 grf/mm y la velocidad de deposición es 2.136 Kgf/hora.

Se pide determinar:

1. La deposición total de la soldadura.
2. Peso real de la soldadura.
3. Tiempo hora máquina.
4. Consumo de la energía eléctrica
5. Costo de la energía eléctrica



Planteamiento

1. La deposición total de la soldadura.

Refuerzo de la soldadura:

$$D = 1\frac{1}{2}'' = 38.1\text{mm}$$

$$H = 1/8'' = 3.175\text{mm}$$

$$a) \text{Dep}_{\square} = 0.632 \cdot 2 = 2.264\text{Kgf/m}$$

Soldadura en el vano:

Espesor de la plancha 1''

Vano a soldar 1/8''

$$b) \text{Dep}_{\parallel} = 0.638\text{Kgf/m}$$

Soldadura de filete.

Chaflán de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}'' = 6.35\text{mm}$

$$c) \text{Dep}_{\Delta} = 0.110 \cdot 2 = 0.220\text{Kgf/m}$$

$$\Sigma \text{Dep} = 2.264 + 0.638 + 0.220 = 2.122\text{Kgf/m}$$

2. Peso real de la soldadura.

Peso real de la soldadura:

$$P_R = \frac{P_a}{\eta} = \frac{9.549}{0.65} = 14.69\text{Kgf}$$

3. El Tiempo hora máquina.

Velocidad de la deposición.

$$V_{\text{dep}} = 2.136 \text{bf/hora.}$$

$$T_H = \frac{P_R}{V_{\text{dep}}} = \frac{14.69}{1.136} = 12.93 \text{horas}$$

4. Consumo de la energía eléctrica.

$$C_E = \left[\frac{I_d * U}{1000 * f_s * \eta} + N^{\circ} \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) \right] * T_{HM}$$

Dónde:

I_d = Intensidad de diseño = 108°C (electrodo estándar 1/8in)

U = tensión del arco voltaico = 24V*(celulósico)

f_s = factor de seguridad = 2

N° = consumo de corriente en Kw = 2.0 máquina rectificadora

Tiempo hora máquina. $T_{HM} = 12.93 \text{horas.}$

$$C_E = \left[\frac{108 * 24}{1000 * 2 * 0.65} + \left(\frac{1}{2} \right) \right] * 12.93 = 32.24 \text{Kwh}$$

Problema 5

En el laboratorio de ingeniería de manufactura se va soldar con electrodos de 1/8"-E6011 en una máquina de soldar estándar, se deberá aportar a un dispositivo mecánico como se muestra en el dibujo mecánico propuesto. Los datos son proporcionados en TABLAS y la longitud a soldar es de 2.5 m, para las consideraciones propuestas se pide determinar:

- 1.- Deposición total de la soldadura a tope.
- 2.- Peso aparente y real de la soldadura.
- 3.- Intensidad de la corriente nominal.
- 4.- Calculo de los electrodos y tiempo hora máquina.

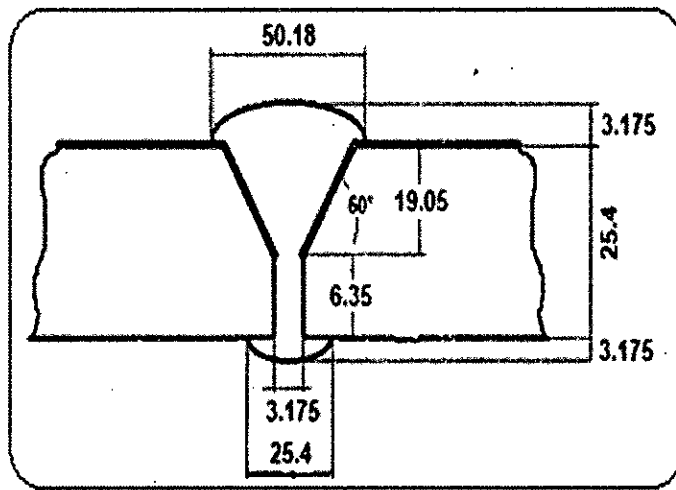
5.- Consumo de la energía eléctrica.

Dónde:

U = tensión del arco voltaico = 24V*(celulósico)

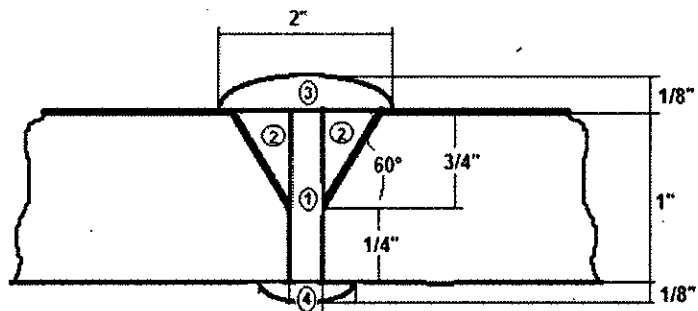
Fs = factor de seguridad = 2

Nº=consumo de corriente en Kw = 2.0 máquina rectificadora



Planteamiento:

Determinar:



1.- Deposición a tope.

$$Dep_{\parallel} = (1'' * \frac{1}{8}) = 0.425\text{lb} / \text{pie} = 0.425\text{lb} / \text{pie}$$

2.- Deposición angular.

$$Dep_{\Delta} = (\frac{3}{4} * 30^{\circ}) = 0.552 * 2 = 1.104\text{lb} / \text{pie}$$

3.- Disposición de refuerzo (1)

$$Dep_{\cap} = \left(\frac{1}{8} * 2''\right) = 0.866 = 0.866\text{lb} / \text{pie}$$

4.- Deposición refuerzo (2)

$$Dep_{\cap} = \left(\frac{1}{8} * 2''\right) = 0.301 = 0.301\text{lb} / \text{pie}$$

$$Dep_T = \Sigma Dep_T = 2.696\text{Lbf} / \text{pie}$$

a).- Peso aparente:

$$Pa = \Sigma Dep_T \cdot Long = 2.696 * 5 = 13.48\text{lb}$$

Peso real:

$$P_R = \frac{P_c}{\eta} = \frac{13.48}{0.65} = 20.738\text{Lbf}$$

b).- Intensidad de la corriente nominal:

$$In = \left(4.1 - \frac{d}{10}\right) \cdot (d^2 + 4 \cdot d) = \left(4.1 - \frac{3.175}{10}\right) \cdot (3.175^2 + 4 * 3.175)$$

$$In = 86.17\text{A}$$

Intensidad de diseño:

$$Id = 108\text{A}$$

c).- Tiempo hora máquina:

$$TH = \frac{P_R}{V_{Dep}} = \frac{20.738}{2.2} = 9.426\text{Horas}$$

Calculo de los electrodos:

36 varillas = 1Kgf

1 varilla = 70seg consumo electrico.

Nº varillas = T_{HM}

Peso: Peso real = $P_R = 20.738$ Kgf

$$T_{HM} = 9.426\text{horas}$$

746.57 \cong # 747varillas

36varillas _____ \$6.5/Kgf

747varillas _____ Ct

$$Ct = \$134.875 \cong \$135$$

36varillas _____ 1Kgf _____ \$4.44

1Kgf _____ \$4.44

36varillas _____ 2.65

$$745 \quad \underline{\quad\quad\quad} \quad X = \$34.145$$

Costo mano de obra:

Cellocord E6011 _____ Tiempo = 625s

$$745 * 62 = \text{seg} \Rightarrow 46190 \text{seg} / 60^2$$

$$T_H = 12.83 \text{ Horas}$$

Costo mano de obra:

\$ 1/hora

$$C_{MO} = \$ 1/\text{hora} * 12.83 = \$12.83$$

Calculo de gastos generales:

$$GG = 2 \text{ a } 3 * \text{salario} = 3 * 12.83$$

$$GG = \$ 38.45$$

Consumo de energía eléctrica:

$$C_E = \left[\frac{I_d * U}{1000 * f_s * \eta} + N^0 \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) \right] T_H$$

$$C_E = \left[\frac{108 * 24}{1000 * 2 * 0.65} + 10 \left(1 - \frac{1}{2} \right) \right] 9.426 = 23.5 \text{ Kwh}$$

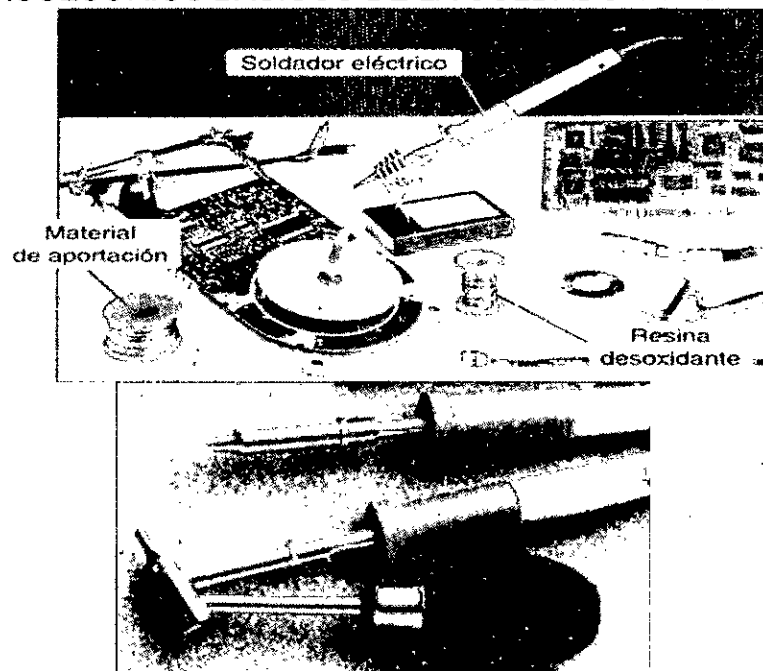
fusión del metal de aportación, se aplica éste; el metal corre libremente, «moja» las superficies y se endurece cuando enfría. El estaño se une con los metales de las superficies que se van a soldar. En este caso, el interior del hilo es hueco y va relleno con la resma antioxidante, lo que hace innecesario recubrir la superficie.

Tiene multitud de aplicaciones, entre las que destacan:

- Electrónica. Para soldar componentes en placas de circuitos impresos.
- Soldaduras de plomo. Se usan en fontanería para unir tuberías de plomo, o tapar grietas existentes en ellas.
- Soldadura de cables eléctricos.
- Soldadura de chapas de hojalata.

Aunque la soldadura blanda es muy fácil de realizar, presenta el inconveniente de que su resistencia mecánica es menor que la de los metales soldados; además, da lugar a fenómenos de corrosión.

FIGURA. Nº 5.1.
ACCESORIOS BÁSICOS DE LA SOLDADURA BLANDA



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 5

ANÁLISIS DE LA SOLDADURA

5.1. Soldadura por fusión [2].

La unión entre metales de las mismas cualidades o características elementales para que se pueda desarrollar por la acción de la fusión, con o sin aportación de material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos.

Es necesario suministrar calor hasta que el material de aportación funda y una ambas superficies, o bien lo haga el propio metal de las piezas. Para que el metal de aportación pueda realizar correctamente la soldadura es necesario que «moje» a los metales que se van a unir, lo cual se verificará siempre que las fuerzas de adherencia entre el metal de aportación y las piezas que se van a soldar sean mayores que las fuerzas de cohesión entre los átomos del material añadido.

Los efectos de la soldadura resultan determinantes para la utilidad del material soldado.

El metal de aportación y las consecuencias derivadas del suministro de calor pueden afectar a las propiedades de la pieza soldada. Deben evitarse porosidades y grietas añadiendo elementos de aleación al metal de aportación, y sujetando firmemente las piezas que se quieren soldar para evitar deformaciones. También puede suceder que la zona afectada por el calor quede dura y quebradiza. Para evitar estos efectos indeseables, a veces se realizan precalentamientos o tratamientos térmicos posteriores. Por otra parte, el calor de la soldadura causa distorsiones que pueden reducirse al mínimo eligiendo de modo adecuado los elementos de sujeción y estudiando previamente la secuencia de la soldadura.

- **Soldadura homogénea.**- Los materiales que se sueldan y el metal de aportación, si lo hay, son de la misma naturaleza. Puede ser oxiacetilénica, eléctrica (por arco voltaico o por resistencia), etc. Si no hay metal de aportación, las soldaduras homogéneas se denominan autógenas.

Por soldadura autógena se entiende aquélla que se realiza sin metal de aportación, de manera que se unen cuerpos de igual naturaleza por medio de la fusión de los mismos; así, al enfriarse, forman un todo único:

Etimológicamente, esta expresión quiere decir «engendada o efectúa da por sí misma».

Tuvo su origen en Francia hacia la mitad del siglo XIX. Una confusión bastante extendida, que es importante aclarar, es la de denominar como soldadura autógena a la oxiacetilénica.

5.3. Soldadura Heterogénea

5.3.1. Soldadura blanda

Esta soldadura de tipo heterogéneo se realiza a temperaturas por debajo de los 400°C. El material metálico de aportación más empleado es una aleación de estaño y plomo, que funde a 230°C. Aproximadamente.

Procedimiento para soldar.

Lo primero que se debe hacer es limpiar las superficies, tanto mecánicamente como desde el punto de vista químico, es decir, desengrasarlas, desoxidarlas y posteriormente recubrirlas con una capa de material fundente que evite la posterior oxidación y facilite el «mojado» de las mismas. A continuación se calientan las superficies con un soldador y, cuando alcanzan la temperatura de

El objetivo de este ensayo es conocer más cerca los distintos procesos de soldadura que existe en la actualidad, su importancia en nuestra vida cotidiana y el impacto que genera en nuestro medio.

Haremos mención de los tipos de soldadura que existen, su clasificación, los distintos materiales de aporte para la soldar con dichos procesos, al igual que los tipos de materiales de aporte que existen en el mercado.

También haremos mención a la forma de operatividad, la regulación de las Máquinas, las técnicas de soldeo y sobre todo las precauciones que debemos tomar antes de iniciar un operatividad de soldadura como son el uso obligatorio de mascara con luna ahumada especial para soldadura

eléctrica, la cual evita que la luz del arco voltaico formado dañe la visión del operario, como también el uso de atuendos no inflamables como son

pantalones y casacas de jean o cuero, de la misma forma el uso de guantes y mandil de cuero para evitar que las chispas quemen nuestra ropa.

La soldadura hoy en día es un arte fundamental en nuestra vida pues casi todo lo que vemos a nuestro alrededor como son edificaciones, estructuras, transporte hasta cosas muy pequeñas como los circuitos electrónicos en electrodomésticos, celulares, etc. necesitan para existir un proceso inicial de algún tipo de soldadura. Y como se descubre la soldadura? Procesos principales son la soldadura y la forja.

Por ello en este ensayo plasmamos un poco del amplio conocimiento que la humanidad ha desarrollado hasta nuestra actualidad.

Aplicación

5.2. Clasificación de los tipos de soldadura

Se pueden distinguir primeramente los siguientes tipos de soldadura:

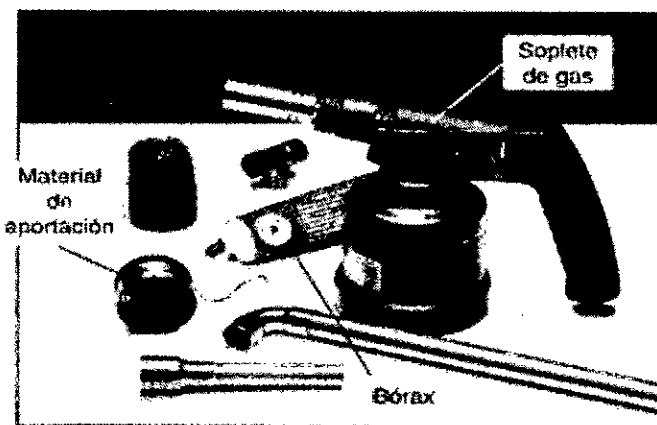
- > **Soldadura heterogénea.**- Se efectúa entre materiales de distinta naturaleza, con o sin metal de aportación o entre metales iguales, pero con distinto metal de aportación. Puede ser blanda o fuerte.

5.3.2. Soldadura fuerte

También se llama **dura o amarilla**. Es similar a la blanda, pero se alcanzan temperaturas de hasta 800°C. Como metal de aportación se suelen usar aleaciones de plata, y estaño (conocida como soldadura de plata); o de cobre y cinc. Como material fundente para cubrir las superficies, desoxidándolas, se emplea el bórax. Un soplete de gas aporta el calor necesario para la unión. La soldadura se efectúa generalmente a tope, pero también se suelda a solape y en ángulo.

Este tipo de soldadura se lleva a cabo cuando se exige una resistencia considerable en la unión de dos piezas metálicas, o bien se trata de obtener uniones que hayan de resistir esfuerzos muy elevados o temperaturas excesivas. Se admite que, por lo general, una soldadura fuerte es más resistente que el mismo metal que une.

FIGURA N° 5.2.
ACCESORIOS DEL SOPLETE



Fuente: Elaboración propia.

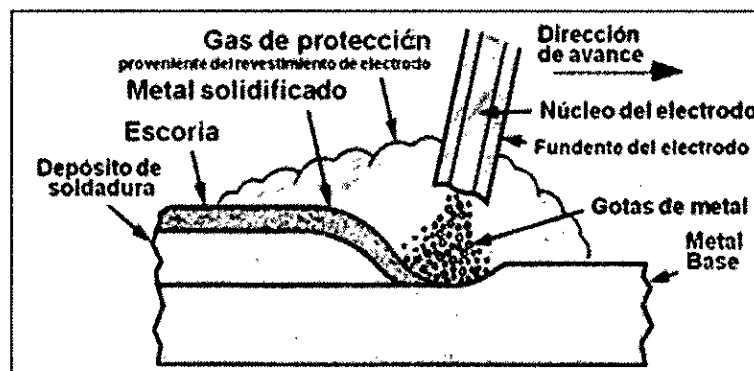
5.3.3. Fundamentos de la Soldadura por soplete manual

La soldadura por arco manual o eléctrico, es un sistema que utiliza una fuente de calor (arco eléctrico) y un medio gaseoso generado por la combustión del revestimiento del electrodo, mediante el cual es posible la

fusión del metal de aporte y la pieza, generando con esto una unión metálica resistente a todos los esfuerzos mecánicos.

La Soldadura por Arco manual o eléctrico, es un sistema que utiliza una fuente de calor(arco eléctrico) y un medio gaseoso generado por la combustión del revestimiento del electrodo, mediante el cual es posible la fusión del metal de aporte y la pieza, generando con esto una unión metálica resistente a todos los esfuerzos mecánicos.

FIGURA Nº 5.3.
SOLDADURA POR DEPOSICIÓN DE ELECTRODO



Fuente: Elaboración Propia.

La fuente de energía para soldar proviene de una máquina de corriente continua (CC), o de corriente alterna (CA), la cual forma un circuito eléctrico a través de los cables conductores, del electrodo a la pieza.

Este circuito se cierra al producirse el contacto entre el electrodo y la pieza. El arco formado es la parte donde el circuito encuentra menor resistencia y es el punto donde se genera la fuente de calor por medio de la cual se provoca la fusión del material.

Esta temperatura generada (4000 °C) permite también la combustión de los componentes del revestimiento, los que al gasificarse cumplen diversas funciones tales como:

Desoxidar, eliminar impurezas, facilitar el paso de la corriente, y especialmente proteger al metal fundido de las influencias atmosféricas.

Este sistema se caracteriza por su versatilidad y economía, pudiendo realizarse en operatividad de pequeña y gran envergadura.

“El funcionamiento de este proceso deberá ajustarse a las indicaciones técnicas que exija el material a soldarse y los electrodos a usar”.

5.3.4. Arco Eléctrico

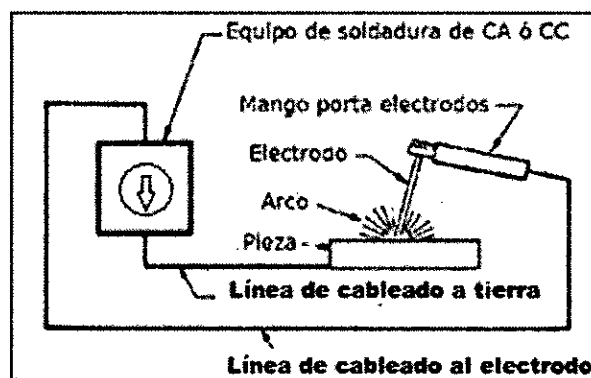
Es el fenómeno físico producido por el paso de una corriente eléctrica a través de una masa gaseosa (ionización) generándose en esta zona una alta temperatura, la cual es aprovechada como fuente de calor en todos los procesos de soldadura por arco eléctrico.

Características básicas.

El arco eléctrico, llamado también Arco Voltaico, desarrolla una elevada energía en forma de luz y calor, alcanzando una temperatura de 4000° Celsius aproximadamente; se forma por contacto eléctrico y posterior separación a una determinada distancia fija entre los polos positivo y negativo.

Este arco eléctrico se mantiene por la alta temperatura del medio gaseoso interpuesto entre ambos polos.

FIGURA N° 5.4.
ELEMENTOS DE LA DEPOSICIÓN POR ELECTRODO



Fuente: Elaboración propia.

Ventajas

Se aprovecha como fuente de calor en el proceso de soldadura por arco, con el fin de fundir los metales en los puntos que han de unirse, de manera que se fundan a la vez y formen luego una masa sólida única.

Desventajas

Provoca irradiaciones de rayos Luminosos, Infrarrojos y Ultravioleta, los cuáles producen un trastorno orgánico.

Precauciones

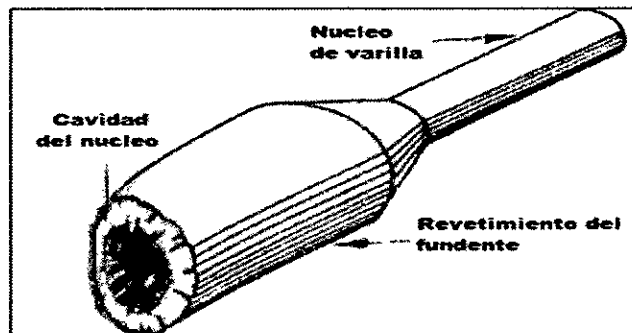
Debe evitar exponerse sin equipo de seguridad a los rayos, por la influencia de estos sobre el organismo, ya que estos causan las siguientes AFECCIONES:

- a) Luminosos: producen encandilamiento.
- b) Infrarrojos : producen quemaduras en la piel
- c) ultravioleta: producen quemaduras en la piel y en los ojos producen un daño no permanente llamado queratoconjuntivitis.

Tipos de electrodos

Existen dos tipos de electrodos: El de metal revestido y el no revestido.

FIGURA N° 5.5.
ELECTRODO REVESTIDO



Fuente: Elaboración propia.

Tiene un núcleo metálico, un revestimiento a base de sustancias químicas y un extremo no revestido para fijarlo en el porta electrodo.

El núcleo es la parte metálica del electrodo que sirve como material de aporte. Su composición química varía de acuerdo a las características del material a soldar.

Clasificación

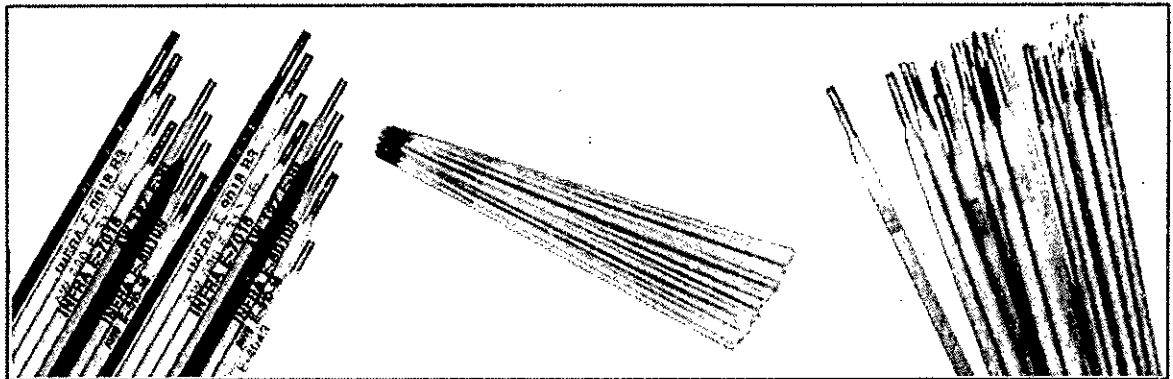
Para la soldadura de los aceros, los electrodos se clasifican atendiendo al tipo de revestimiento que incorporan. Así se tiene la siguiente clasificación típica:

- Electrodo Celulósicos
- Electrodo Ácidos
- Electrodo de Rutilo
- Electrodo Básicos
- Otros (electrodo de gran penetración; de gran rendimiento; de autocontacto)

Propiedades y aplicaciones

A continuación se va ciertas características de los electrodo en lo que se refiere a tipo de escoria generada, metal depositado, tipo de arco eléctrico, características mecánicas del cordón resultante, y sobre aplicaciones y precauciones a tener en cuenta para cada tipo.

FIGURA N° 5.6.
PRINCIPALES TIPOS DE ELECTRODOS DE SOLDADURA.



Fuente: Elaboración Propia

a) Electrodo celulósicos

- Tipo de escoria: este tipo de electrodo genera una escoria poco voluminosa y de fácil eliminación;
- Metal depositado: el cordón depositado va a contener gran cantidad de hidrógeno ocluido;
- Arco eléctrico: posee una gran penetración y abundantes pérdidas por salpicaduras;
- Características mecánicas:
- Carga de rotura: 48 Kg/cm² ; Alargamiento en rotura: 28%

- Límite elástico: 40 Kgf/cm² ; Resilencia a 0° C: 75 Julios

Aplicaciones y precauciones: este tipo de electrodos se utilizan principalmente para soldadura de tuberías, siendo su uso generalizado en soldaduras de oleoductos. Es adecuado su uso para ejecutar soldaduras en posición y producen una gran cantidad de humos.

Electrodos ácidos

- Tipo de escoria: genera una escoria poco viscosa (por el Mn) y de fácil eliminación. A su vez es de color negro y de estructura esponjosa;
- Metal depositado: el cordón va a resultar con un alto contenido en impurezas. No obstante, la presencia de hidrógeno va a ser menor que en el caso de los celulósicos. Existe peligro de figuración en caliente del cordón si el contenido de C es elevado;
- Arco eléctrico: para este tipo de electrodo normalmente se empleará corriente continua (CC) con polaridad directa, aunque debido a la buena estabilidad del arco se puede emplear también con corriente alterna (CA);
- Características mecánicas:
- Carga de rotura: 48 Kgf/cm²; Alargamiento en rotura: 27%
- Límite elástico: 38 Kgf/cm²; Resilencia a -20° C: 50 Julios
- Aplicaciones y precauciones: este tipo de electrodos tiene un escaso uso, su consumo está en trono del 2%. Básicamente su utilización se restringe para soldaduras de aceros de construcción.

Electrodos de rutilo

- Tipo de escoria: genera una escoria con una viscosidad adecuada que se elimina con facilidad. Su aspecto es globular;
- Metal depositado: el cordón va a presentar un nivel de impurezas intermedios entre ácidos y básicos. No obstante, el contenido de hidrógeno con este tipo de electrodo puede llegar a fragilizar la unión;

- Arco eléctrico: para este tipo de electrodo se puede utilizar tanto con corriente alterna (CA) como continua (CC) en polaridad directa o inversa;
- Características mecánicas:
- Carga de rotura: 48 Kg/cm²; Alargamiento en rotura: 25%
- Límite elástico: 42 Kg/cm²; Resiliencia a -20° C: 50 Julios
- Aplicaciones y precauciones: este tipo de electrodos encuentra su aplicación principalmente en la soldadura de aceros. Su consumo actual se estima en un 55%. Tiene un uso generalizado en calderería, construcción naval, estructuras metálicas, etc. Es adecuado para la ejecución de soldaduras en posición.

Electrodos básicos

- Tipo de escoria: genera una escoria densa, pero poco abundante que sube a la superficie del cordón con rapidez. De color pardo y brillante, se elimina de una forma aceptable;
- Metal depositado: el cordón se presenta casi exento de impurezas y libre de hidrógeno;
- Arco eléctrico: para este tipo de electrodo se puede utilizar tanto con corriente alterna (CA) como continua (CC) en polaridad inversa;
- Características mecánicas:
- Carga de rotura: 54 Kg/cm²; Alargamiento en rotura: 28%
- Límite elástico: 44 Kg/cm²; Resiliencia a 0° C: 130 Julios
- Aplicaciones y precauciones: este tipo de electrodos están recomendados para la soldadura de aceros. Su uso está generalizado en calderería, construcción naval, estructuras metálicas, maquinaria, etc.

5.3.5. Electrodo de auto contacto de gran rendimiento

En estos electrodos el revestimiento contiene Fe en polvo. El arco salta de forma espontánea, y su rendimiento gravimétrico es superior al 100%.

$$\text{Rendimiento gravimetrico} = \frac{\text{Peso metal depositado}}{\text{Peso Varilla Metalica}}$$

a) Electrodo de gran penetración

Estos electrodos presentan un revestimiento muy grueso con objeto de soportar una intensidad de corriente mayor.

A continuación se resumen en la TABLA siguiente las características principales de los diferentes tipos de electrodos:

Por último, se detalla en la siguiente TABLA los valores medios de la corriente de soldadura (A), según el tipo y diámetro del electrodo que se utilice:

TABLA Nº 5.1.
SELECCIÓN DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE

Valores medio de la Corriente (A)							
Diámetro electrodo (mm)	1,60	2,00	2,50	3,25	4,00	5,00	6,00
Electrodo Ácido	-	-	-	100-150	120-190	170-270	240-380
Electrodo Rutilo	30-55	40-70	50-100	80-130	120-170	150-250	220-370
Electrodo Celulósico	20-45	30-60	40-80	70-120	100-150	140-230	200-300
Electrodo Básico	50-75	60-100	70-120	110-150	140-200	190-260	250-320

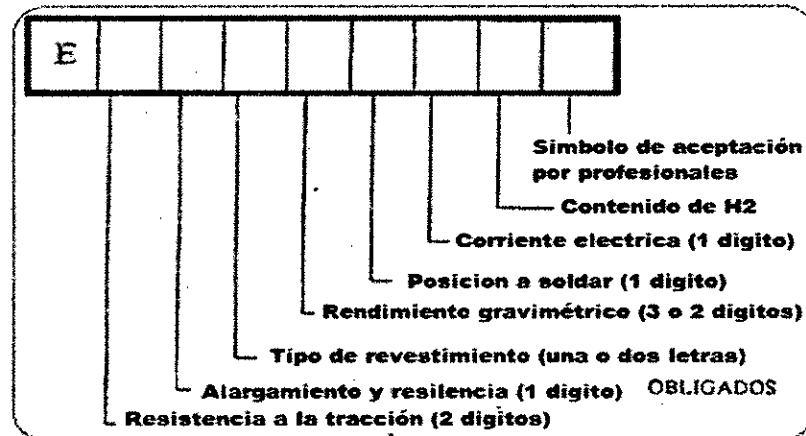
Otros diámetros para electrodos, además de los anteriores de la TABLA, son de 8, 10 y 12 mm. En todo caso, la elección del diámetro de los electrodos dependerá del espesor del cordón de soldadura que se requiera depositar, siendo la intensidad de corriente necesaria función de este diámetro.

5.3.6. Normalización según ISO y AWS

A continuación se expone la forma de identificación de los electrodos revestidos empleados para soldadura por arco manual según la normativa UNE y AWS.

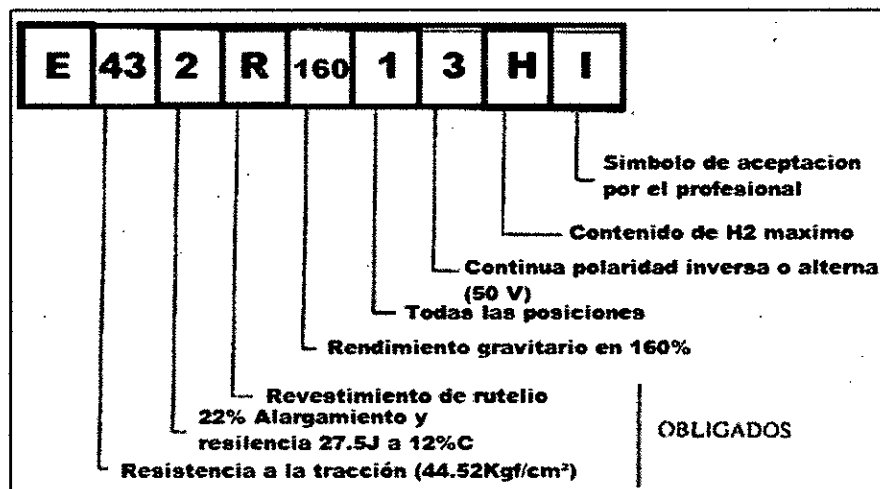
Para el caso de soldadura de aceros, un electrodo se normaliza según la ISO 14003: Electrodo para soldadura por arco manual de aceros al carbono de resistencia normal y de aceros de baja aleación y resistencia entre 50 y 60 Kgf/mm²:

FIGURA N° 5.7.
SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA NORMALIZADA ISO-9001-2016



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 5.8.
SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA ESPECIAL



Fuente: Elaboración propia.

TABLA Nº 5.2.
TIPO DE ELECTRODO REVESTIDO

Tipo de electrodo	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
Ácido	<ul style="list-style-type: none"> -bajo coste -arco estable -corriente CA y CC -escoria fácil de eliminar -elevada desoxidación -fácilmente conservables 	<ul style="list-style-type: none"> -baño fluido -escaso efecto de limpieza -elevado aporte de hidrógeno -escoria no se puede refundir 	<ul style="list-style-type: none"> -soldadura en horizontal -aceros bajo en carbono y con poca presencia de impurezas -soldaduras económicas y con características mecánicas aceptables (buena resistencia, pero con riesgo de grietas)
Rutilo	<ul style="list-style-type: none"> -bajo coste -arco estable -fácil cebado -corriente CA y CC -cordón de estética mejor -fácil conservación 	<ul style="list-style-type: none"> -baño fluido -escaso efecto de limpieza -elevado aporte de hidrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> -soldadura en horizontal -soldadura en vertical y en esquina para pequeños espesores -aceros bajo en carbono y con poca presencia de impurezas -soldaduras de estética buena y de características mecánicas aceptables (buena resistencia, pero con riesgo de grietas)
Celulósico	<ul style="list-style-type: none"> -elevada penetración -elevada manejabilidad -escoria reducida 	<ul style="list-style-type: none"> -son necesarios generadores de CC con elevada tensión de vacío -elevado aporte de hidrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> -soldadura en todas las posiciones, incluida la vertical descendente -soldaduras en tubos o donde no sea posible el cordón al reverso -soldaduras en la que el acceso del electrodo resulta crítico -aceros bajos en carbono con escasa presencia de impurezas
Básicos	<ul style="list-style-type: none"> -óptima limpieza del material -aporte de hidrógeno muy reducido -baño frío 	<ul style="list-style-type: none"> -arco poco estable -escoria que no se puede refundir y de difícil eliminación -arco corto y difícil de trabajar -cebado difícil -generadores de CC -de difícil conservación 	<ul style="list-style-type: none"> -soldaduras en todas las posiciones, incluso con grandes espesores -elevadas velocidades de depósito -soldaduras de elevada calidad mecánica, incluso con materiales que contengan impurezas

Por otro lado, según la American Welding Society (AWS), la clasificación e identificación de los electrodos se realiza de la siguiente manera:

Para soldadura de aceros al carbono, se emplea la especificación AWS A5.2., que trabaja con la siguiente designación para electrodos revestidos:

E XXYY 1 HZR

E: Indica electrodo para soldadura por arco, el cual por definición conduce la corriente por arco;

XX: Dos dígitos que designan la mínima resistencia a la tensión del metal depositado, en Kpsi.

YY: Dos dígitos que designan las posiciones de soldadura en que puede trabajar el electrodo, el tipo de revestimiento y el tipo de corriente adecuado para el electrodo. El primer dígito indica la posición (1=todas, 2=plana y horizontal, 4 todas pero especialmente para vertical descendente), la combinación de los dos dígitos indica las otras características.

Las designaciones después del guion son opcionales:

1: Designa que el electrodo (E 7016, E 7018 ó E 7024) cumple con los requisitos de impacto mejorados E y de ductilidad mejorada en el caso E 7024;

HZ: Indica que el electrodo cumple con los requisitos de la prueba de hidrógeno difusible para niveles de "Z" de 4.8 ó 16 ml de H₂ por 100gr de metal depositado (solo para electrodos de bajo hidrógeno);

R: Indica que el electrodo cumple los requisitos de la prueba de absorción de humedad a 80°F y 80% de humedad relativa (solo para electrodos de bajo hidrógeno).

La especificación AWS A5.5., que trae los requisitos de los electrodos para soldadura de aceros de baja aleación utiliza la misma designación de la AWS A5.2., con excepción de las designaciones opcionales. En su lugar, utiliza sufijos que constan de una letra o de una letra y un número, p(por ejemplo A1, B1, B2, C1, G, M, etc.) los cuales indican la composición química.

La especificación AWS A5.4., que trata de los electrodos para soldadura de aceros inoxidables trabaja con la siguiente designación:

E XXX N

E: Indica electrodo para soldadura de arco;

XXX: Indica la composición química del depósito de soldadura puro, la cual se basa en la designación AISI;

N: Indica el tipo de corriente con la que puede operarse el electrodo.

La especificación AWS A 5.15., de electrodos para soldadura de hierro fundido utiliza el prefijo E, seguido de los elementos considerados significativos y finalmente las letras CI que indican que el electrodo es para hierro fundido.

Ejemplos: Eni-CI, EniFe-CI, etc.

La especificación AWS A5.17., de materiales de aporte por proceso de arco sumergido para aceros al carbono, identifica los electrodos con el prefijo E (electrodo), seguido de la letra que indica el contenido de manganeso y que puede ser: L(bajo), M(medio), ó H(alto) .

A continuación sigue uno o dos dígitos que dan el contenido nominal de carbono en centésima de porcentaje.

Finalmente, algunos electrodos traerán una letra K, para significar que son aceros calmados. Las propiedades mecánicas del depósito dependen del fundente que se use con cada electrodo.

La denominación completa fundente-electrodo puede ser por ejemplo:

F6A2 EM12K, la cual significa:

F: Fundente;

6: 60.000 Psi de resistencia a la tracción mínima;

A: Propiedades mecánicas obtenidas sin tratamiento post soldadura (as welded);

2: Resistencia al impacto de 27 mínimo a 20°F;

E: Electrodo;

M: Contenido medio de manganeso;

12: 0.12% de carbono (nominal);

K: Acero calmado.

La especificación AWS A5.18, la cual trae los requisitos del material de aporte para procesos con protección gaseosa (MIG/MAG, TIG y plasma) denomina los electrodos de la siguiente forma:

ER70-SX

Dónde:

E: Indica electrodo para soldadura por arco (para MIG/MAG);

R: Indica aporte que funde por un medio diferente que el conducir la corriente del arco eléctrico (para TIG y plasma);

70: La resistencia a la tracción nominal del depósito de soldadura la cual es igual para todas las referencias;

S: Indica el electrodo sólido;

X: Es un número que indica la composición química del alambre;

5.3.7. Electrodo con revestimiento.

Funciones del revestimiento

Los revestimientos de los electrodos son mezclas muy complejas de materiales que actúan durante el proceso de fusión del electrodo para cumplir las funciones que a continuación se relacionan.

.Fusión por arco eléctrico:

- Mejorar el cebado del arco. Para ello al revestimiento se le dota de silicatos, carbonatos y óxidos de Fe y Ti que lo favorecen, en su aplicación.
- Estabilización del arco. Una vez originado el arco es necesario su estabilización para controlar el proceso de soldadura y garantizar un cordón con buen aspecto. Para ello, en la composición del revestimiento debe primar la presencia de iones positivos durante el proceso de soldadura. Esto se consigue añadiendo a la composición sales de sodio y potasio, que además cumplen otra función, como la de servir de aglutinante a los demás elementos de la composición del revestimiento.

Aplicación de su función física:

- Formación de escorias. La formación de escoria en el cordón permite disminuir la velocidad de enfriamiento del baño, mejorando las propiedades mecánicas y metalúrgicas del cordón resultante. Esto se consigue porque la

escoria va a flotar en la superficie del baño, quedando atrapada en su superficie.

- Gas de protección. Por otro lado, la función protectora se consigue mediante la formación de un gas protector que elimina el aire circundante y los elementos nocivos que ello conlleva como son el oxígeno presente en la atmósfera (que produce óxidos del metal), el nitrógeno (que da dureza y fragilidad al cordón) o el hidrógeno (que introduce más fragilidad a la unión).

- Versatilidad en el proceso. La presencia del revestimiento en el electrodo va a permitir ejecutar la soldadura en todas las posiciones.

- Concentración del arco. Logrando una mayor concentración del arco se consigue mejor eficiencia en la soldadura y disminuir las pérdidas de energía. Este fenómeno se consigue debido a que el alma metálica del electrodo se consume más rápidamente que el revestimiento, originándose así una especie de cráter en la punta que sirve para concentrar la salida del arco.

Función metalúrgica:

- Mejorar las características mecánicas. Mediante el revestimiento se pueden mejorar ciertas características del cordón resultante mediante el empleo de ciertos elementos en la composición del revestimiento y de la varilla que se incorpora en el baño del cordón durante el proceso de soldadura.

- Reducir la velocidad de enfriamiento. Al permitir un enfriamiento más pausado del cordón, se evitan choques térmicos que provoquen la aparición de estructuras más frágiles. Ello se consigue porque las escorias producidas quedan flotando en el baño de fusión y forman una capa protectora del cordón, que además sirve de aislamiento térmico que reduce su velocidad de enfriamiento.

Tipos de revestimientos

La composición química del revestimiento influye de manera decisiva en aspectos de la soldadura, tales como, la estabilidad del arco, la profundidad de penetración, la transferencia de material, la pureza del baño, etc. A

continuación se indican los principales tipos de revestimientos utilizados para los electrodos:

Revestimiento celulósico:

Su composición química está formada básicamente por celulosa integrada con aleaciones ferrosas (magnesio y silicio). La celulosa va a desprender gran cantidad de gases en su combustión, lo que va a reducir la producción de escorias en el cordón, a la vez que va a permitir ejecutar la soldadura en posición vertical descendente.

El baño de fusión que se obtiene con este tipo de revestimiento va a ser "caliente", con la fusión de una notable cantidad de material base, lo que provoca cordones con una gran profundidad de penetración. Ello es debido al elevado desarrollo de hidrógeno, presente en la composición química de este tipo de revestimiento.

En general, las características mecánicas de la soldadura que se obtienen con este tipo de revestimientos son óptimas, aunque el aspecto final del cordón pueda ser mejorable. Ello es debido a la casi total ausencia de la protección líquida ofrecida por este revestimiento, lo cual va a impedir una modelación óptima del baño durante su solidificación.

Para electrodos que utilicen este revestimiento, la corriente de soldadura, dada la escasa estabilidad del arco, es normalmente en corriente continua (CC) con polaridad inversa.

- Revestimiento ácido:

Su composición química se basa principalmente en óxidos de hierro, y en aleaciones ferrosas de manganeso y silicio. Va a generar un baño muy fluido, lo que no va a permitir ejecutar la soldadura en determinadas posiciones. Por otro lado, este tipo de revestimiento no va a dotar al flujo de un gran poder de limpieza en el material base, por lo que puede generar grietas en el cordón.

Su aplicación se centra fundamentalmente en aceros de bajo contenido en carbono, azufre y fósforo. La escoria que produce se elimina fácilmente y presenta una estructura esponjosa.

Las características mecánicas que va a presentar el cordón son aceptables, aunque de resiliencia baja. Este tipo de revestimiento va a garantizar una buena estabilidad del arco, lo que los hace idóneos tanto para el empleo de corriente alterna (CA) como para la corriente continua (CC).

Revestimiento de rutilo:

En su composición química predomina un mineral denominado rutilo, compuesto en un 95% de bióxido de titanio, que ofrece mucha estabilidad y garantiza una óptima estabilidad del arco y una elevada fluidez del baño, lo que se traduce en un buen aspecto final del cordón de soldadura.

El revestimiento de rutilo, en cualquier caso, va a garantizar una fusión dulce, de fácil realización, con formación abundante de escoria de una consistencia viscosa y de fácil eliminación, lo cual va a permitir un buen deslizamiento, sobre todo en posición plana. Se aconseja su uso para aquellos casos donde el material base no presente muchas impurezas, debido a que estos revestimientos no tienen efectos limpiadores. Además, no secan bien y por lo tanto pueden desarrollar mucho hidrógeno ocluido en el cordón de soldadura.

Para aplicaciones donde se requiera mejorar el rendimiento, manteniendo la estabilidad del arco, se pueden emplear electrodos donde se combina el revestimiento de rutilo con otros componentes, como la celulosa (electrodos rutilo-celulósicos) o la fluorita (electrodos rutilo-básicos).

Debido a la gran estabilidad del arco que presenta este tipo de revestimiento en los electrodos, se hace posible su empleo tanto con corriente alterna (CA) como con corriente continua (CC) en polaridad directa o inversa. Tiene gran aplicación cuando los espesores a soldar son reducidos.

Revestimiento básico:

La composición química de este revestimiento está formada básicamente por óxidos de hierro, aleaciones ferrosas y por carbonatos de calcio y magnesio a los cuales, añadiendo fluoruro de calcio se obtiene la fluorita, que es un mineral muy apto para facilitar la fusión del baño.

Este tipo de revestimiento posee una gran capacidad de depuración del metal base, con lo que se obtienen soldaduras de calidad y de buenas propiedades mecánicas. Los electrodos con este tipo de revestimiento soportan elevadas temperaturas de secado, y por lo tanto el baño no se contamina con hidrógeno.

Tienen una escoria poco abundante, aunque muy densa y de difícil eliminación. Los electrodos con este tipo de revestimientos son aptos para ejecutar soldaduras en posición, verticales, por encima de la cabeza, etc.

Por otro lado, la fluorita hace que el arco sea muy inestable, con un baño menos fluido, que da lugar a frecuentes cortocircuitos debidos a una transferencia del material de aporte a base de grandes gotas. Sin embargo, el arco debe mantenerse muy corto debido a la escasa volatilidad de este revestimiento. En definitiva, todo esto hace necesario que el soldador que haga uso de este revestimiento para los electrodos de soldadura tenga mucha experiencia y buena pericia en el proceso.

Para electrodos con este tipo de revestimiento se recomienda el empleo de generadores de corriente continua (CC) en polaridad inversa. Los electrodos básicos se distinguen por la gran cantidad de material depositado, y son buenos para la soldadura de grandes espesores.

Así mismo, puede observarse que el revestimiento básico es el que proporciona la mejor protección y, por tanto, dará soldaduras de mayor calidad.

TABLA Nº 5.3.
REVESTIMIENTO DEL ELECTRODO DE SOLDADURA

Principales tipos de revestimiento de los electrodos		
Tipo de revestimiento	Porcentaje de nitrógeno	Volumen de H por 100 gr/cm ³
Ácido	0.034	9.0
Básico	0.015	2.5
Celulósico	0.028	15.0
Oxidante	0.035	1.5
Rutilo	0.025	12.0

TABLA Nº 5.4.
FUNCIONES DEL TIPO DE REVESTIMIENTO.

Componente	Función	Tipo de Revestimiento			
		Celulósico	Ácido	Rutilo	Básico
Celulosa	Gas Protector	25-40%	0-5%	2-12%	0%
Carbonato Cálcico			0-5%	0-5%	15-30%
Esparto de Flúor	Formador de				15-30%
Rutilo TiO ₂	Escoria	10-20%	0-5%	30-55%	15-30%
Feldespatos			5-20%	0-20%	0-5%
Arcilla			0-5%	0-10%	
Silice			5-20%		
Óxido de Mn			0-20%		
Óxido de Fe			15-45%		
FerroManganeso	Desoxidante	5-10%	5-20%	5-10%	2-6%
Ferrosilicio			0-5%	5-10%	5-10%
Silicato Sódico	Aglomerante	20-30%	5-15%	5-10%	0-5%
Silicato Potásico	Estabilizador		0-5%	5-15%	5-10%

Los electrodos con revestimiento básico son muy higroscópicos, por lo que se recomienda mantenerlos en ambiente seco y en recipientes cerrados.

A continuación se muestra una TABLA resumen con los distintos tipos de revestimientos y sus componentes principales:

En esta otra TABLA que se adjunta, se puede observar el efecto protector de cada tipo de electrodo. En ella se indica el porcentaje aproximado de nitrógeno absorbido por la soldadura y el volumen de hidrógeno absorbido por 100 gramos de metal depositado.

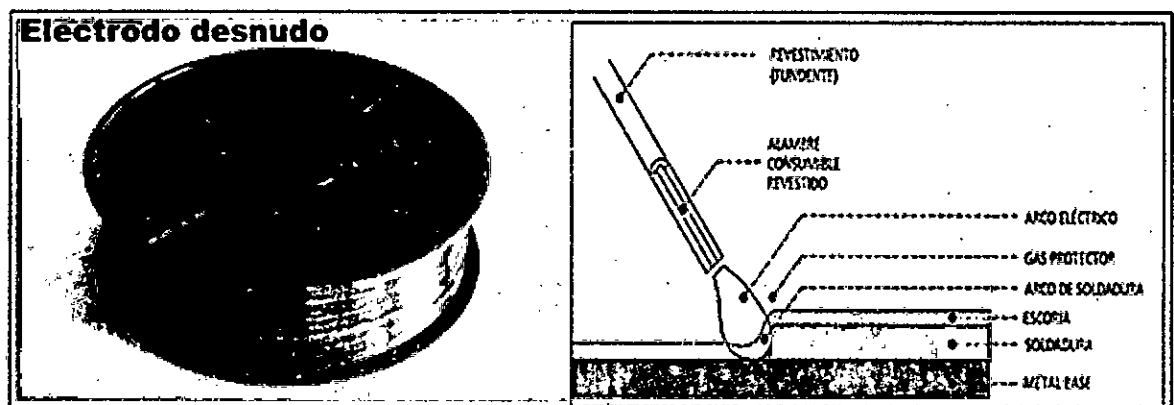
Condiciones de aplicación

- 1) Debe estar libre de humedad y su núcleo debe ser concéntrico
- 2) Debe conservarse en lugar seco.

Electrodo Desnudo sin revestimiento

Es un alambre trefilado o laminado, que solo puede ser empleado en procesos donde exista una protección externa para impedir la acción del Oxígeno y del Nitrógeno. Estos procesos se denominan **Atmósfera Inerte**. Utilizando para esto gases inertes industriales como el Argón, el Helio, o la mezcla de Argón y Dióxido de carbono.

FIGURA Nº 5.9.
APLICACIÓN DE SOLDADURA POR GAS



Fuente: Elaboración propia.

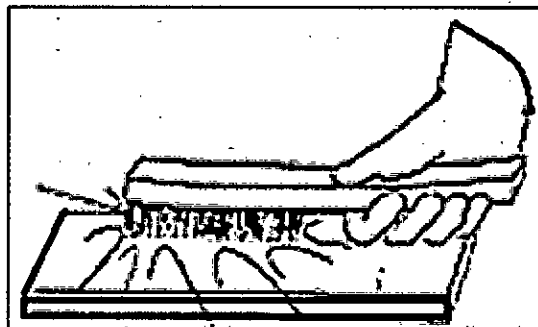
Proceso de Ejecución

1º Paso: Limpie la pieza con el cepillo de acero.

Observación: El material debe quedar limpio de grasas, óxidos y pinturas.

Precaución: Al limpiar la pieza protéjase la vista con gafas de seguridad.

FIGURA Nº 5.10. CEPILLO DE ACERO MANUAL

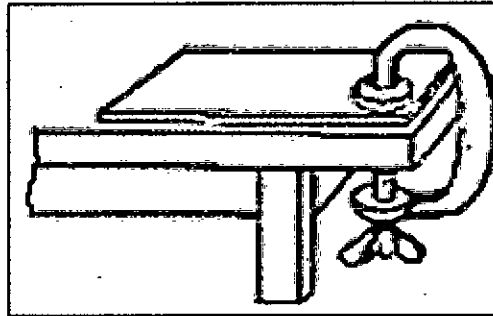


Fuente: Elaboración propia.

2º Paso: Coloque el material sobre la mesa.

Observación: Asegúrese que la pieza quede fija.

FIGURA N° 5.11.
SARGENTA DE PRESIÓN.

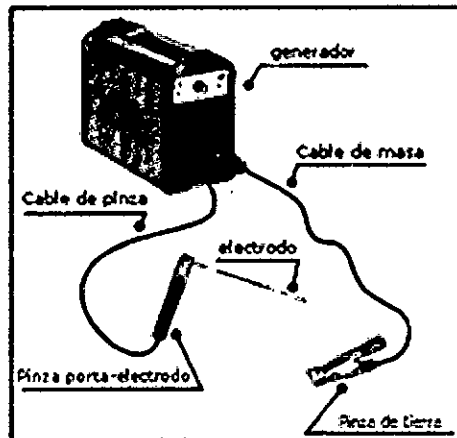


Fuente: Elaboración propia.

3° Paso: Encienda la máquina Observación: Asegúrese que la polaridad de la Máquina este de acuerdo con el electrodo a usar.

Precaución: Verifique que los conductores (cables), estén en buen estado y aislados.

FIGURA N° 5.12.
INSTALACIÓN DE MAQUINA A SOLDAR



Fuente: Elaboración propia.

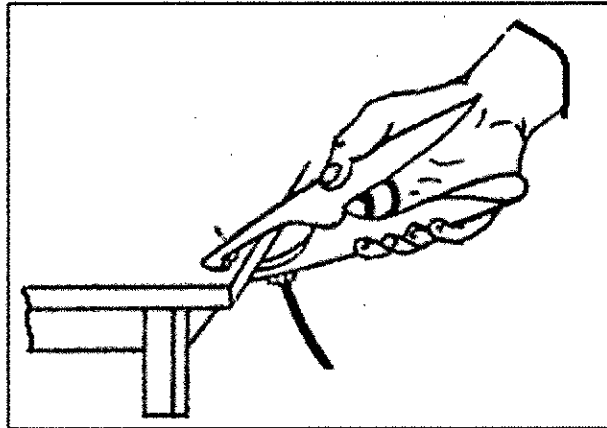
4° Paso: Regule el amperaje de la máquina en función del electrodo.

Observación: La regulación se realizara de acuerdo al sistema que posee la máquina que se utilice.

5° Paso: Fije la conexión de masa sobre la mesa de soldar.

Observación: Asegure el buen contacto de la conexión a masa.

FIGURA N° 5.13.
UBICACIÓN DE LA LÍNEA DE TIERRA

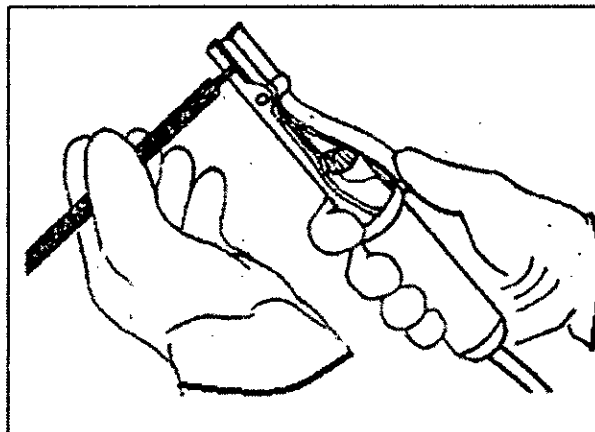


Fuente: Elaboración propia.

6° Paso: Coloque el electrodo en la pinza porta electrodo.

- a) Tome la pinza porta electrodo con la mano más hábil.
- b) Asegúrese el electrodo por la parte desnuda del mismo dentro del porta electrodo.

FIGURA N° 5.14.
MONTAJE DEL ELECTRODO REVESTIDO



Fuente: Elaboración propia.

7° Paso: *Encienda el arco precaución:* Colóquese su equipo protector y controle su buen estado.

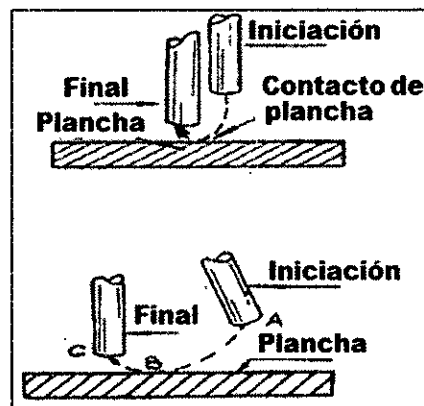
- a) Aproxime el extremo del electrodo a la pieza.

b) Protéjase con la máscara de soldar.

c) Toque la pieza con el electrodo y retírelo para formar el arco.

Observación: El encendido puede efectuarse también por raspado.

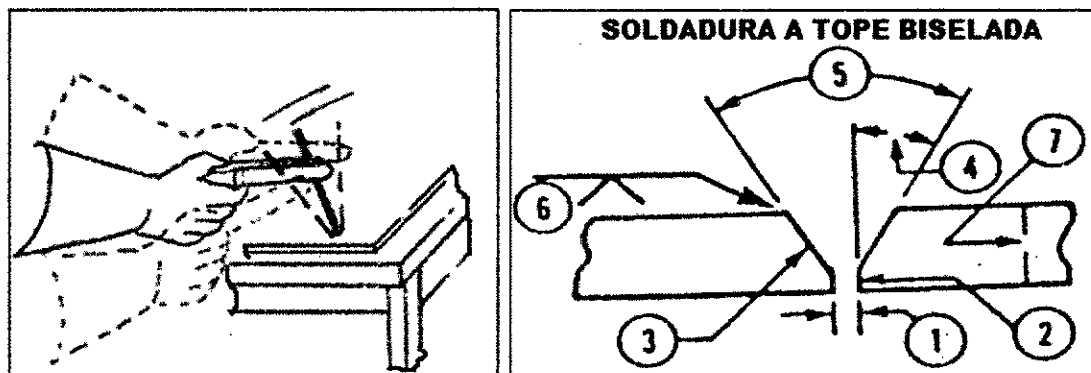
FIGURA N° 5.15.
ENCENDIDO DEL ELECTRODO.



Fuente: Elaboración propia.

8° Paso: Mantenga el electrodo a una distancia igual al diámetro de su núcleo. Observación: En caso de pegarse el electrodo muévelo rápidamente.

FIGURA N° 5.16.
MANIOBRA DEL ENCENDIDO DEL ELECTRODO Y LA APLICACIÓN A TOPE



Fuente: Elaboración propia.

9° Paso: Apagar el arco retirando el electrodo de la pieza.

Observación: En caso de necesidad repita los pasos 7, 8 y 9.

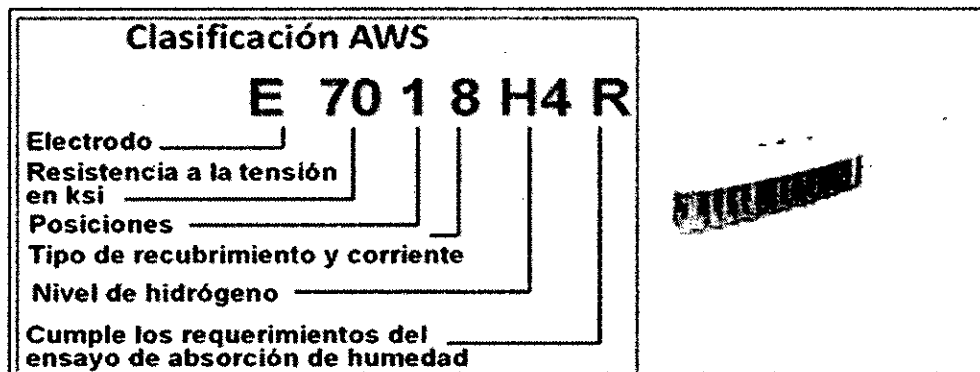
5.3.8. Accesorios del equipo de operatividad

Son herramientas adecuadas para la limpieza de las piezas antes y después de soldar. Se estudian en conjunto a pesar de tener características diferentes.

➤ El cepillo de acero

Está formado por un conjunto de alambres de acero y un mango de madera por donde se sujeta

FIGURA N° 5.17.
CODIFICACIÓN DEL ELECTRO CON REVESTIMIENTO Y ESCIBILLA.

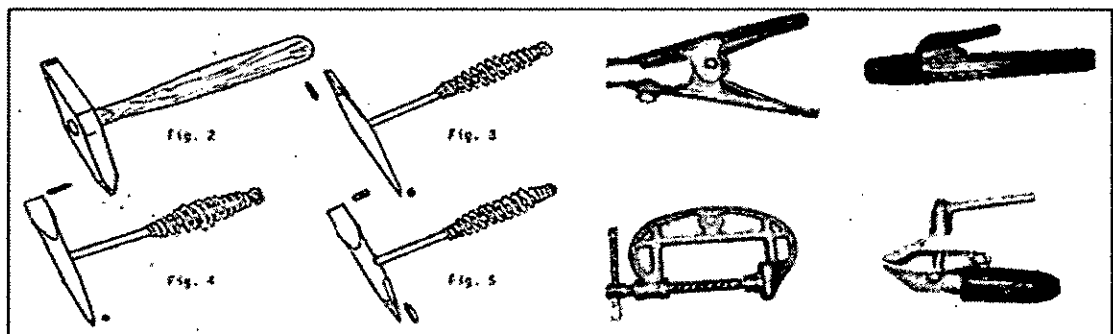


Fuente: Elaboración propia.

➤ Pica escorias

Está formado por un mango para sujeción, que puede ser de madera o de metal. Su cuerpo es alargado; uno de sus extremos termina en punta y el otro en forma de cincel. El pica escoria tiene sus puntas endurecidas y agudas. Existen otro tipo de pica escorias combinadas con cepillo de acero, como el indicado en la figura.

FIGURA N° 5.18.
ACCESORIOS DE OPERATIVIDAD.



Fuente: Elaboración propia.

Seguridad en la soldadura

- 1) Asegurarse que el equipo de soldadura esté conectado correctamente al arco y este instalado correctamente, conectado a tierra y que esté en buenas condiciones de operatividad.
- 2) Use siempre protectores adecuados para la soldadura que va a ejecutar.
- 3) Use siempre una protección adecuada de los ojos cuando va a soldar, esmerilar o cortar.
- 4) Mantenga su área de operatividad libre de peligros, asegúrese de no tener cerca productos inflamables, volátiles o explosivos.
- 5) No ejecute operatividades de soldadura en lugares con muy poco espacio, sin conocer los cuidados especiales.
- 6) No suelde en recipientes que han contenido combustibles o pinturas sin tomar precauciones especiales.
- 7) No suelde en recipientes cerrados o compartimientos sin proveer ventilaciones y tomar precauciones especiales.
- 8) Use sistemas mecánicos de extracción de gases, en los puntos en que se suelde Plomo, Cadmio, Cromo, Manganeso, Estaño, Bronce, Zinc, o Acero galvanizado.
- 9) Cuando deba soldar sobre una zona muy húmeda, use botas de goma o trabaje sobre una plataforma aislante.
- 10) Si es necesario unir cables, terminales eléctricos u otros, asegúrese que estas uniones estén fuertemente unidas y aisladas.
- 11) No use cables con algún defecto de aislamiento.
- 12) Cuando no esté usando el porta electrodo asegúrese de dejarlo donde no haga contacto con la pieza de operatividad.
- 13) Nunca deje que el porta electrodo toque algún cilindro de gas.
- 14) Bote los desperdicios de los electrodos en un recipiente adecuado, pues las puntas constituyen un peligro.
- 15) Proteja a otros y a sí mismo de los rayos que emanan de la soldadura que usted está ejecutando.
- 16) No suelde cerca de operaciones de desengrase.
- 17) Cuando ejecute un operatividad de soldadura en altura, asegúrese que los andamios o plataformas se encuentren firmes y seguros.
- 18) Cuando se suelde en lugares altos use siempre cinturón, o cuerda de seguridad.
- 19) Cuando use equipo enfriado por agua, asegúrese de que no existen filtraciones.

Equipo de protección personal

Está constituido por elementos confeccionados en cuero, y son usados por el soldador para protegerse de las partículas incandescentes, del calor y de las irradiaciones producidas por el arco eléctrico.

➤ Guantes

Son de cuero o asbesto y su objetivo es cubrir gran parte del antebrazo, a fin de proteger del calor excesivo y de las partículas incandescentes. Debe evitarse tomar piezas muy calientes ya que el cuero se deforma.

FIGURA Nº 5.19.
GUANTES DE CUERO REPUJADO



Fuente: Elaboración propia.

➤ Delantal o colete

Es de forma común o con protector para piernas. Su objetivo es proteger la parte anterior del cuerpo de las proyecciones incandescentes.

FIGURA Nº 5.20.
ROPA CONTRA LA REFRACCIÓN Y DELANTAL DE CUERO REPUJADO.



Fuente: Elaboración propia.

➤ **Casaca o mandil**

Se utiliza para proteger especialmente la parte del pecho y los brazos. Su uso es frecuente cuando se realizan soldaduras en posición vertical, horizontal y sobre cabeza.

FIGURA Nº 5.21.
CASACA DE CUBIERTA INTERIOR ANTI REFRACCIÓN.



Fuente: Elaboración propia.

➤ **Mangas**

Esta vestimenta tiene por objeto proteger solamente los brazos del soldador. Tiene mayor uso en soldaduras que se realizan en el banco de operatividad y en posición plana. Existe otro tipo de manga en forma de chaleco que cubre a la vez parte del pecho del soldador.

FIGURA Nº 5.22.
MANGAS DE CUERO ESPECIAL.



Fuente: Elaboración propia.

➤ **Polainas**

Este elemento se utiliza para proteger parte de la pierna y los pies del soldador. Las polainas pueden ser reemplazadas por botas altas y lisas con puntera de acero.

FIGURA N° 5.23.
CALZADO CON PUNTA Y RECUBRIMIENTO DE ACERO



Fuente: Elaboración propia.

Características de la vestimenta de seguridad

El cuero utilizado en vestimenta de seguridad para soldador, es curtido, flexible y liviano, y además está tratado con sales de plomo para impedir las radiaciones del arco eléctrico. Observación: Es importante mantener estos elementos en buenas condiciones de uso, libres de roturas, y su abotonadura en perfecto estado. Deben conservarse limpios y secos para asegurar un buen aislamiento eléctrico.

Máscaras de soldar.

La máscara de protección está fabricada en fibra de vidrio o fibra prensada, y tiene una mirilla en a cual se coloca un vidrio neutralizador llamado Vidrio Inactínico, protegido por otros vidrios protectores transparentes. Se usa para impedir la acción de las radiaciones del arco eléctrico y además proteger la cara del soldador.

FIGURA N° 5.24.
CARETA DE FIBRA DE VIDRIO CON VISOR ISO



Fuente: Elaboración propia.

En máscaras de soldar existen diferentes diseños, hay también máscaras combinadas con un casco de seguridad para realizar operatividad en construcciones y con adaptaciones para proteger los ojos cuando haya que limpiar la escoria. Las pantallas de mano tienen aplicación en operatividad de armado y punteado por soldadura; su uso no es conveniente en altura o donde el operario requiera sus dos manos para el operatividad.

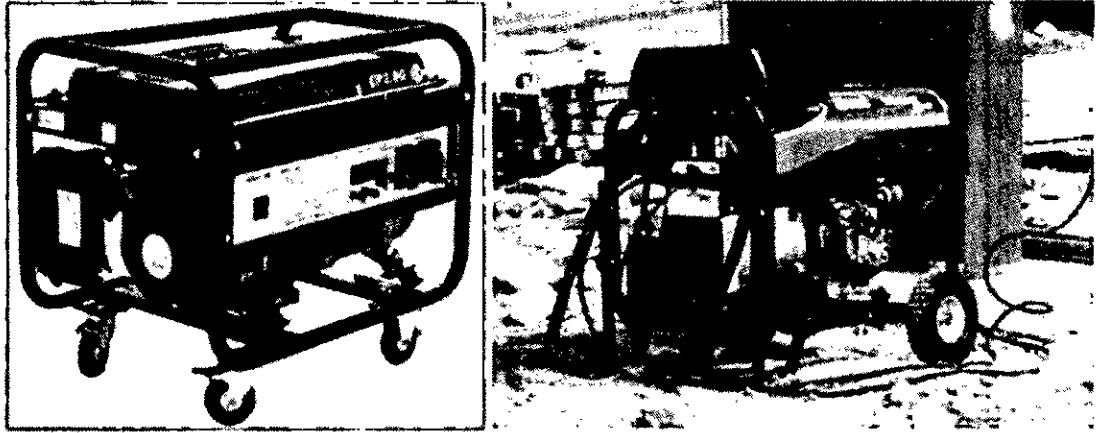
Condiciones de uso de las máscaras de soldar

Las máscaras deben usarse con la ubicación y cantidad requerida de vidrios. El vidrio inactínico debe ser seleccionado de acuerdo al amperaje utilizado. Debe mantener la buena visibilidad cambiando el vidrio protector, cuando éste presente exceso de proyecciones. Evite las filtraciones de luz en la máscara. Esta no debe ser expuesta al calor ni a golpes. Deben ser livianas y su cintillo ajustable para asegurarla bien a la cabeza. Requieren un mecanismo que permita accionarla con comodidad. El recambio de vidrios debe hacerse mediante un mecanismo de fácil manejo.

5.4. Máquina de soldar (generador)

Las máquinas de este tipo producen CC de baja tensión utilizada para soldar. Están compuestas por un motor, con el cuál es posible la obtención de energía mecánica bajo la forma de movimiento giratorio. Este movimiento es transmitido mediante un eje común al generador propiamente dicho y permite obtener en este la corriente adecuada para la soldadura. Existen dos tipos conocidos de máquina de soldar, y están caracterizadas por su sistema de propulsión.

FIG. Nº 5.25.
TIPOS DE MÁQUINAS DE SOLDAR ELÉCTRICA.
MÁQUINA ACCIONADA POR UN MOTOR ELÉCTRICO MÁQUINA
ACCIONADA POR COMBUSTIBLE



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA Nº 5.26.
MÁQUINAS DE SOLDAR PORTÁTIL.



Fuente: Elaboración propia.

Se las conoce también como máquinas rotativas, por su sistema de funcionamiento.

Características

Su característica principal es el tipo de corriente de salida, apta para todo tipo de electrodo.

Ventajas y desventajas

Las ventajas generales de estas clases de máquinas son: Poseer estabilidad en el arco. Disponer de la polaridad que el electrodo requiera. Tener ajuste gradual de la intensidad. En algunos tipos de máquinas se puede seleccionar también el voltaje de salida.

La mayor ventaja de las máquinas accionadas por motor a combustión, es la posibilidad de soldar en lugares donde no hay energía eléctrica.

El uso de este tipo de máquinas, está limitado por su alto costo de adquisición y mantenimiento.

Condición de uso

Las máquinas deben usarse sin exceder la duración de carga, ésta viene indicada en la placa de especificaciones técnicas.

Precauciones

Debe hacerse revisión periódica del colector y las escobillas. Verifique el sentido de rotación cada vez que se cambie su instalación de la red. Las máquinas de combustión deben equiparse de combustible con el motor detenido.

Máquinas de soldar (transformador)

Aparato eléctrico que transforma la corriente eléctrica bajando la tensión de la red de alimentación a una tensión e intensidad adecuada para soldar. Dicha CA de baja tensión (65 a 75 voltios en vacío) y de intensidad regular. Permite obtener la fuente de calor necesaria para la soldadura.

El transformador consta de un núcleo que está compuesto por láminas de acero al silicio y de dos bobinas de alambre; el de alta tensión, llamado PRIMARIO y el de baja tensión llamado **secundario**.

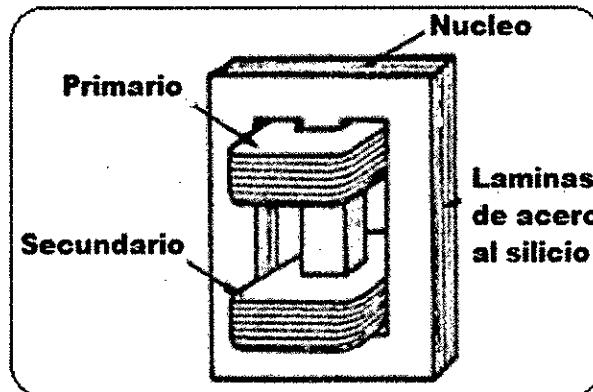
La corriente que proviene de la línea circula por el primario.

Los transformadores se construyen para diferentes tensiones, a fin de facilitar su conexión, en todas las redes de alimentación.

La transformación eléctrica se explica de la forma siguiente: "La corriente eléctrica que circula por el primario genera un campo de líneas de fuerza magnética en el núcleo, dicho campo actuando sobre la bobina secundaria,

produce en este, una corriente de baja tensión y alta intensidad, la cual se aprovecha para soldar.

FIGURA N° 5.27.
NÚCLEO CENTRAL DE LA MÁQUINA DE SOLDAR



Fuente: Elaboración propia.

Características

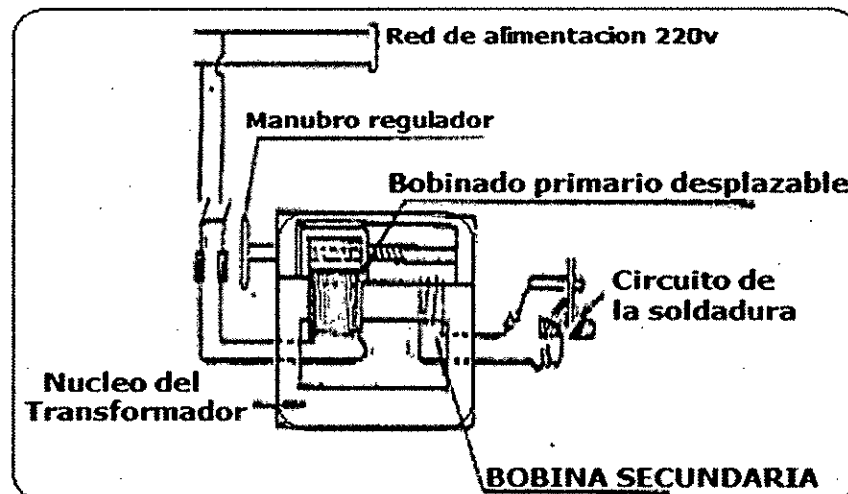
La regulación de la intensidad se hace comúnmente por dos sistemas:

1. Regulación por bobina desplazante: Consiste en alejar el primario y el secundario entre sí.

Observación:

Este sistema es recomendable por su regulación gradual.

FIGURA N° 5.28.
DISTRIBUCIÓN DEL CIRCUITO DE CA-CC



Fuente: Elaboración propia.

2. Regulación por clavija: Funciona aumentando o disminuyendo el número de espiras.
3. Los transformadores se conocen también como Máquinas estáticas por no tener piezas móviles.

Ventajas

El uso del transformador se ha generalizado por:

4. Bajo costo de adquisición
5. Mayor duración y menor gasto de mantenimiento
6. Mayor rendimiento y menor consumo en vacío
7. Menor influencia del soplo magnético

Desventajas

Entre sus desventajas se pueden mencionar:

8. Limitación en el uso de algunos tipos de electrodos
9. Dificultad para establecer y mantener el arco

Mantenimiento

Debe mantenerse el equipo libre de polvo y humedad

Precaución

Toda acción de limpieza debe efectuarse con la máquina desconectada. Al instalarla debe elegirse un lugar seco fijando en la máquina, una conexión a tierra.

Selección del Electrodo Adecuado

Para escoger el electrodo adecuado, es necesario analizar las condiciones de operatividad en particular, y luego determinar el tipo y diámetro del electrodo que más se adapte a esas condiciones. Este análisis es relativamente simple, si el operador se habitúa a considerar los siguientes factores:

- a) Naturaleza del metal base
- b) Dimensiones de la sección a soldar
- c) Tipo de corriente que entrega la máquina soldadora
- d) Posición de soldadura
- e) Tipo de unión y facilidad de fijación de la pieza
- f) Características especiales del depósito de soldadura como son resistencia a la corrosión, tracción, etc.
- g) Cumplimiento de las normas o especificaciones especiales.

a) Naturaleza Del Metal Base

Las propiedades mecánicas y composición química del metal base deben ser conocidas. Por lo tanto, la Identificación es absolutamente necesaria para seleccionar apropiadamente el electrodo correcto. Si la identificación no es posible, se debe hacer test basados en aspectos de apariencia superficial, magnéticos, resistencia al cincel, fractura, térmico y apariencia de chispa.


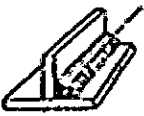






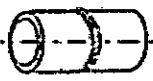

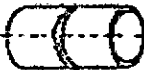

b) Dimensiones de La Sección A Soldar

Este factor determina el diámetro (ϕ) del electrodo de acuerdo a su Rendimiento. Además en espesores gruesos el electrodo debe tener máxima ductilidad para evitar grietas en la sección soldada. Tipos de Corriente Algunos electrodos están diseñados para operar solo con corriente continua (CC). Sin embargo la gran mayoría están indicados para ambos tipos de corriente CA y CC. ESQUEMA DE CA Y CC.

Posiciones a soldar

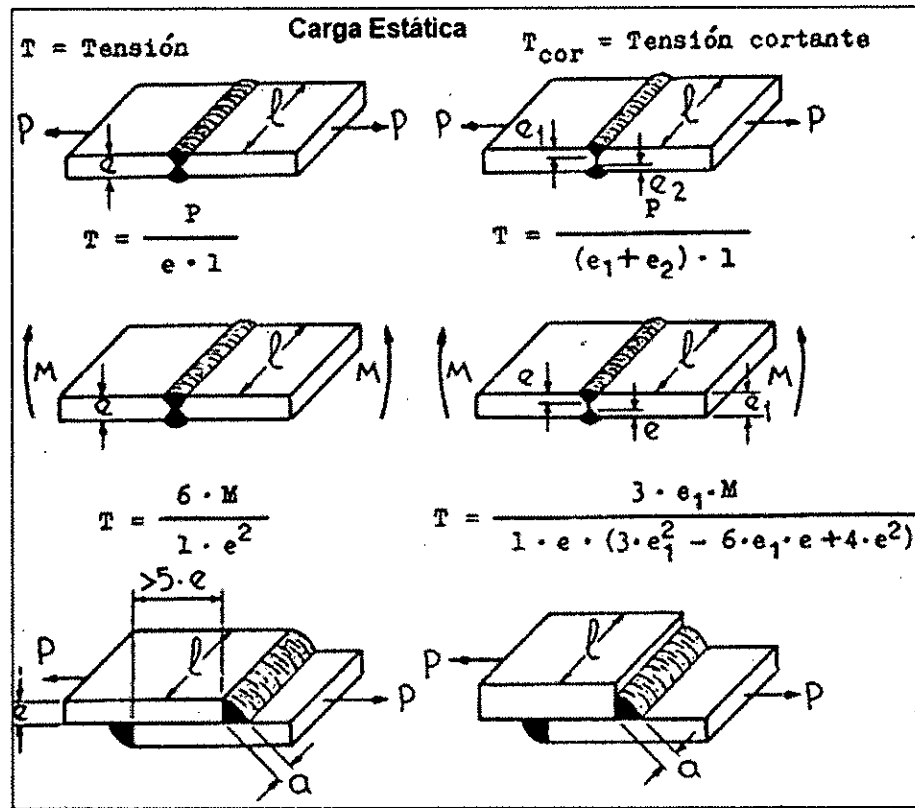
Los electrodos están diseñados para ser usados en posiciones específicas. Siempre que sea posible hay que llevar la pieza a una posición plana, que es la más cómoda y con mayor rendimiento.

FIGURA N° 5.29.
PRINCIPALES APLICACIONES DE LA SOLDADURA

PLANO	HORIZONTAL	VERTICAL	SOBRE CABEZA
			
			
			

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 5.30.
ANÁLISIS DE APLICABILIDAD DE LA SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia.

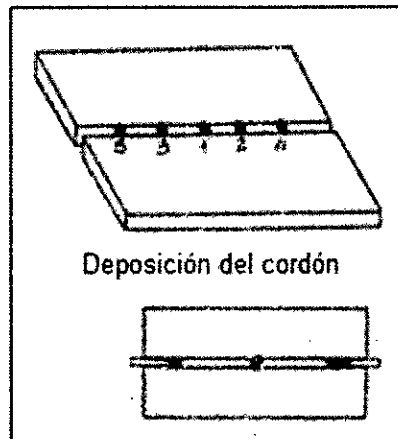
Soldadura a tope sin bisel posición plana horizontal

Esta operación consiste en unir piezas por sus bordes, soldadas desde el lado superior en posición plana, siendo la más común y conveniente en todo operatividad del soldador. Es usada frecuentemente en las construcciones metálicas, por ejemplo: Cubiertas de barcos, fondos de estanques y carrocerías.

Proceso de ejecución

- 1) Preparar las piezas
- 2) Ubique y fije las piezas en posición plana
Observación: La separación de las piezas varía de acuerdo al espesor de las mismas y al diámetro del electrodo a utilizar.
- 3) Encienda y regule la máquina
- 4) Ejecute puntos de soldadura.

FIGURA N° 5.31.
POSICIÓN DE LA DEPOSICIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Observación:

2. El punteado debe ser alternado
2. Mantenga la separación de las piezas durante el punteado usando cuñas.
3. Limpie los puntos con pica escoria y escobilla de acero

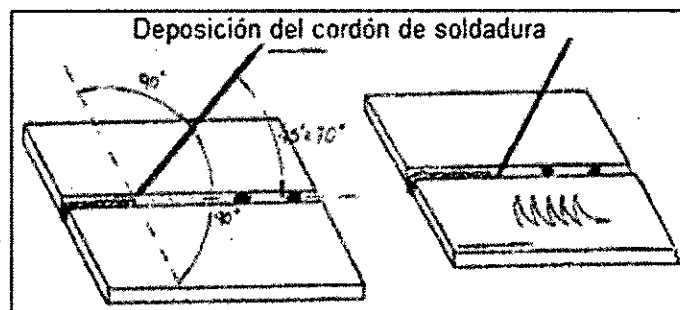
Precaución:

Al realizar todo tipo de limpiado de escoria de la soldadura, el operador debe proteger sus ojos con gafas para evitar la proyección de partículas cristalizadas a los ojos.

Inicie la ejecución del cordón de soldadura.

- a) Incline el electrodo en dirección al avance (75° aproximadamente)
- b) Oscile el electrodo cubriendo los bordes.

FIGURA N° 5.32.
ENCENDIDO Y MANIOBRA A SOLDAR



Fuente: Elaboración propia.

Observación:

Si la penetración es insuficiente, aumente la intensidad de la corriente.

Penetre a través de ambos bordes hasta la parte inferior manteniendo una velocidad de avance constante.

5) Interrumpa el cordón

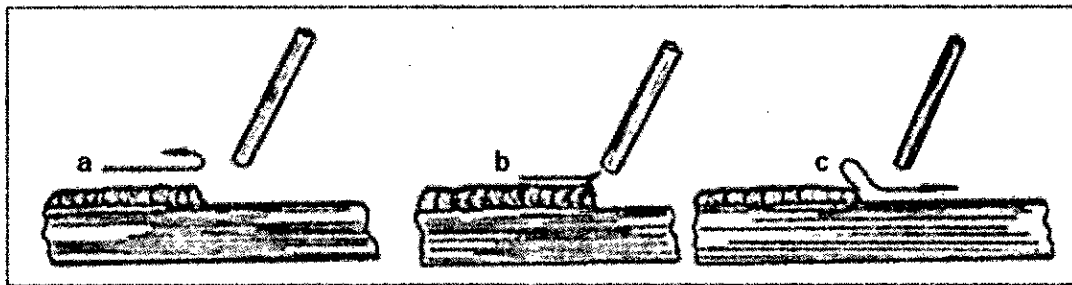
6) Limpie el cráter

7) Reinicie el cordón

Observación:

Precalente y rellene el cráter antes de continuar.

FIGURA N° 5.33.
ENCENDIDO Y DEPOSICIÓN DE LA SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia.

8) Finalice el cordón

Observación:

Al finalizar el cordón, llene el cráter depositando material.

Limpie todo el cordón con pica escoria y escobilla de acero.

Soldadura de tope con chaflán o bisel simple

Tiene por objeto unir piezas de espesores superiores a 3 mm, para lo cual se efectuará un chaflanado o bisel previo a la ejecución de la soldadura, con la finalidad de conseguir la mayor penetración lo que dará a la soldadura una mayor resistencia.

Se aplica en construcciones de estanques, trenes, refineries y construcciones de gran envergadura.

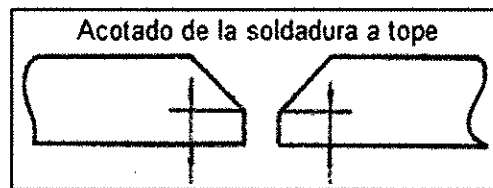
Proceso de ejecución

2. Prepare el material

Limpie las piezas biseladas con cepillo de acero

Observación: El talón debe tener la misma altura en ambas piezas.

FIGURA N° 5.34.
PROCESOS DE ACOTADO



Fuente: Elaboración propia.

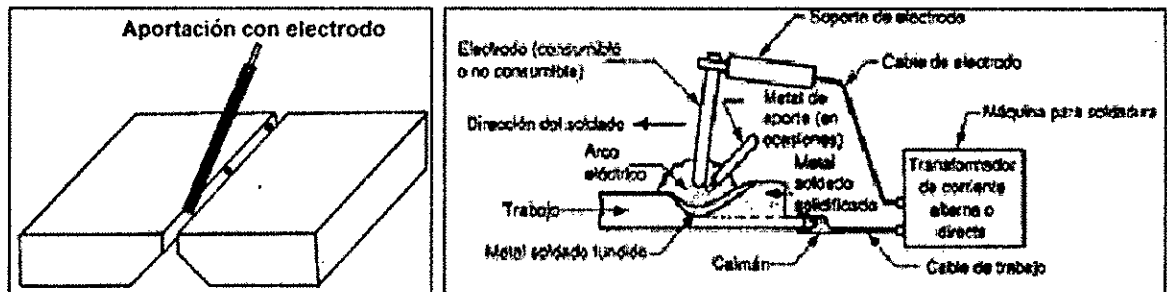
b) Fije las piezas sobre la mesa de operatividad para evitar las contracciones del material.

2. Encienda y regule la máquina de soldar.

3. Ejecute puntos de fijación.

Observación: Siempre que sea posible, puntee las piezas por la parte posterior del biselado.

FIGURA N° 5.35.
APORTACIÓN DE ELECTRODO REVESTIDO



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar este paso es conveniente usar puntos bajos pero bien fusionados.

Limpie los puntos efectuados usando pica escoria y cepillo de acero.

Precaución:

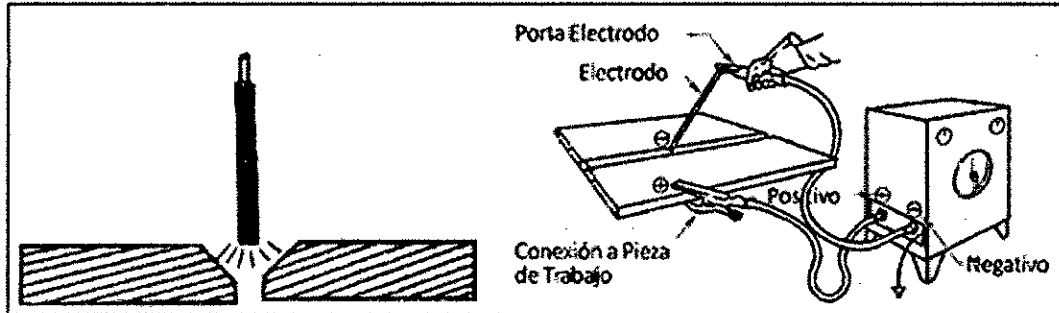
Al limpiar los puntos, protéjase los ojos con gafas de seguridad.

4. Suelde

a) Inicie el cordón de raíz

Observación: Al iniciar el cordón, encienda el arco dentro del bisel.

Fig. N° 5.36. Aplicación del electrodo de la soldadura



Fuente: Elaboración propia

b) Incline el electrodo

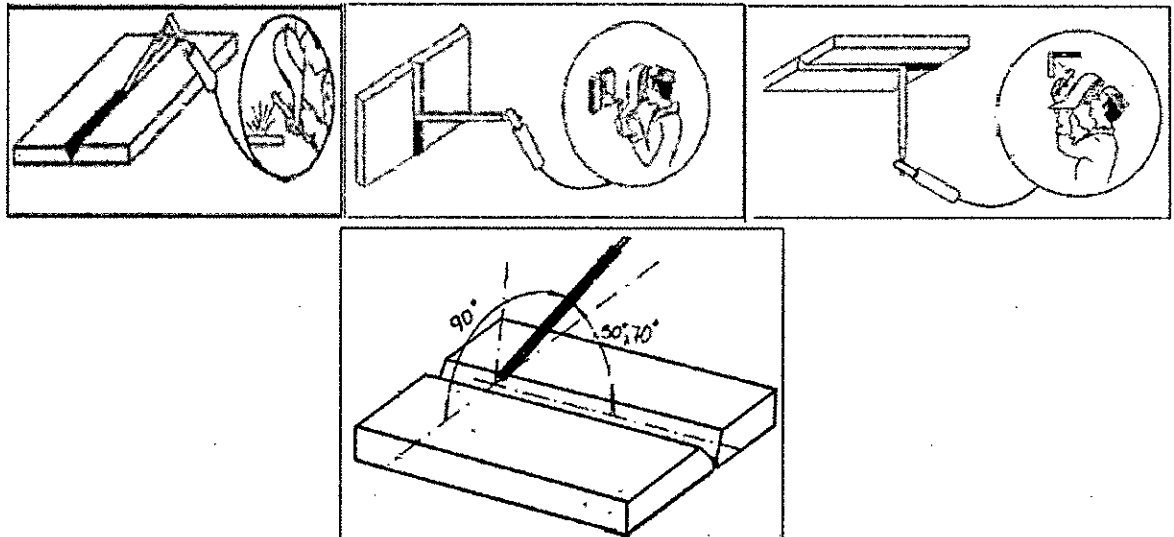
c) Avance oscilando el electrodo

d) Finalice y limpie el cordón

5. Deposite el resto de los cordones hasta que cubran el bisel

Observaciones: Después de cada pasada limpie el cordón depositado y en el caso de tener que empalmar, limpie el cráter.

FIGURA N° 5.37.
POSICIONES BÁSICAS DE LA SOLDADURA



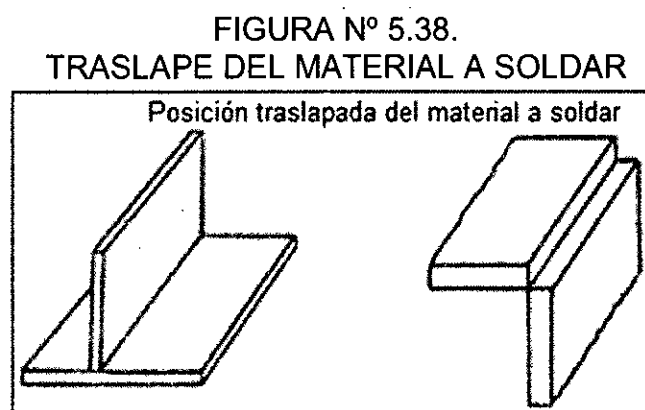
Fuente; Elaboración Propia.

Soldadura en ángulo en posición plana horizontal

Tiene por objeto unir dos piezas que forman un ángulo entre sí. Esta operación constituye una de las bases dentro del aprendizaje, ya que su aplicación es muy frecuente. Su uso es muy común dentro de toda obra que se ejecute con uniones soldadas.

Proceso de ejecución

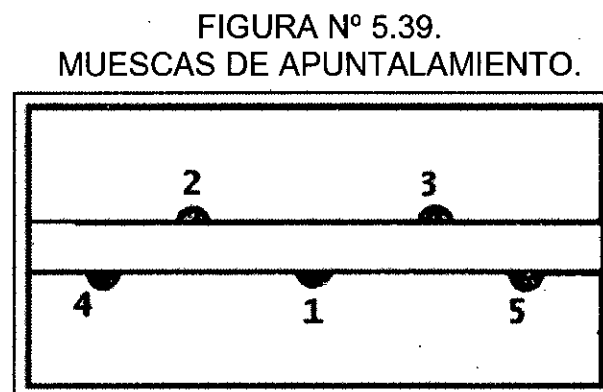
1- Prepare las piezas formando un ángulo.



Fuente: Elaboración propia.

2- Encienda y regule la máquina.

3- Presentación y puntear con el electrodo las piezas en forma alternada.



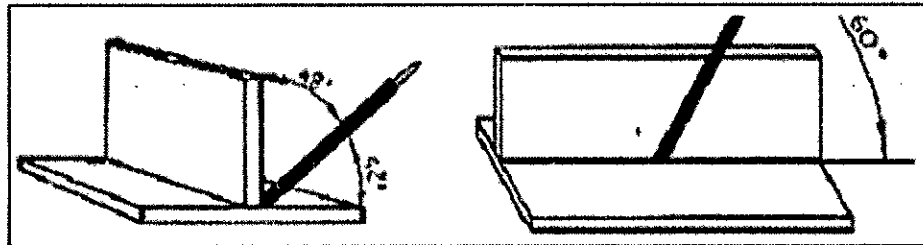
Fuente: Elaboración propia.

4- Suelde

a) Inicie el cordón de raíz.

b) Incline el electrodo

FIGURA Nº 5.40.
POSICIÓN DE APUNTALADO DEL ELECTRODO



Fuente: Elaboración propia.

- c) Avance y oscile el electrodo con movimiento Zig-Zag
- d) Finalice el cordón.

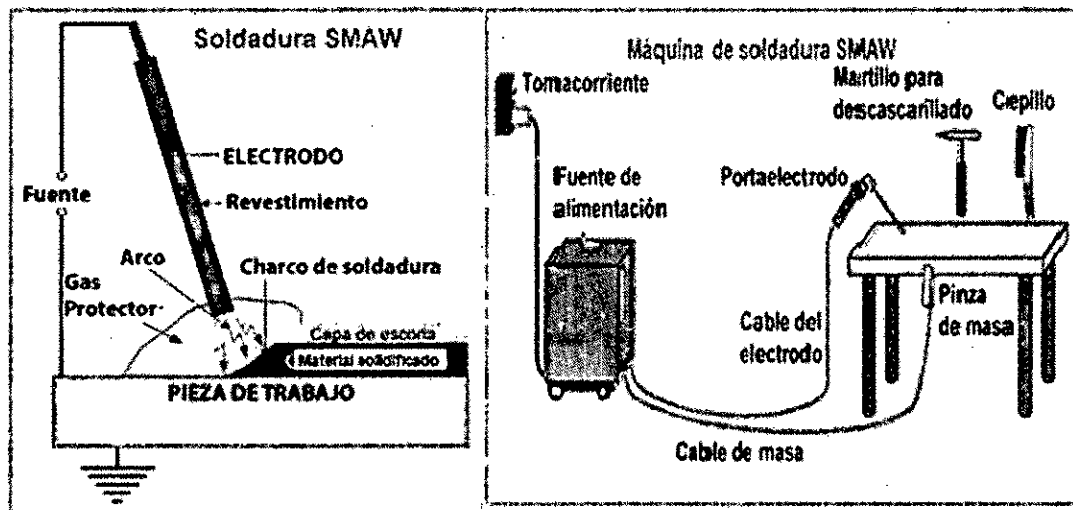
5- Deposite el resto de los cordones

Observación:

Cuando se depositan cordones escalonados, se debe tomar 1/3 del cordón anterior.

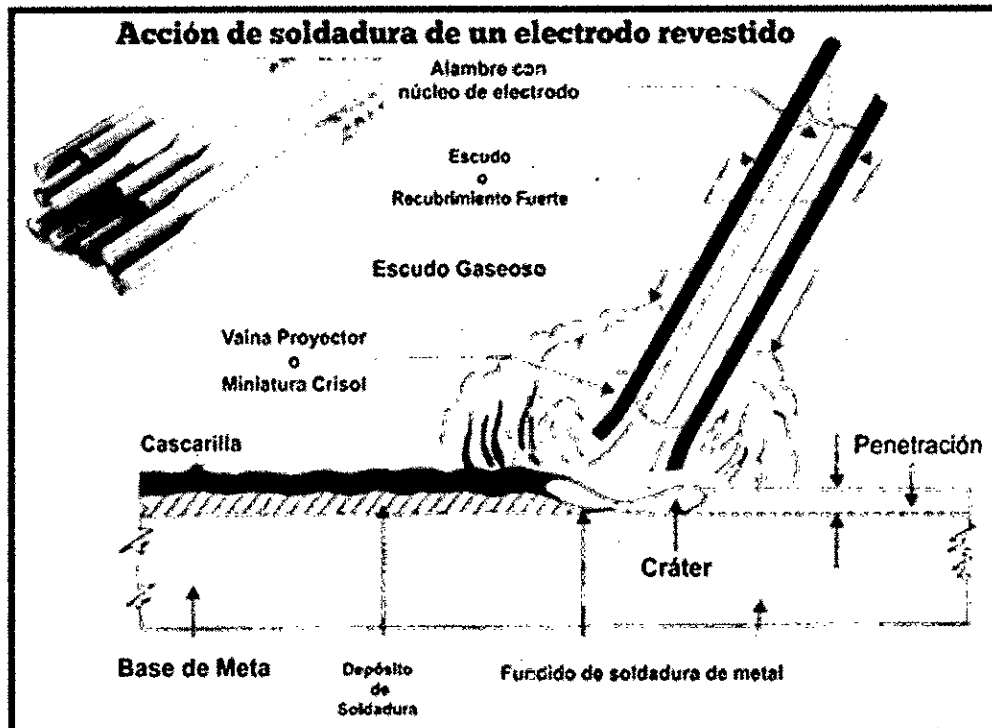
- a) Oscile el electrodo en el resto de los cordones con movimiento Zig-Zag curvo
- b) Deposite el segundo cordón inclinando el electrodo
- c) Deposite el tercer cordón inclinando el electrodo.

FIGURA Nº 5.41.
DISPOSICIÓN BÁSICA DE LA SOLDADURA AUTOMATIZADA.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 5.42.
VARILLA DE SOLDAR REVESTIDO BÁSICO Y SU FLAMA.



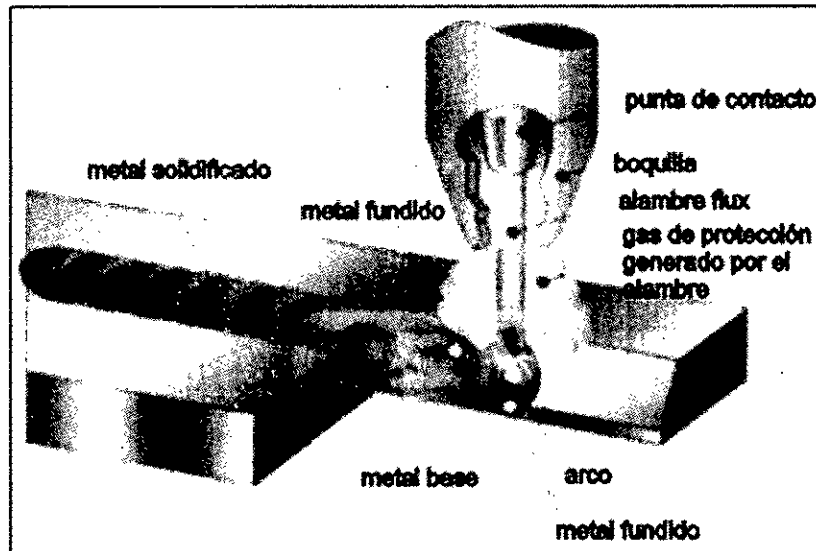
Fuente: Elaboración propia.

5.5. Equipo básico de TIG o GTAW

El equipamiento básico necesario para ejecutar este tipo de soldadura está conformado por:

1. Un equipo para soldadura por arco con sus cables respectivos.
2. Provisión de un gas inerte, mediante un sistema de mangueras y reguladores de presión.
3. Provisión de agua (solo para algunos tipos de sopletes).
4. Soplete para soldadura TIG. Puede poseer un interruptor de control desde el cual se comanda el suministro de gas inerte, el de agua y el de energía eléctrica.

FIGURA N° 5.43.
SOLDADURA POR ARCO CON GAS TIG-MAG



Fuente: Elaboración propia

Para soldar con SMAW, el tipo de corriente o polaridad que se utilicen dependerá del recubrimiento que posea el electrodo, en cambio en GTAW (TIG), la corriente o su polaridad se determina en función del metal a soldar. Es posible utilizar CA y CC (inversa o directa). Los equipos para soldar con GTAW poseen características particulares, pero admiten ser utilizadas también con SMAW. Los equipos para soldadura GTAW poseen:

- Una unidad generadora de alta frecuencia (oscilador de AF) que hace que se forme el arco entre el electrodo al metal a soldar. Con este sistema, no es necesario tocar la pieza con el electrodo.
- El equipo posee un sistema de electroválvulas de control, las cuales le permite controlar el accionamiento en forma conjunta del agua y el gas.
- Sólo algunos equipos poseen un control mediante pedal o gatillo en el soplete

Al efectuar la soldadura con CC, se observa que en el terminal positivo (+) se desarrolla el 70% del calor y en el negativo (-) el 30% restante. Esto significa que según la polaridad asignada, directa o inversa, los resultados obtenidos serán muy diferentes. Con polarización inversa, el 70% del calor se concentra

en el electrodo de tungsteno. De lo antedicho se deduce que con el mismo valor de corriente (amperaje), pero cambiando la polarización a directa, se puede utilizar un electrodo de tungsteno de menor tamaño, favoreciendo ello a lograr un arco más estable y una mayor penetración en la soldadura efectuada. Sin embargo, la corriente continua directa no posee la capacidad de penetrar la capa de óxido que se forma habitualmente sobre algunos metales. La corriente alterna (CA) tiene capacidad para penetrar la película de óxido superficialmente sobre algunos metales, pero el arco se extingue cada vez que la forma sinusoidal pasa por el valor cero de tensión o corriente, por lo que lo consideramos inadecuado. Se encontró un planteamiento a dicho problema superponiendo una corriente alterna de alta frecuencia (AF), la cual mantiene el arco encendido aún con tensión cero.

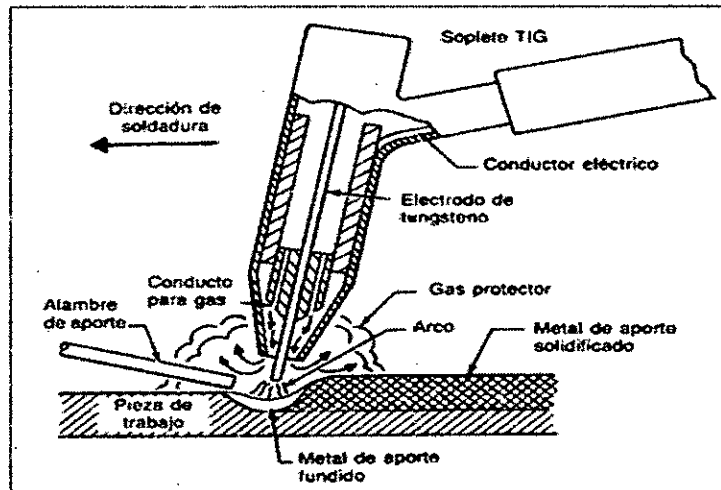
**TABLA 5.3.
TIPO DE FUENTE BÁSICO.**

METAL A SOLDAR	Fuente de potencia preferida	Fuente de potencia opcional
Aluminio	CA (alta frecuencia)	CC inversa
Latón y aleaciones	CC directa	CA (alta frecuencia)
Cobre y aleaciones	CC directa	-
Acero al carbono	CC directa	CA (alta frecuencia)
Acero inoxidable	CC directa	CA (alta frecuencia)

Como el proceso de GTAW es por arco eléctrico, los primeros sopletes que se utilizaron resultaban de una adaptación de las pinzas porta electrodo de la soldadura de arco convencional (SMAW) con un electrodo de tungsteno y un tubo de cobre suministrando el gas inerte sobre la zona de soldadura. El soplete actual consta de un mango, un sistema de collar para la sujeción del electrodo de tungsteno y un sistema de tobera a través del cual se eyecta el gas inerte. Pueden poseer sistema de enfriamiento por aire o por agua. Cuando se utilizan corrientes por debajo de 150 Ampere, se emplea la refrigeración por aire. En cambio, cuando se utilizan corrientes superiores a

150 Ampere, se emplea refrigeración por agua. El agua puede ser re-circulada mediante un sistema cerrado con un tanque de reserva, una bomba y un enfriador.

FIGURA N° 5.44.
PROCESO DE GTAW POR ARCO ELÉCTRICO



Fuente: elaboración propia.

El collar cumple la finalidad de sujetar el electrodo de tungsteno y transmitirle la corriente eléctrica. Los hay de diferentes tamaños, y se usará el más apropiado al tamaño de electrodo seleccionado. Estos se encuentran clasificados según el sistema AWS, en el que poseen un código según la aleación con que se encuentran confeccionados

TABLA 5.4.
MATERIALES DE LOS ELECTRODOS.

Código AWS	Tungsteno	Torio	Zirconio	Otros
EWP	99.5	-	-	0.5
EWTh-1	98.5	0.8-2.20	-	0.5
EWTh-2	97.5	2.7-2.2	-	0.5
EWTh-3	98.95	0.35-0.55	-	0.5
EWZr	99.2	-	0.15-0.4	0.5

Los electrodos originalmente no poseen forma. Antes de ser usados se les debe dar forma mediante mecanizado, desbaste o fundido. Los formatos pueden ser tres: en punta, media caña y bola.

FIGURA N° 5.45.
ELECTRODOS CON REVESTIMIENTOS



Fuente: Elaboración propia.

Los diámetros de los electrodos de tungsteno se seleccionan en función de la corriente empleada para la realización de la soldadura. En la TABLA se dan los rangos de corriente admisibles para cada diámetro de electrodo.

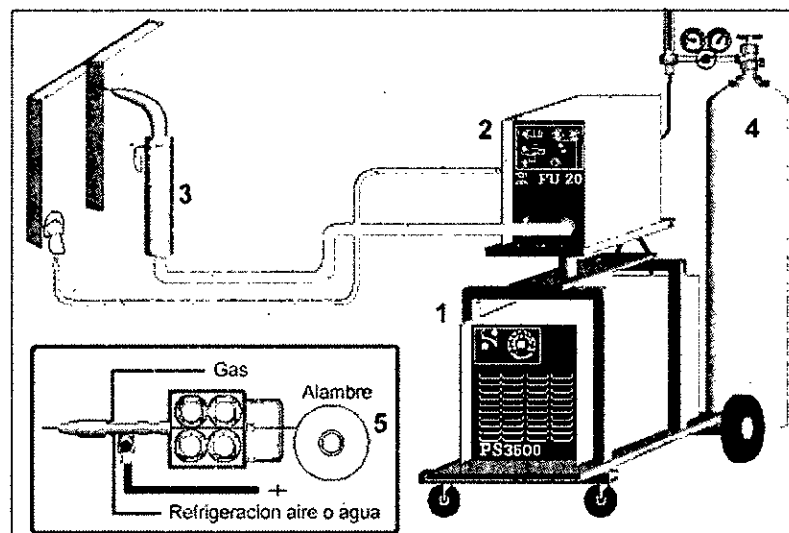
TABLA N° 5.5.
DIÁMETRO DE ELECTRODOS ESTÁNDAR

Corriente	Diámetro del electrodo (inch)	Diámetro del electrodo (milímetros)
Hasta 15 A	0.010	0.25
5 a 20 A	0.020	0.51
15 a 80 A	0.040	2.02
70 a 150 A	1/16	2.59
150 a 250 A	3/32	2.38
250 a 400 A	1/8	3.17
350 a 500 A	5/32	3.97
500 a 750 A	3/16	4.76
750 a 1000 A	¼	6.35

Las boquillas o toberas cumplen con dos funciones: la de dirigir el gas inerte sobre la zona de la soldadura, y la de proteger al electrodo. Las boquillas o toberas pueden ser de dos materiales diferentes: de cerámica y de metal .Las boquillas de cerámica son utilizadas en los sopletes con enfriamiento por aire, mientras que las metálicas son las utilizadas en los sopletes con enfriamiento por agua.

Para el soldeo por el procedimiento TIG puede utilizarse cualquier grupo convencional, de corriente continua o alterna, de los que se emplean en la soldadura por arco con electrodos revestidos. Sin embargo, es importante que permite un buen control de la corriente en el campo de las pequeñas intensidades. Esto es necesario con vistas a conseguir una buena estabilidad de arco incluso a bajas intensidades, lo que resulta especialmente interesante en la soldadura de espesores finos. Cuando se utilice un grupo de corriente continua que no cumpla esta condición, es recomendable conectar una resistencia en el cable de masa, entre el generador y la pieza.

FIGURA Nº 5.46.
TIPOS DE FUENTES DE PODER PARA EL PROCESO MIG



Fuente: Elaboración propia.

Equipo para soldadura MIG.

1. Una máquina soldadora.

2. Un alimentador que controla el avance del alambre a la velocidad requerida.

3. Una pistola de soldar para dirigir directamente el alambre al área de soldadura.
4. Un gas protector para evitar la contaminación del baño de fusión.
5. Un carrete de alambre del tipo y diámetro especificado.

Beneficios del sistema MIG.

1. No genera escoria.
2. Alta velocidad de deposición.
3. Alta eficiencia de deposición.
4. Fácil de usar.
5. Mínima salpicadura.
6. Aplicable a altos rangos de espesores.
7. Baja generación de humos.
8. Es económico.
9. La pistola y los cables de soldadura son ligeros haciendo más fácil su manipulación.
10. Es uno de los más versátiles entre todos los sistemas de soldadura.
11. Rapidez de deposición.
12. Alto rendimiento.

Este planteamiento permite conseguir un arco estable, incluso a muy bajas intensidades. En cuanto a las máquinas de corriente alterna (transformadores). Deben equiparse con un generador de alta frecuencia, a este respecto, hay que recordar que en la soldadura con corriente alterna el sentido de circulación de la corriente está cambiando continuamente. En cada inversión nos encontraremos con un pequeño periodo de tiempo en que no circula corriente, esto produce inestabilidad en el arco, e incluso puede provocarse extinción. Cuando se acopla un generador de alta frecuencia, circula una corriente más uniforme y se estabiliza el arco.

Corriente continua y con polaridad inversa

Cuando se trabaja con corriente continua, el circuito de soldadura puede alimentarse con polaridad directa, o con polaridad inversa. En polaridad directa, los electrones circulan del electrodo hacia la pieza, lo que genera en ésta una gran cantidad de calor. En polaridad inversa, la circulación de

electrones se produce desde la pieza hacia el electrodo, originando un fuerte calentamiento de este último. El intenso calor generado en el electrodo tiende a fundir el extremo del mismo y puede producir la contaminación del cordón de soldadura. Para evitar este fenómeno, la corriente continua con polaridad inversa requiere el empleo de electrodos de mayor diámetro que los utilizados con polaridad directa a la misma intensidad. Por ejemplo, un electrodo de tungsteno de 2.5 mm de diámetro, puede soportar normalmente unos 125 A., en polaridad inversa, y sin que se produzca la fusión del electrodo. Sería necesario recurrir a un diámetro de unos 6 mm, por lo menos. La polaridad también afecta a la forma del cordón. Concretamente, la polaridad directa da lugar a cordones estrechos y de buena penetración. Por el contrario, la polaridad inversa produce cordones anchos y poco penetrados. Por estas razones, la corriente continua con polaridad inversa no se utiliza nunca en el procedimiento TIG. Como excepción, se utiliza ocasionalmente en el soldeo de aluminio o magnesio. En estos metales se forma una pesada película de óxido, que se elimina fácilmente cuando los electrodos fluyen desde la pieza hacia el electrodo (polaridad inversa). Esta acción de limpieza de óxido no se verifica cuando se trabaja en polaridad directa.

Sin embargo, también se produce en corriente alterna, durante el semiciclo de polaridad inversa. Este tipo de acción limpiadora, necesario en el soldeo del aluminio y del magnesio, no se precisa en otros tipos de metales y aleaciones. La limpieza de óxido se atribuye a los iones de gas, cargados positivamente, que son atraídos con fuerza hacia la pieza, cargada negativamente. Estos iones, al estrellarse contra la pieza, tienen suficiente energía para romper la película de óxido y limpiarla en el baño de fusión. En general, la corriente alterna es la que permite obtener mejores resultados en la soldadura del aluminio y del magnesio.

Corriente continua y polaridad directa

En general, es la que permite obtener mejores resultados, por lo que se emplea en la soldadura TIG de la mayoría de los metales y aleaciones. Puesto que la mayoría de calor se consigue en la pieza, el proceso de soldeo es más rápido, hay menos deformación del metal base y el baño de fusión es más estrecho y profundo cuando se suelda con polaridad inversa. Además, con la mayor parte del calor se genera en el baño de fusión, pueden utilizarse electrodos de menor diámetro.

Corriente alterna

La corriente alterna viene hacer una combinación de corriente continua con polaridad directa y continua con polaridad inversa. Durante medio ciclo se comporta como una corriente continua de una determinada polaridad, y en el semiciclo resiste esta polaridad se invierte. En la práctica la suciedad y los óxidos que se pueden acumular sobre la pieza, junto con el bajo poder emisor de la misma (está relativamente fría), dificultan la circulación de la corriente durante el semiciclo de polaridad inversa (fenómeno de rectificación). Cuando la rectificación es total, la onda de la corriente alterna toma la forma. Este fenómeno de rectificación, que puede ser parcial o total provoca la inestabilidad del arco, e incluso pueden llegar a extinguirlo. Para evitar los inconvenientes de la rectificación y estabilizar el arco, los grupos de corriente alterna para soldadura TIG están dotados de un generador de alta frecuencia.

La corriente de elevada frecuencia, suministrada por este generador, salta fácilmente entre el electrodo y la pieza, rompiendo la película de óxido y abriendo paso para la corriente principal.

FIGURA Nº 5.47.
PORTA ELECTRODOS



Fuente: Elaboración propia.

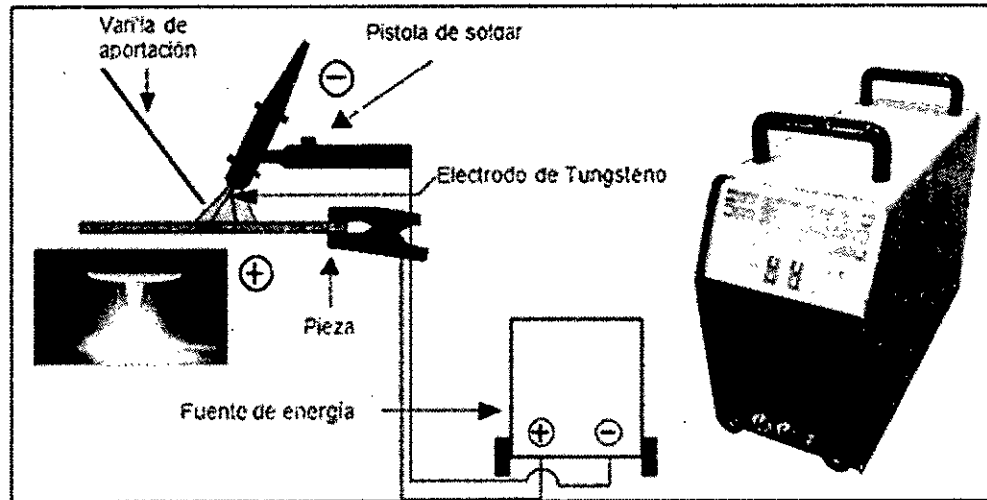
Tienen la misión de conducir la corriente y el gas de protección hasta la zona de soldeo. Puede ser de refrigeración natural (por aire) o de refrigeración forzada (mediante circulación de agua). Los primeros se emplean en la soldadura de espesores finos, que no requieren grandes intensidades, y los de refrigeración forzada se recomiendan para operatividad que exijan intensidades superiores a los 200 amperios. En estos casos, la circulación del agua por el interior del porta-electrodos evita el sobrecalentamiento del mismo.

5.5.1. Gases de soldadura TIG

Soldadura TIG (GTAW) de los aceros inoxidable

Argón de calidad superior, recomendado para los operatividades realizados dentro del marco del aseguramiento de la calidad (trazabilidad del producto, pureza). El argón asocia a un fácil cebado del arco una buena protección del baño de fusión. También utilizado en la soldadura TIG (GTAW) de las aleaciones de: aluminio, cobre, titanio, circonio, tántalo. Por razones metalúrgicas, solo los gases inertes pueden ser utilizados para proteger estos metales cuando son llevados hasta su fusión por el arco eléctrico. La adición de helio en argón incrementa la energía del arco.

FIGURA Nº 5.48.
SOLDADURA TIG (GTAW)



Fuente: Elaboración propia.

- Incrementos de la productividad.
- Disminución de los costos de achaflanado.
- Disminución de las deformaciones después de soldar.
- Mejora del aspecto de la soldadura, mejora de la compacidad (mayor régimen térmico) debido a la presencia de hidrógeno.
- Mejora del entorno del soldador gracias a que con el hidrógeno se ataca eficazmente el ozono y los óxidos de nitrógeno.

❖ Soldadura TIG (GTAW) de los aceros inoxidable

La adición de helio permite mejorar la velocidad de soldadura, el mojado de los cordones y limitar las emanaciones de ozono y de óxidos de nitrógeno.

Helio puro con muy bajo nivel de impurezas, se utiliza principalmente en la soldadura TIG (GTAW) automatizada con corriente alterna/continua de las aleaciones de aluminio.

Mezclas de argón+hidrógeno para aplicaciones de soldadura manual y automatizada.

Multicátodo, soldadura TIG (GTAW) de los aceros inoxidable austeníticos. Buena penetración y excelente terminación del cordón, mayor velocidad de soldadura que con argón puro.

A mayor contenido de hidrógeno le convierte en un gas de prestaciones con mayores velocidades de aportación, sobre todo cuando los espesores soldados son mayores y la aplicación está automatizada.

Aceros inoxidable austeníticos.

Los aceros **austeníticos** forman el grupo principal de aceros inoxidables; la composición más habitual es 18% Cr y 8% Ni).

La presencia del hidrógeno, facilita la eficacia de la protección frente al oxígeno del aire.

Ventajas específicas de la soldadura por arco con protección gaseosa TIG

Puesto que al gas protector impide el contacto entre la atmósfera y el baño de fusión, los iones obtenidos son más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión, que las que se obtienen por la mayor parte de los procedimientos.

La protección gaseosa simplifica notablemente el soldeo de metales no ferrosos, por no requerir el empleo de desoxidantes. Los procedimientos que exigen la aplicación de los residuos de los mimos una vez realizada la soldadura. Además, con el empleo de estos desoxidantes, siempre hay el peligro de deformación de soldaduras e inclusiones de escoria.

Otra ventaja de la soldadura por arco con protección gaseosa es la que permite obtener soldaduras limpias, sanas y uniformes, debido a la escasez de humos y proyecciones, por otra parte, dado que la rotación gaseosa que rodea al arco transparente, el soldador puede ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que repercute favorablemente en la calidad de la soldadura.

La soldadura puede realizarse en todas las posiciones con un mínimo de proyecciones, esto que la superficie del cordón presenta una graneza, puede suprimirse, o reducirse sensiblemente, u operaciones de acabado, lo que

incide favorablemente en los costos de producción. Último, también es menor la deformación de las inmediaciones del cordón de soldadura.

Variantes de los procedimientos

La soldadura por arco con electrodo insufrible y protección gaseosa. Procedimiento TIG (Tungsteno Inerte Gas).

La soldadura por arco con electrodo metálico fusible y protección gaseosa. Procedimiento MIG (Metal Inerte Gas).

Cada uno de estos procedimientos presenta sus ventajas y características, pero ambos coinciden en producir soldadura bien penetrada y relativamente libre de contaminación atmosférica.

La mayor parte de los metales industriales pueden soldarse fácilmente uno u otro procedimiento. Esto incluye a metales como el aluminio, magnesio, aceros débilmente aliados, aceros al carbón, aceros inoxidable, cobre, níquel, titanio y otros.

Ambos procedimientos pueden aplicarse manualmente o automáticamente. En la soldadura semiautomática, el soldador controla la dirección y la velocidad de avance. En el soldeo automático, la inclinación de cordón, el espesor de la aportación, la velocidad de avance. En el soldeo automático, la inclinación del cordón, el espesor de la aportación, la velocidad de avance, la dirección, etc. Están controlados por el equipo.

Metales de Aportación de la Soldadura con Protección Gaseosa.

Normalmente la soldadura TIG de espesores finos puede realizarse sin material de aportación, sin embargo al aumentar el espesor, es necesario aportar material para rellenar la junta. En algunos casos cuando se quiere reforzar la junta. También se aporta material en la soldadura de espesores finos.

El metal de aportación debe ser de la misma composición que el metal base. Así para el soldeo de aceros al carbón, se utilizan varillas de acero al carbón; para el soldeo de aluminio, varillas de aluminio; y así sucesivamente en

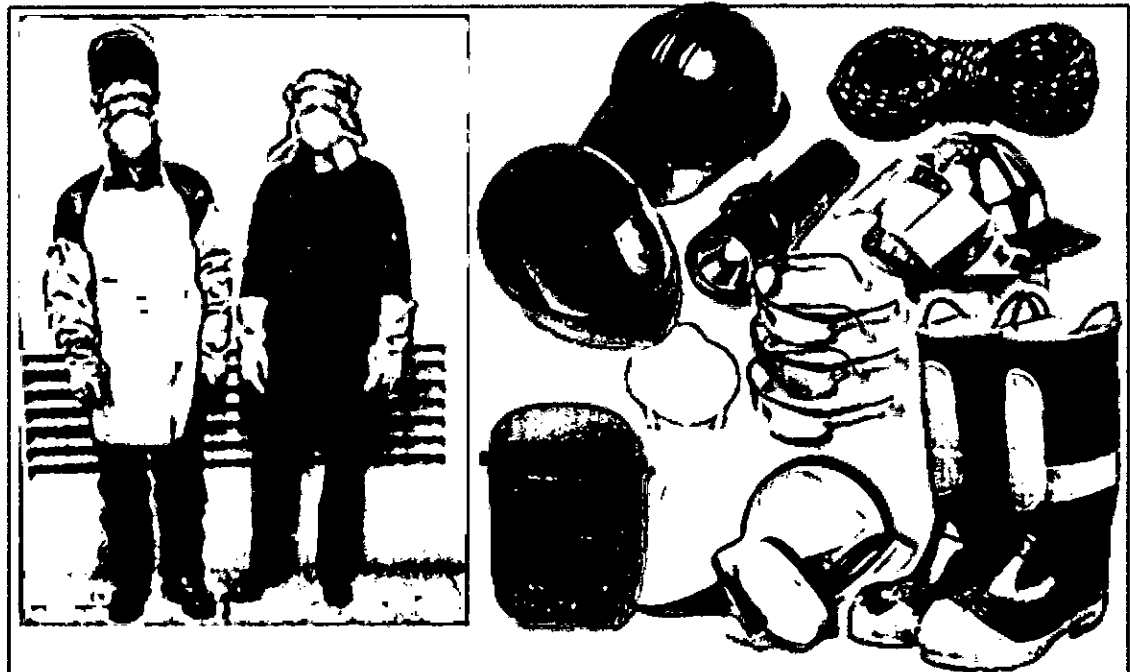
algunos, casos, puede utilizarse satisfactoriamente como material de aportación una tira obtenida de las propias chapas a soldar.

Como aportación para la soldadura TIG deben utilizarse varillas fabricadas expresamente para este procedimiento. Estas varillas se clasifican igual que los alambres utilizados en MIG. Las varillas de acero ordinario, cobreadas que se utilizan en la soldadura oxiacetilénica, no deben aplicarse a la soldadura TIG porque tienden a contaminar el electrodo de Tungsteno.

Con vistas a conseguir soldaduras sanas y para reducir las proyecciones, las varillas de aportación para el procedimiento TIG llevan mayores cantidades de sustancias desoxidantes.

En general, el diámetro de la varilla debe ser aproximadamente igual al espesor de las piezas a soldar.

FIGURA Nº 5.49.
EQUIPO DE PROTECCIÓN.



Fuente: Elaboración propia.

Para protegerse de las radiaciones del arco hay que utilizar una pantalla de cabeza, similar a las que se emplean en la soldadura con electrodos

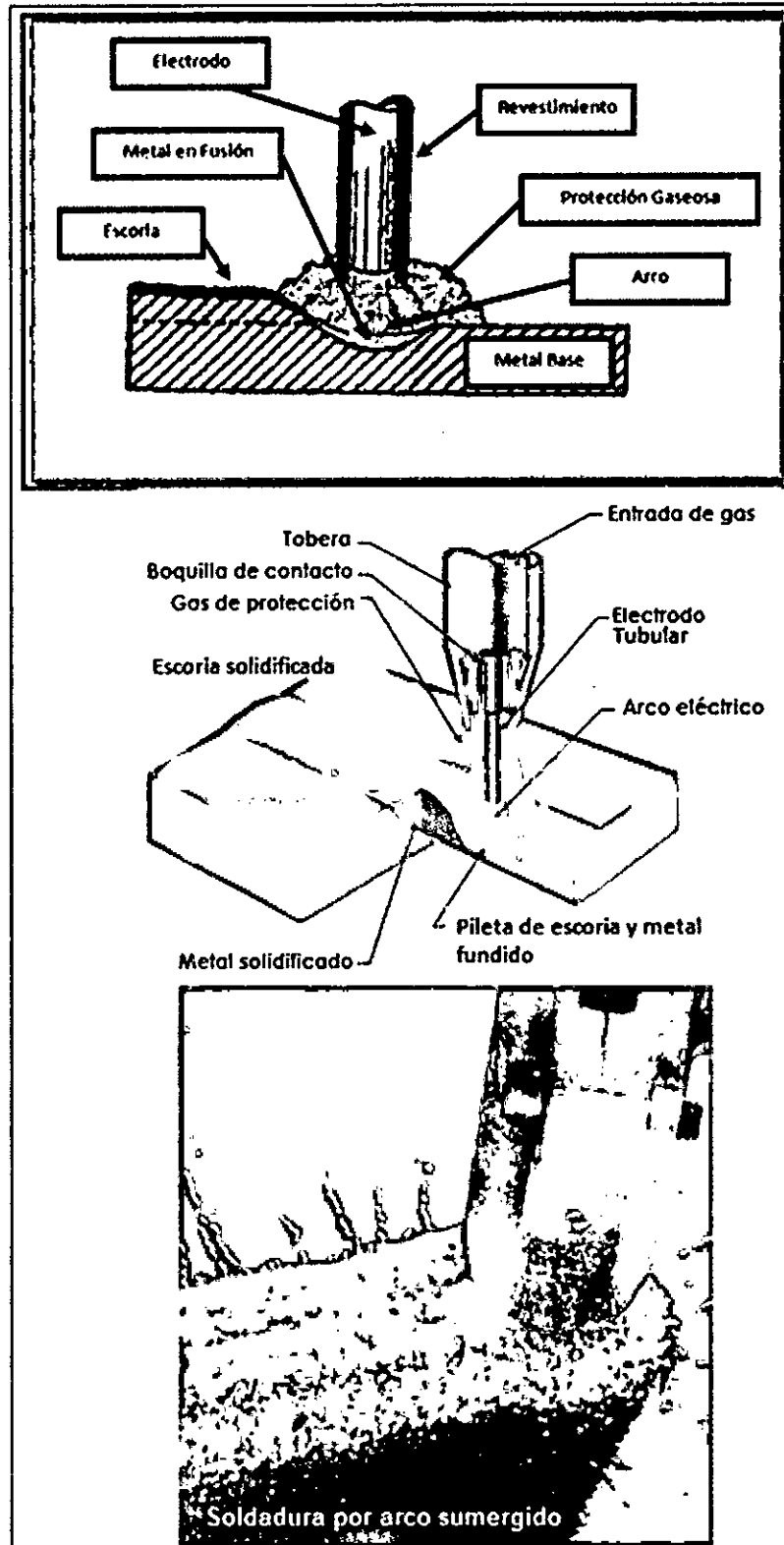
revestidos. La tonalidad del cristal depende de la intensidad de la corriente. Además deben llevarse las ropas de protección adecuadas, tales como mandil y guantes.

Indicaciones para el técnico profesional.

- ✓ El gas protector para soldadura TIG; puede ser argón, el helio o una mezcla de ambos gases. El más utilizado es el primero, debido a que es más barato que el helio.
- ✓ El argón es 2.4 más pesado que el aire y unas 10 veces más pesado que el helio. La viscosidad de ambos gases es muy parecida. Puesto que el argón es más pesado que el aire, procura una mejor protección de la soldadura. Además, con el argón, la atmósfera que rodea el arco es más clara, lo que permite un mejor control del baño de fusión del propio arco.
- ✓ Normalmente, el argón produce una acción de limpieza del baño de fusión más enérgica que otros gases, especialmente en la soldadura de aluminio y magnesio con corriente alterna.
- ✓ Otra ventaja de este gas la encontramos en el arco, que es suave y de gran estabilidad. Por otra parte, puede que en atmósfera de argón la tensión de arco es más baja, hay menos peligro de perforar la piezas cuando se sueldan en espesores finos. Consecuentemente, el argón suele utilizarse para la soldadura manual, o con máquinas automáticas de pequeña velocidad de soldeo, en espesores iguales o inferiores a 3 mm.
- ✓ El argón también permite un mejor control de baño de fusión cuando se suelda en vertical o en techo.
- ✓ Además como regla general, el arco es más fácil de cebar en argón que en helio, y para una velocidad de soldeo dada, el cordón obtenido es más estrecho y la zona afectada por el calor es más reducida.

- ✓ Cuando la velocidad de soldeo es el factor determinante, especialmente en soldadura automática, o en el soldeo de espesores o de metales e levada conductividad térmica, en algunos casos se recurre al helio como gas de protección. El helio permite obtener mayores velocidades de soldeo debido a que para una intensidad dada, la tensión de arco es mayor. Puesto que la tensión del arco en atmósfera de helio es mayor que en el caso del argón, con una intensidad de corriente más baja, puede conseguirse la misma potencia de arco, y de esta forma trabajarse a elevadas velocidades de soldeo sin necesidad de utilizar grandes intensidades de corriente.
- ✓ Cuando quiere mejorar la aportación de calor sin perder las ventajas típicas del argón, se recurre a las mezclas argón - helio.
- ✓ El argón y el helio se suministran en botellas de acero que contienen unos 10 m³ de gas a una presión de 150 Kgf/cm².
- ✓ Para reducir la presión y control el caudal del gas se utilizan manorreductores caudalímetro. Estos aparatos suelen venir calibrados en litros por minuto.
- ✓ El caudal de gas, que depende del espesor y naturaleza del metal a soldar, puede regularse mediante un mando situado en el caudalímetro.
- ✓ Al igual que en los demás procesos de soldadura por arco, este es un proceso en el cual el calor es aportado por un arco eléctrico generado entre uno o más electrodos y la pieza de operatividad.
- ✓ El arco eléctrico mencionado está sumergido en una capa de fundente granulado que lo cubre totalmente protegiendo el metal depositado durante la soldadura. De aquí el nombre del proceso.
- ✓ Una ventaja del proceso es que, estando el arco completamente encerrado, pueden utilizarse intensidades de corriente extremadamente elevadas sin chisporroteo o arrastre de aire. Las intensidades elevadas producen una penetración profunda y el proceso es térmicamente eficiente, puesto que la mayor parte del arco está bajo la superficie de la plancha.

FIGURA Nº 5.50.
SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO.



Fuente: Elaboración propia

Es un proceso de alta dilución, en el que aproximadamente se funde dos veces más metal base que electrodo. Corrientemente se utilizan intensidades de 200 a 2000 Amperes, aunque en los primeros días del proceso se emplearon intensidades hasta 5000 Amperes. En la actualidad estas intensidades extremadamente elevadas no son utilizadas generalmente por distintas razones, relacionadas principalmente con la metalurgia del depósito, y se prefiere depositar el metal en capas para aprovechar la ventaja de la normalización resultante del recalentamiento.

Un proceso de arco abierto que trabaje con intensidades por encima de los 300 A debe utilizarse con precaución, porque el arco es una intensa fuente de luz con elevado contenido de radiación infrarroja y ultravioleta. En la soldadura con arco sumergido no es visible el arco y tales precauciones son innecesarias. Por la misma causa el operario no puede ver el baño y juzgar el avance de la soldadura; debe confiar en que el ajuste sobre la unión permanece constante ó bien ajustar previa y cuidadosamente la trayectoria del cabezal de soldadura con respecto a la unión.

Principio de funcionamiento

La corriente eléctrica se conduce entre el electrodo y la pileta fundida a través de un plasma gaseoso inmerso en el fundente:

La figura siguiente nos muestra el principio de funcionamiento de este proceso de soldadura.

La potencia la suministra un generador, un transformador – rectificador ó un transformador y se conduce al alambre (electrodo) a través del tubo de contacto, produciéndose el arco entre aquel y el metal base.

El calor del arco funde el electrodo, el fundente y parte del metal base, formando la pileta de soldadura que conforma la junta.

En todos los equipos de este tipo existe un mecanismo que tracciona el alambre y lo conduce a través del tubo de contacto y de la capa de fundente hasta el metal base.

Los alambres utilizados son generalmente aceros de bajo carbono y de composición química perfectamente controlada; el alambre se encuentra usualmente enrollado en una bobina.

El fundente se va depositando delante del arco a medida que avanza la soldadura. Cuando se solidifica, se extrae el exceso para utilizarlo nuevamente y el fundido se elimina mediante un piqueteado. En los equipos modernos existe una aspiradora que absorbe el excedente de fundente y lo envía nuevamente a la tolva de alimentación.

Aplicación

La soldadura por arco sumergido ha encontrado su principal aplicación en los aceros suaves de baja aleación, aunque con el desarrollo de fundentes adecuados el proceso se ha usado también para el cobre, aleaciones a base de aluminio y titanio, aceros de alta resistencia, aceros templados y revenidos y en muchos tipos de aceros inoxidables.

También se aplica para recubrimientos duros y reconstrucción de piezas. Es un método utilizado principalmente para soldaduras horizontales de espesores por encima de 5mm, en los que las soldaduras sean largas y rectas. Pueden soldarse espesores hasta doce milímetros sin preparación de bordes mientras que con preparación de bordes el espesor máximo a unir es prácticamente ilimitado.

El propio cabezal de soldadura puede moverse sobre el operatividad en un vehículo autopropulsado o en un puente ó el operatividad se hace girar bajo el cabezal de soldadura estacionario.

Este método es ampliamente utilizado, tanto para soldaduras a tope como en rincón, en construcción naval e industrias de recipientes a presión, estructuras metálicas, tubos y tanques de almacenaje; para esta última finalidad se utilizan máquinas especiales autopropulsadas, con un dispositivo para contener el fundente, para soldar las costuras circulares en plaza.

5.5.2. Selección de los Parámetros de Soldadura

La selección de condiciones de soldadura más conveniente para el espesor de chapá y preparación de junta a soldar es muy importante, a los efectos de lograr soldaduras libres de defectos tales como fisuras, poros y socavación lateral.

Las variables a ser consideradas son las siguientes:

Polaridad: Con corriente continua positiva, CC(+) se logra mayor penetración, mejor aspecto superficial y mayor resistencia a la porosidad.

Con corriente continua negativa, CC(-) se obtiene mayor velocidad de deposición con menor penetración.

Corriente de soldadura: Determina en forma directa la penetración y la velocidad de deposición, aumentando ambas con el incremento de corriente.

Diámetro del alambre: Para una corriente dada, aumentando el diámetro se reduce la penetración pero el arco se torna más inestable y se dificulta su encendido.

Tensión de arco

Al aumentar la tensión se incrementan la dilución y el ancho del cordón y disminuye la sobre-monta lográndose un cordón ancho y plano. Al mismo tiempo aumenta la cantidad de fundente que se funde con igual cantidad de alambre, lo que afecta a la composición química del metal de soldadura en el caso se emplear fundentes activos. Los voltajes excesivamente pequeños hacen que el arco muera completamente bajo la superficie de la plancha, de modo que la penetración tiene una sección transversal en forma de tulipa.

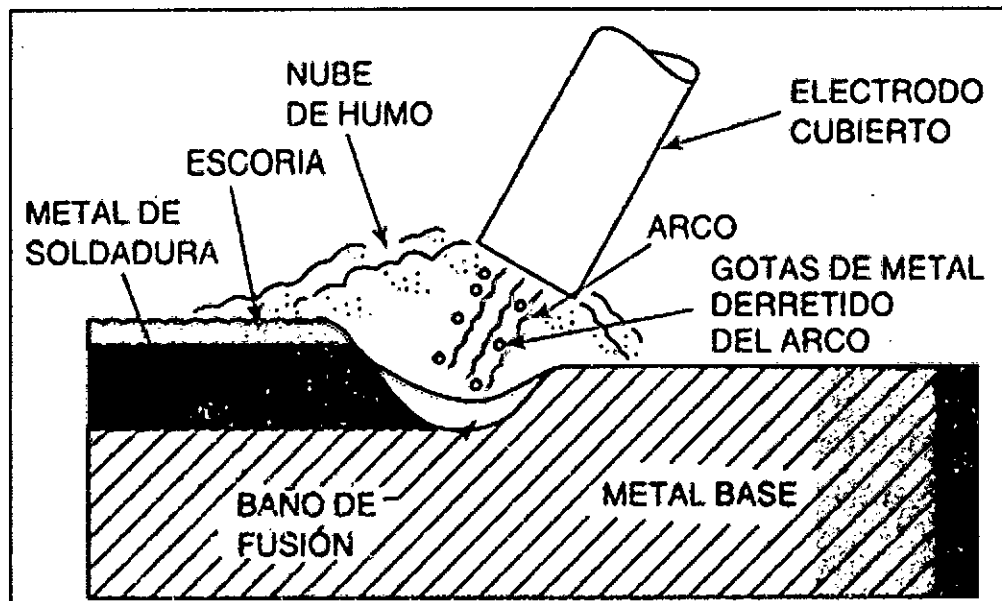
El voltaje de operatividad normal para soldar a tope es de 35 Voltios a 1000 A.

Velocidad de avance: Al aumentar la velocidad de traslación del arco disminuye el ancho del cordón y la penetración, incrementándose el riesgo de porosidad. Las velocidades excesivas se traducen en cordones mordidos y rugosos ó picudos.

Longitud libre del alambre: Con un incremento de la longitud libre del alambre, se aumenta la velocidad de deposición y decrece la penetración.

Inclinación del alambre: Tiene un efecto considerable sobre la penetración y sobre las eventuales socavaduras. En la siguiente figura se muestra su incidencia:

FIGURA N° 5.51.
SOLDADURA CON ELECTRODO RECUBIERTO..



Fuente: Elaboración propia.

Espesor de la capa del fundente: Una cama de fundente de poco espesor puede producir porosidad por una inadecuada protección del metal fundido. Por otro lado, una cama muy gruesa desmejora el aspecto del cordón y puede conducir a derrames del metal fundido en soldaduras circunferenciales y producir dificultades para la remoción de la escoria en chaflanes profundos.

Alambre para Electrodo

El alambre para soldadura por arco sumergido se emplea en forma de bobinas y está cobreado; esto evita la oxidación superficial en el almacenaje y proporciona seguridad en el contacto eléctrico; con poca resistencia entre el alambre de soldar y los contactos de cobre a través de los cuales se conduce la corriente. El diámetro del hilo utilizado depende fundamentalmente de la intensidad de corriente de soldadura necesaria y puede situarse entre 5mm de

diámetro, para corriente de 150 A, a 10 mm de diámetro, para una corriente de 3000 A.

El cordón de soldadura es ligeramente más estrecho con un alambre delgado que con un alambre grueso con la misma intensidad de corriente, pero el efecto principal del tamaño del alambre reside en su penetración.

La composición de los alambres para soldadura por arco sumergido depende del material que se suelda, puesto que los elementos aleados se añaden generalmente al alambre y no al fundente. En este proceso las variaciones en la técnica pueden alterar las relaciones de las cantidades fundidas de plancha alambre y fundente. Cuando se utilizan alambres altamente aleados, por ejemplo, aceros inoxidable, puede ser necesario añadir compuestos de los elementos aleantes al fundente, para disminuir las reacciones metal-escoria que pueden traducirse en pérdidas de los elementos aleantes hacia la escoria.

Fundentes del arco Sumergido.

Los fundentes para la soldadura por arco sumergido están granulados a un tamaño controlado y pueden ser de tipo fundido, aglomerado ó sinterizado.

Originalmente se utilizaban fundentes fundidos, machacados y calibrados; atribuyéndoseles las ventajas de estar totalmente libres de humedad y no ser higroscópicos. Tanto la composición química como el estado de división de los fundentes tienen una importante influencia sobre la forma de comportarse en la soldadura.

Los fundentes aglomerados se hacen mezclando los constituyentes, finamente pulverizados, con una suspensión acuosa de un aglomerante tal como silicato sódico; la finalidad es producir partículas de unos pocos milímetros de diámetro formados por una masa de partículas más finas de los componentes minerales. Después de la aglomeración el fundente se seca a temperatura de hasta 800 °C.

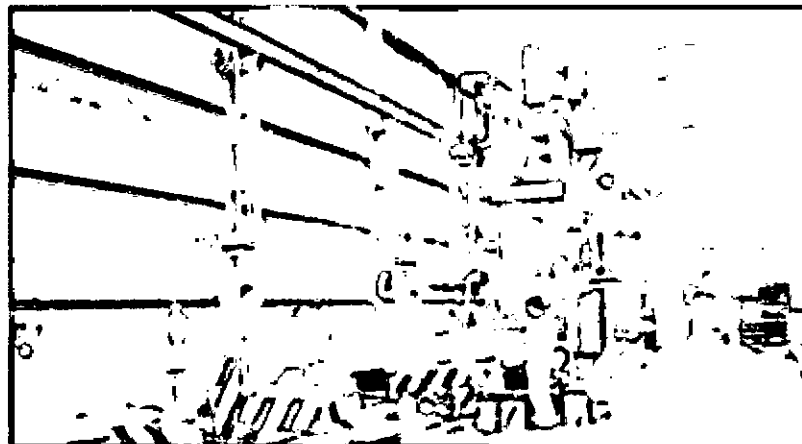
Los fundentes sinterizados se hacen calentando pellets componentes pulverizados a temperaturas justo por debajo del punto de fusión de algunos de los componentes. Las temperaturas alcanzadas durante la fabricación limitan los componentes de los fundentes. Para fundir un fundente las temperaturas deben ser tan altas que los carbonatos y muchos otros minerales se descomponen, por lo cual los fundentes básicos que llevan carbonatos deben hacerse por alguno de los otros procedimientos, tales como aglomeración.

Se ha sabido durante años que la baja tenacidad se favorece con el uso de fundentes ácidos y que los fundentes de elevado contenido en silicio tienden a comunicar oxígeno al metal soldado. Inversamente los fundentes básicos dan un metal soldado limpio, con pocas inclusiones no metálicas, y, consecuentemente, de elevada tenacidad.

Aplicación del Proceso

Las siguientes imágenes ilustran el empleo del proceso de soldadura por arco sumergido en el armado de perfiles tipo "doble T" soldados.

FIGURA Nº 5.52.
EMPLEO DE LA SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO PARA CANALES



Fuente: Elaboración propia

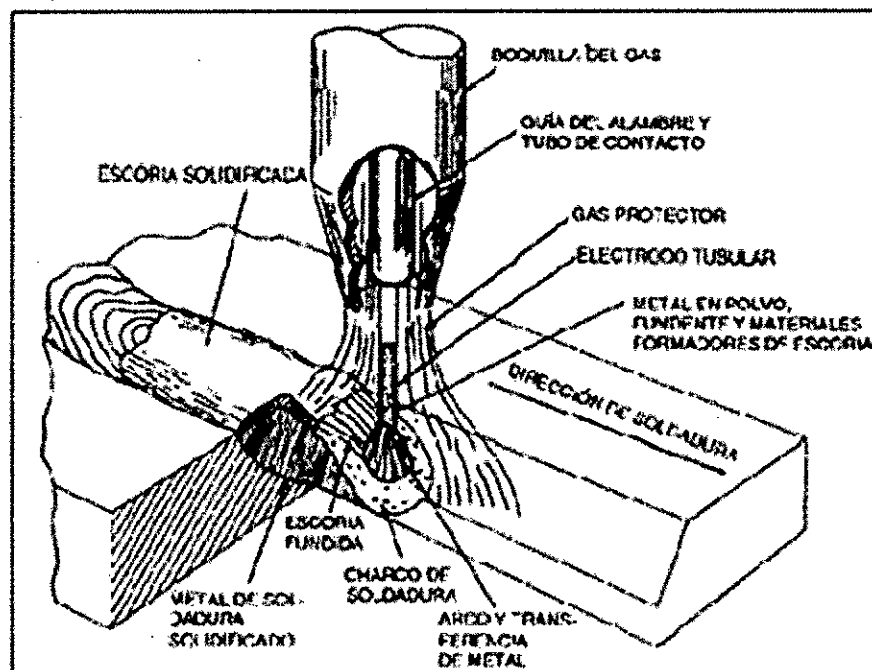
5.5.3. Soldadura MIG/MAG

La soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible es un proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la

pieza a soldar, estando protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (proceso MIG) o por un gas activo (proceso MAG).

En la siguiente figura se indican los elementos más importantes que intervienen en el proceso:

FIGURA Nº 5.53.
APORTACIÓN DE LA SOLDADURA CON GAS PROTECTOR.



Fuente: Elaboración propia

El proceso puede ser:

- **Semiautomático:** La tensión de arco, la velocidad de alimentación del hilo, la intensidad de soldadura y el caudal de gas se regulan previamente. El avance de la antorcha de soldadura se realiza manualmente.
- **Automático:** Todos los parámetros, incluso la velocidad de soldadura, se regulan previamente, y su aplicación en el proceso es de forma automática.
- **Robotizado:** Todos los parámetros de soldeo, así como las coordenadas de localización de la junta a soldar, se programan mediante una unidad específica para este fin. La soldadura la efectúa un robot al ejecutar esta programación.

Este tipo de soldadura se utiliza principalmente para soldar aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como para soldar acero inoxidable, aluminio y otros metales no férricos y tratamientos de recargue.

Produce soldaduras de gran calidad en artículos para la industria del automóvil, calderería y recipientes a presión o estructura metálica en general, construcción de buques y un gran número de otras aplicaciones, día a día en aumento.

Influencia de los distintos parámetros

El comportamiento del arco, la forma de transferencia del metal a través de éste, la penetración, la forma del cordón, están condicionados por la conjunción de una serie de parámetros entre los que destacan:

- **Polaridad:** afecta a la forma de transferencia, penetración, velocidad de fusión del hilo. Normalmente se trabaja con polaridad inversa o positiva, es decir, la pieza al negativo y el alambre de soldadura al positivo. En este punto, es interesante comentar el hecho de que ya que los electrones viajan del polo negativo al positivo, es este último el que se calienta más, - concretamente el polo positivo se calienta un 65% más que el negativo. Esta condición podría ser particularmente útil para aquellas operatividades donde se requiera un mayor aporte térmico en la pieza que en el hilo de soldadura, lo que se conseguiría empleando la polaridad directa o negativa.
- Del mismo modo, y debido a la circulación de electrones del polo negativo al positivo, se origina una propiedad especialmente importante: el arco muestra afinidad por dispersar las películas de óxido y otros materiales refractarios en el polo negativo. Así, pues, en todos aquellos casos de

soldadura de metales que forman óxidos refractarios, se hace imprescindible la conexión de la polaridad inversa o positiva (negativo en la pieza), con la finalidad de aprovechar precisamente la acción limpiadora del arco.

- **Tensión del Arco:** este parámetro resulta determinante en la forma de transferencia del metal a la pieza, tal y como se verá en el siguiente apartado.
- **Velocidad de Alimentación del Hilo:** en esta técnica no se regula previamente la intensidad de soldadura, sino que es el ajuste de la velocidad de alimentación del hilo el que provoca la variación de la intensidad gracias al fenómeno de la autorregulación.
- **Naturaleza Del Gas:** presenta una notable influencia sobre la forma de transferencia del metal, penetración, aspecto del cordón, proyecciones. En la siguiente figura se muestran las formas de los cordones y las penetraciones típicas de este proceso, en función del tipo de gas.

Transferencia del Metal

Existen distintas formas de transferencia del metal en el arco, dependientes todas ellas de los valores de los parámetros de tensión e intensidad. Se detallan en apartados siguientes.

Transferencia por Cortocircuito.

En esta forma de transferencia, el hilo se funde formando una gota que se va alargando hasta el momento en que toca el metal de base, y a causa de la tensión superficial se corta la unión con el hilo. En el momento de establecer contacto con el metal de base se produce un cortocircuito, aumenta en gran medida la intensidad y como consecuencia, las fuerzas axiales rompen el cuello de la gota y simultáneamente se reanuda el arco.

Para que un arco se comporte de esta forma, deben cumplirse una serie de condiciones:

- Utilización de polaridad inversa o positiva.
- Tensión y densidad de corriente bajas.
- Gas de protección CO₂ o mezclas de Ar/CO₂.

Con este tipo de arco se sueldan piezas de reducidos espesores, porque la energía aportada es pequeña en relación con otro tipo de transferencias.

Es ideal para soldaduras en vertical, en cornisa y bajo techo, porque el baño de fusión es reducido y fácil de controlar.

Aporte básicos de soldadura.

En la soldadura MIG/MAG, el electrodo consiste en un hilo macizo o tubular continuo de diámetro que oscila entre 0,8 y 1,6 mm. Los diámetros comerciales son 0,8; 1,0; 1,2; y 1,6 mm, aunque no es extraño encontrarse en grandes empresas con el empleo de diámetros diferentes a estos, y que han sido hechos fabricar a requerimiento expreso. En ciertos casos de soldeo con fuerte intensidad, se emplea hilo de 2,4 mm de diámetro.

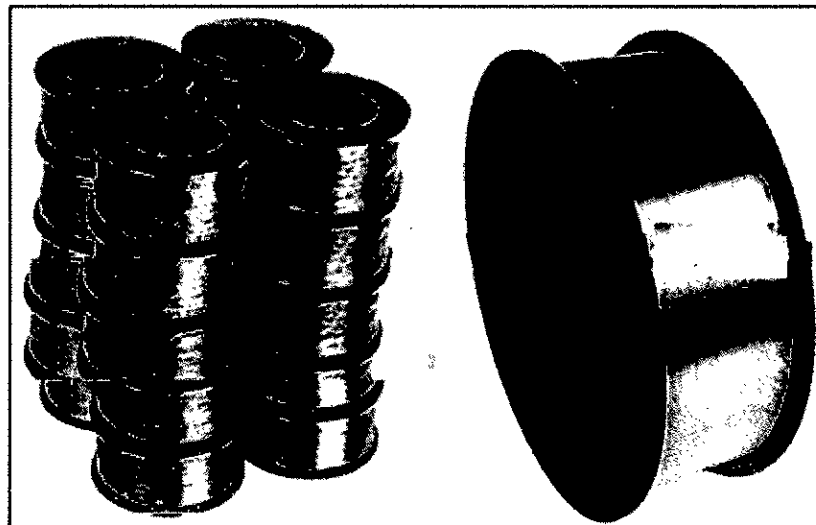
Debido a la potencia relativamente elevada empleada en la soldadura bajo gas protector, la penetración del material en el metal de base es también alta. La penetración está pues, en relación directa con el espesor del material de base y con el diámetro del hilo utilizado. El efecto de la elección de un diámetro de hilo muy grande, es decir, que exija para su fusión una potencia también elevada, producirá una penetración excesivamente grande, y por esta causa se puede llegar a atravesar o perforar la pieza a soldar. Por contra, un hilo de diámetro demasiado pequeño, que no admite más que una potencia limitada, dará una penetración poco profunda, y en muchos casos una resistencia mecánica insuficiente.

Se presenta arrollado por capas en bobinas de diversos tamaños. El hilo suele estar recubierto de cobre para favorecer el contacto eléctrico con la boquilla, disminuir rozamientos y protegerlo de la oxidación. En general, la composición del hilo macizo suele ser similar a la del material base; no obstante, para su elección, debe tenerse en cuenta la naturaleza del gas protector, por lo que se debe seleccionar la pareja hilo-gas a conciencia. Por ejemplo, cuando se suelda con CO₂ existe el riesgo de formación de poros. Con objeto de evitarlos, conviene que el hilo posea una cierta cantidad de elementos desoxidantes, como el Silicio y el Manganeso, que reaccionan con el oxígeno

procedente de la disociación del CO₂ y producen óxido de silicio y óxido de manganeso, que se eliminan en forma de escoria muy ligera.

Los hilos tubulares van rellenos normalmente con un polvo metálico o con flux, o incluso con ambos. El relleno con polvo metálico, aparte de que puede aportar algún elemento de aleación, mejora el rendimiento gravimétrico del hilo.

FIGURA N° 5.54.
BOBINAS DE ALAMBRE PARA SOLDADURA TIG-MAG



Fuente: Elaboración propia

Gases de protección.

En la soldadura MIG (Metal Inert Gas), el gas que actúa como protección es inerte, es decir, que no actúa de manera activa en el propio proceso, y por tanto, muy estable. En contrapartida, en la soldadura MAG (Metal Activ Gas), el gas de protección se comporta como un gas inerte a efectos de contaminación de la soldadura, pero, sin embargo, interviene termodinámicamente en ella. En efecto, en las zonas de alta temperatura del arco, el gas se descompone absorbiendo calor, y se recompone

inmediatamente en la base del arco devolviendo esta energía en forma de calor.

Soldadura MIG.

De los seis gases inertes existentes (argón, helio, neón, criptón, xenón y radón) el argón es el más empleado en Europa, mientras que es el Helio el que se utiliza en Estados Unidos.

El argón se ioniza fácilmente, de manera que la tensión del arco bajo argón es sensiblemente inferior que bajo helio.

El argón puro solo se utiliza en la soldadura del aluminio, el cobre, el níquel o el titanio. Si se aplica al acero, se producen mordeduras y cordones de contorno irregular.

La soldadura con gas helio produce cordones más anchos y con una penetración menor que cuando se suelda con argón.

Existe otro tipo de mezcla de argón con cantidades inferiores al 5% de oxígeno que no modifica el carácter de inerte de la mezcla y que mejora la capacidad de "mojado", es decir, la penetración, ensanchando la parte inferior del cordón, y todo esto debido a que el oxígeno actúa sobre la tensión superficial de la gota.

Soldadura MAG.

Tal y como se ha comentado anteriormente, el gas protector empleado en soldadura MAG es un gas activo, o sea, que interviene en el arco de forma más o menos decisiva. A continuación se detallan algunos de los gases más comúnmente empleados:

- **CO₂**: Es un gas incoloro, inodoro y de sabor picante, una vez y media más pesado que el aire. Se obtiene industrialmente por la combustión del carbón o compuestos del carbono, en exceso de oxígeno o de aire. Se trata de un gas de carácter oxidante que a elevada temperatura del arco tiende a disociarse de acuerdo con la siguiente reacción:

En el arco: $2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + \text{O}$ (absorción de calor)

Y en la recomposición:

En la base: $2\text{CO}_2 + \text{O} = 2\text{CO}$ (cesión de calor)

El oxígeno resultante de la disociación es particularmente activo. Se combina con el carbono del acero para dar de nuevo CO, con lo que se produce un empobrecimiento en carbono si no se utiliza un hilo con suficiente contenido de elementos desoxidantes como el silicio y el manganeso y la cantidad adecuada de carbono. Si la densidad de corriente es elevada, provoca una mayor disociación del oxígeno convirtiéndole en más activo todavía.

El carácter oxidante de la atmósfera de dióxido de carbono obliga a utilizar hilos de aporte ricos en elementos desoxidantes. No se debe utilizar en la soldadura de aceros al Cr-Mo por el riesgo de oxidación del cromo tanto del metal de base como del aportado en el hilo, ni en la de los aceros inoxidables austeníticos, pues favorecería la formación de carburos de cromo con la consiguiente pérdida de resistencia a la corrosión.

Con cantidades de dióxido de carbono inferiores al 99,0% es inevitable la porosidad. Las soldaduras solo estarán exentas de poros si la pureza del dióxido de carbono es superior al 99,85% y el nitrógeno y el hidrógeno son inferiores cada uno a 0,05%.

Es un gas mucho más barato que el argón, capaz de conseguir penetraciones mucho más profundas y anchas en el fondo del cordón, lo que mejora su contorno. Además reduce el riesgo de mordeduras y faltas de fusión.

Su principal inconveniente estriba en que produce arcos relativamente enérgicos y que, por tanto, provocan un gran número de proyecciones.

Es el único gas que puede utilizarse individualmente como atmósfera protectora en la soldadura de acero al carbono. Su elevada conductividad térmica en relación con el argón producirá en sus mezclas con éste un incremento en la penetración.

→ **Ar + CO₂:** Se suelen utilizar estas mezclas con cantidades de dióxido de carbono que van del 15 al 25%. Con esta mezcla se consigue una mejor visibilidad del baño, un arco más suave, con menor turbulencia,

un baño de fusión más frío, un mejor aspecto del cordón, menos proyecciones, y una mayor estabilidad del arco. El único inconveniente de la mezcla es de tipo económico. Sin embargo, hay que comparar la incidencia del valor del gas en el costo final de la soldadura y por otra parte, la mejora del factor de marcha y la obtención de mejores características mecánicas en la unión soldada.

Selección del Gas de Protección.

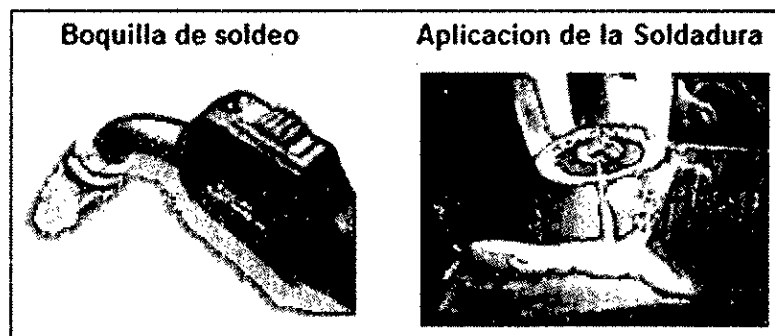
El usuario puede ensayar diversos tipos de gas y mezclas de gases con diferentes proporciones de cada uno de ellos, hasta conseguir los mejores resultados de acuerdo con los equipos de soldeo e hilos de aporte disponibles.

La estructura de costo de la soldadura terminada es aproximadamente la que se indica en la siguiente figura, por lo que el costo del gas puede llegar a ser irrelevante frente a otros factores, en especial la mano de obra:

5.5.4. Proceso de Soldadura MIG/MAG

A la pistola de la máquina MIG le llega constantemente el hilo y a su vez el gas, que suele ser Argón con dióxido de carbono. Por lo general se usa Protar (Argón + CO₂) para la soldadura en chapas de hierro y acero y el Argón puro para la soldadura en aluminio.

FIGURA N° 5.55.
BOQUILLAS DE SOLDAR TIG/MAG



Fuente: Elaboración propia.

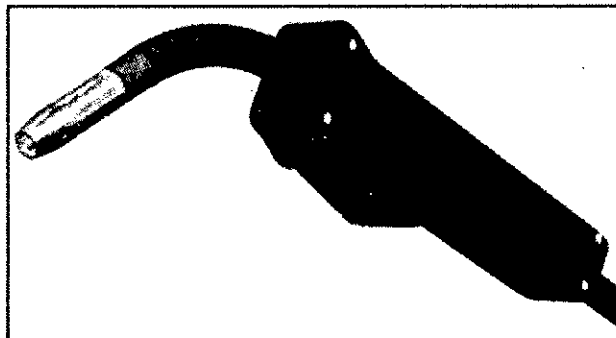
El diámetro del hilo para soldar chapa "de entre 0,8 y 1,5" de automóviles, ronda entre 0,6 y 0,8. Es más común usar el de 0,6, puesto que es muy aconsejable a la hora de soldar uniones con piezas de chapa nuevas y delgadas. El caudal del gas para este hilo rondaría los 6/8 l/min.

La soldadura de electrodo continuo:

La soldadura de hilo continuo se basa en la corriente continua para crear un arco eléctrico que va desde el hilo (electrodo) al elemento metálico que vayamos a soldar. Para evitar el contacto con el oxígeno y el nitrógeno en el proceso de la soldadura se utiliza un gas protector, si no fuera por este gas, nos sería prácticamente imposible lograr una soldadura homogénea con este sistema.

De ahí que a este tipo de soldadura se le denomine soldadura de hilo continuo bajo gas protector.

FIGURA Nº 5.56.
PISTOLA DE SOLDADURA MIG-MAG

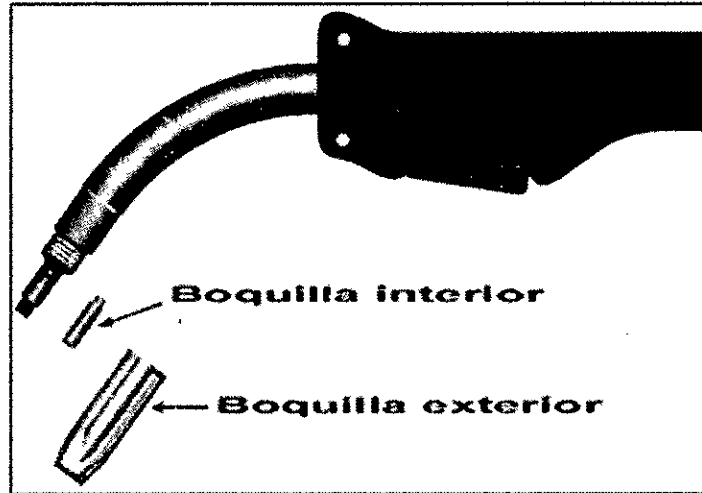


Fuente: Elaboración propia.

Pistola de soldadura (hilo, boquillas y gas protector)

La pistola del equipo de soldadura, dispone de un pulsador para accionar la salida de hilo por la boquilla interna de la pistola.

FIGURA N° 5.57.
PISTOLA DE SOLDADURA MIG - BOQUILLA EXTERIOR E INTERIOR



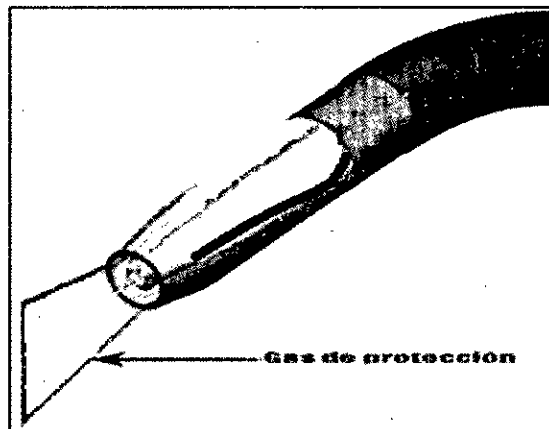
Fuente: Elaboración propia.

La pistola va provista de una boquilla interior por la cual sale el hilo, y una exterior por la que conduce el gas (habitualmente argón) hacia fuera para crear una atmósfera protegida en el proceso de la soldadura. Ambas boquillas son desmontables para su limpieza o sustitución.

El gas protector salida de la tobera a la vez que el hilo al accionar el pulsador de la pistola. Existen sprays que evitan la adherencia de proyecciones en el interior de la boquilla durante un breve periodo de tiempo.

Orificios para la salida del gas y el hilo (material de aportación) - MIG/MAG.

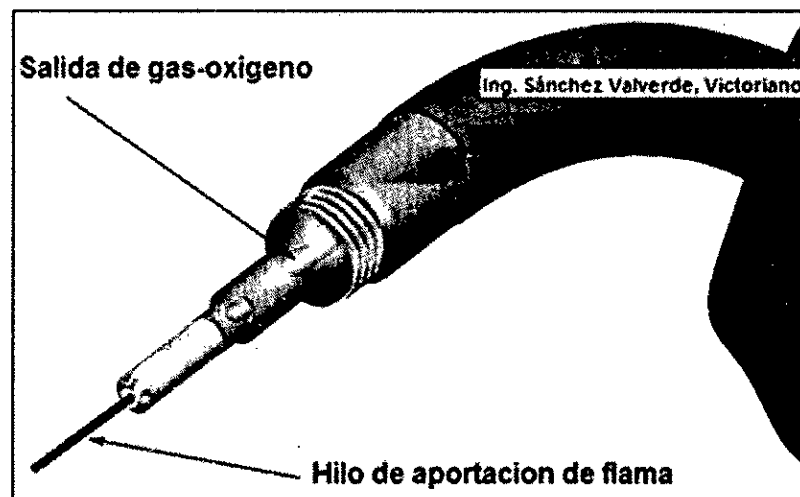
FIGURA N° 5.58.
BOQUILLA DEL GAS PROTECTOR.



Fuente: Elaboración propia.

Regularmente es conveniente el cepillado y limpieza tanto de las boquillas como del soporte debido a que las proyecciones de metal fundido se depositan en su interior y puede cortocircuitar las boquillas (se comunican la boquilla exterior con la interior) además puede taponar los diminutos agujeros para la salida del gas protector dificultando el proceso de la soldadura.

FIGURA N° 5.59.
INYECCIÓN DE LA SOLDADURA DE APORTACIÓN MIG/MAG



Fuente: Elaboración propia.

Método Operacional.

La pistola de soldadura debe mantenerse en una posición correcta para que el gas proteja de forma conveniente el baño de fusión: En este procedimiento la ejecución de la soldadura puede realizarse de derecha a izquierda o de izquierda a derecha. En el primer caso se obtiene una gran velocidad de soldadura y poco espesor de cordón, a la vez que un mejor aspecto de la obra ya ejecutada; en el segundo caso, se obtiene una soldadura en general más abultada. Es por este motivo que de forma normal se indica habitualmente que la correcta posición es de derecha a izquierda.

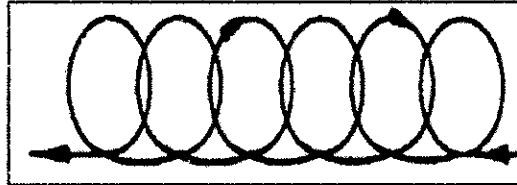
La inclinación de la antorcha respecto a la vertical será aproximadamente de unos 10° , no siendo recomendable su utilización para inclinaciones superiores a los 20° .

Además, si la longitud libre de hilo es demasiado pequeña, será difícil la observación del baño de fusión y la buza se llenará de proyecciones. Con ello se conseguirá que el gas salga con dificultad, acarreado las típicas consecuencias de formación de porosidades. Si, por el contrario, la longitud libre de hilo es excesiva, se calentará éste en demasía y la protección del gas será deficiente, con lo que la consecuencia final será, una vez más, la formación de porosidades.

El movimiento de la pistola al ejecutar soldaduras planas, puede ser:

- a) **Movimiento Lineal:** es el preferido para realizar cordones de raíz en planchas de poco espesor.
- b) **Movimiento Circular:** es el adecuado para evitar penetraciones muy grandes cuando hay grandes separaciones entre los bordes de las chapas y deben realizarse cordones anchos. También es adecuado para realizar cordones de raíz en ángulos de mediano espesor.

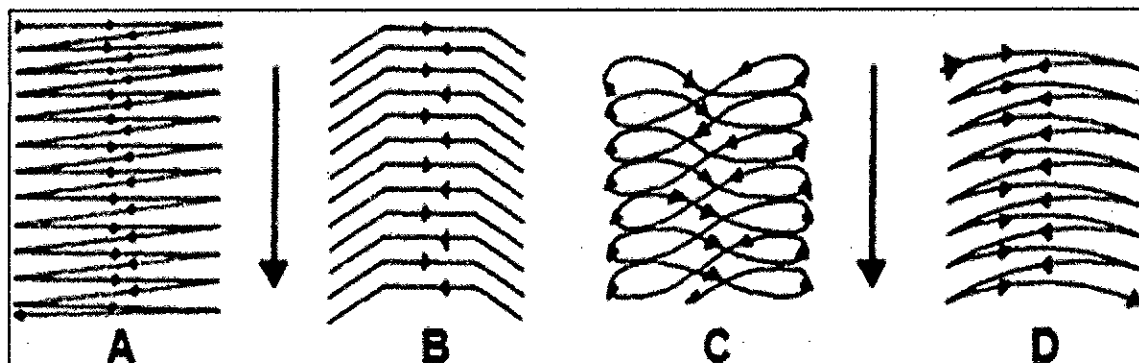
Fig. N° 5.60. Movimiento básico a soldar.



Fuente: Elaboración propia.

- c) **Movimiento e Impulsos:** el movimiento hacia adelante y hacia atrás se utiliza cuando se quiere realizar un cordón fino y, sin embargo, con una gran penetración, cuando existe pequeña separación entre los bordes a soldar; también se emplea en cordones de ángulo en los que no haya que aportar grandes cantidades de material. Este movimiento de avance y retroceso de la pistola de soldadura se realiza en general de manera que el avance sea rápido y el retroceso lento.
- d) **Movimiento Pendular:** es el adecuado cuando debe realizarse un cordón muy ancho. Se emplea preferentemente para realizar las últimas pasadas en las soldaduras que requieren varias de ellas. También es el más indicado en soldaduras de rincón que necesiten una gran aportación de material.

FIGURA Nº 5.61.
MOVIMIENTOS E IMPULSOS DE LA DEPOSICIÓN.



Fuente: Elaboración propia.

Consejos Prácticos de la Soldadura.

En la soldadura de uniones en rincón se recomienda siempre que sea posible soldar con el ángulo posicionado, con lo que se consigue una mejor uniformidad en la penetración del cordón, un inmejorable aspecto del mismo, y, en general, una disminución de los riesgos de defectos de la soldadura.

La soldadura vertical puede realizarse en ascendente o descendente.

Dada la superior penetración de este sistema de soldadura respecto al del electrodo, se aconseja generalmente soldar en vertical descendente, obteniéndose una suficiente penetración y un aumento en la velocidad de avance de la antorcha, además de un buen aspecto del cordón.

En vertical descendente los movimientos de soldadura pueden ser:

- a) **Movimiento Rectilíneo:** se aplica generalmente en el soldeo de chapas finas y de cordón de raíz en chapas gruesas.
- b) **Movimiento En Zig-Zag:** apto para soldaduras de chapas medias y gruesas, y para soldaduras en pasadas superiores a la de raíz. El movimiento en zig-zag debe realizarse con rapidez para evitar descolgamientos del material fundido.

En vertical ascendente pueden aplicarse los mismos movimientos que en vertical descendente y, además, en el caso de tener que realizar cordones gruesos de una sola pasada, se aconseja emplear el sistema circular o triangular.

Tanto en vertical ascendente como en descendente, la soldadura pendular debe realizarse reteniendo el movimiento en los extremos de la pasada y de

forma rápida en el centro para que el cordón resulte plano y no se produzcan mordeduras.

Para la soldadura en cornisa se utiliza el movimiento lineal en el caso de soldaduras de chapas finas. Si se trata de chapas gruesas, el movimiento lineal, al tenerse que realizar con escasa velocidad de avance, tiende a producir cordones descolgados de material; por tanto, para obtener un cordón más uniforme, se empleará el movimiento circular. Además, la longitud de arco debe ser corta, al igual que en la soldadura vertical.

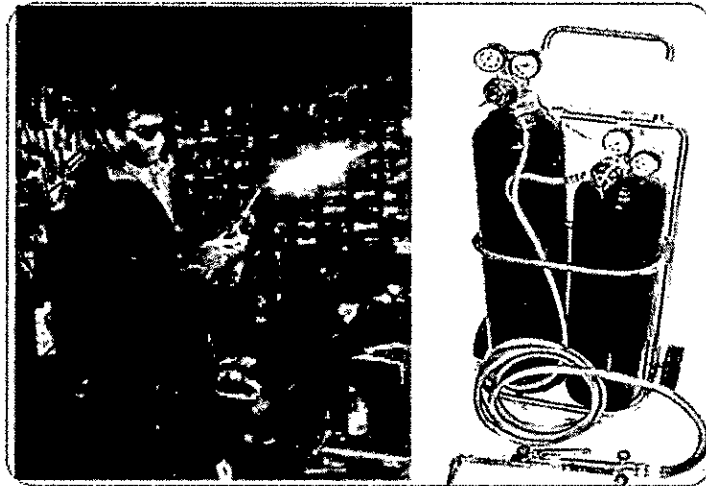
La soldadura bajo techo por el procedimiento MIG/MAG no presenta dificultades técnicas de ejecución, pero debe huirse de ella siempre que sea posible, puesto que tubo de contacto y buza presentan tendencia a obstruirse debido a que las proyecciones de soldadura se depositan en su interior en mayor grado. El operario debe estar muy pendiente de la limpieza de la buza, o, en caso contrario, aparecerán con gran frecuencia defectos en el cordón por insuficiente aportación de gas protector o deficiente distribución de éste.

FIGURA Nº 5.62.
PRUEBA DE EFICIENCIA DEL GAS-OXIGENO



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 5.63.
VERIFICACIÓN DE LA FLAMA DEL SOPLETE Y BALÓN DE OXÍGENO Y
GAS



Fuente: Elaboración propia.

Soldadura oxiacetilénica

La soldadura con gas conocida también con el nombre genérico de autógena (su nombre correcto es oxiacetilénico, incluye todos los procesos en los cuales la fuente de calor es una flama de gas la unión puede hacerse con o sin metal de aporte (varilla).

Es un gas combustible llamado acetileno, propano o natural (MAPP) que significa metal-acetileno propadieno, el oxígeno puede estar en forma de aire comprimido, pero casi siempre se utiliza oxígeno puro.

En la soldadura con gas el combustible se debe mezclar con uniformidad con el oxígeno, esto se hace en una cámara mezcladora que es parte del soplete. El soporte sirve para mover, dirigir o guardar la flama. Los gases combustibles y el oxígeno cuando se combinan producen una flama de altas temperaturas.

En este proceso se utiliza un gas llamado acetileno; es un gas carburante cuya mezcla alcanza una temperatura aproximada de 3000°C esta temperatura alcanza a fundir aproximadamente al 98% de los materiales, la alta temperatura producida por la combustión del acetileno con el oxígeno

dirigido por un soplete funde la superficie del metal base para formar una forma pastosa, y además se le añade el metal de aporte, para rellenar las separaciones o ranuras a medida que la flama se desplaza a lo largo de la unión. El metal base fundido y el metal de aporte se solidifican para producir la soldadura de la operatividad requerida.

Producción con Oxígeno.

El oxígeno es un elemento gaseoso, incoloro e insípido y a presión y temperaturas ambientales es uno de los elementos más abundante en la naturaleza y tiene una extensa aplicación industrial y medicinal.

Se puede obtener por diversos métodos siendo el más común a nivel industrial el método "**linde o de destilación fraccionada del aire**".

En este proceso se toma el aire de la atmósfera y se purifica eliminando la humedad, bióxido de carbono y las impurezas, para después por varias etapas de compresión y de enfriamiento para que el aire se vuelva "LIQUIDEN" (líquido). Por medio de una columna de destilación fraccionada se rocía el aire líquido sobre tubos en forma de serpentín.

Oxígeno Comprimido

Almacenado en cilindros se utiliza en hospitales en vuelos de grandes alturas y en la operaciones de soldadura y corte, la principal ventaja del oxígeno en soldadura es que acelera la combustión, aunque el oxígeno en sí no arde por si solo, solo cuando se combina con un gas carburante, el oxígeno comercialmente envasado en tanques de 6mts. Tiene una pureza del 99.5%.

Proceso con Acetileno

El acetileno es un hidrocarburo gaseoso, incoloro y más ligero que el aire con un olor característico parecido al ajo su fórmula química $(HC CH) = C H$

A temperaturas mayores de 780°C y a presiones mayores de 2Kgff/cm. se vuelve inestable y altamente explosivo, por esta razón es necesario insistir ningún equipo para soldar, cortar o calentar con oxiacetilénico está diseñado ni se debe trabajar a presiones mayores de 1Kgff/cm². como medida de seguridad. La obtención del acetileno se efectúa por dos métodos:

1. Agregando carburo al agua (método americano).
2. Agregando agua al carburo (método europeo).

Los componentes principales del aire son:

El oxígeno y el nitrógeno y hay pequeñas cantidades de otros gases inertes o gases raros ya que la última órbita donde se encuentra químicamente saturado, el oxígeno libre representa el 2% de la atmósfera presente. El químico inglés Joseph Priesley descubrió el oxígeno en 1774 inicialmente lo obtuvo al calentar óxido de mercurio, y sus experimentos los continuaron otras personas hasta que en año de 1884 se inventó el proceso de fabricación de aire líquido (licuefacción) este método permitió extraer el oxígeno del aire en grandes cantidades y a un costo mínimo y razonable.

Tanque de Acetileno

Es un cilindro de acero al silicio que en su interior contiene una pasta porosa que se impregna de acetona, la acetona se disuelve con el acetileno por lo que no es necesario comprimirlo, a elevadas presiones para almacenarlo la razón de esto es que el acetileno es peligroso si se maneja a presiones mayores de 1Kgff/cm. (14.2lb/in.) según la norma antes mencionada, el cuerpo del tanque deberá pintarse del color asignado a la empresa proveedora y la ojiva será de color café marrón.

Medidas De Seguridad

1. Use siempre gafas protectoras cuando trabaje con un soplete encendido
2. Utilice guantes de un material resistente al calor, como el cuero curtido al cromo, para protegerse las manos.
3. No se deben utilizar zapatos abiertos ni deportivos. Hay que emplear calzado de seguridad con punteras de acero.
4. Mantenga la ropa libre de aceite o grasa.
5. No permita que la ropa se sature con oxígeno.
6. Utilice ropa resistent al fuego (delantal, manguitos, perneras, guantes).

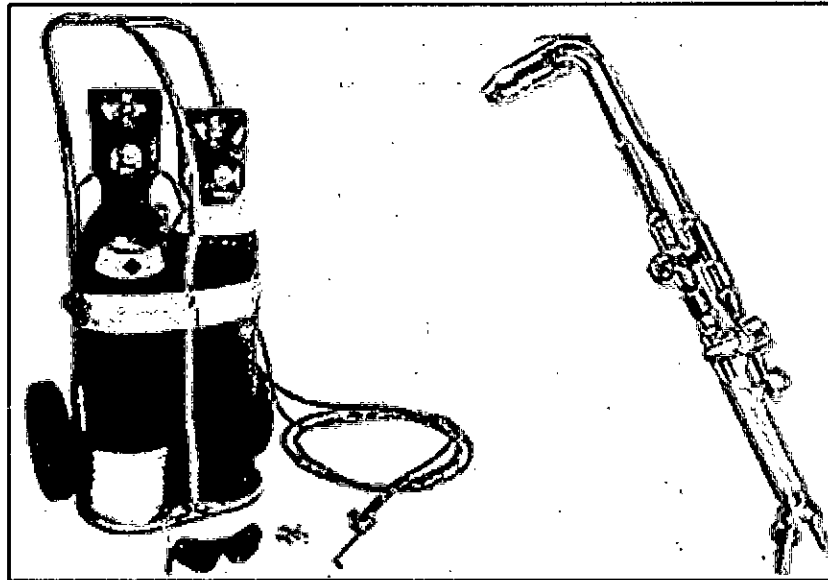
7. Use las mangas largas, las bolsas sueltas cerradas y las valencianas del pantalón desdobladas.
8. Utilice casco o caretas con el vidrio de filtro del grado correcto. Cuando use carrea de mano en lugar del casco, hay que aplicar las mismas precauciones.
9. Compruebe siempre que los vidrios no estén rotos ni agrietados antes de empezar a soldar.
10. Utilice gafas protectoras cuando elimine con un cincel la escoria de una soldadura.
11. No lleve el en bolsillo fósforos (cerillos) ni encendedores de gas o de líquido.
12. no trabaje con equipo que sospeche que esta defectuoso. Informe de inmediato a su instructor.
13. Cerciorase de que las demás personas estén protegidas contra los rayos de la luz antes de empezar a soldar.
14. nunca efectué soldadura con arco en un lugar que este húmedo o mojado.
15. Para probar si hay radiación de calor ponga la palma de su mano encima de la pieza de metal, pero sin tocarla. No toque la pieza de metal con la mano desnuda, aunque no produzca brillo por el calor.

5.5.5. Operación del equipo para soldar con oxiacetilénico

Equipo básico

El equipo básico para soldadura con oxígeno y acetileno se ilustra en la siguiente figura:

FIGURA N° 5.64. CILINDROS DE OXÍGENO-GAS Y SOPLETE



Fuente: Elaboración propia.

Partes que consta el cilindro de gas:

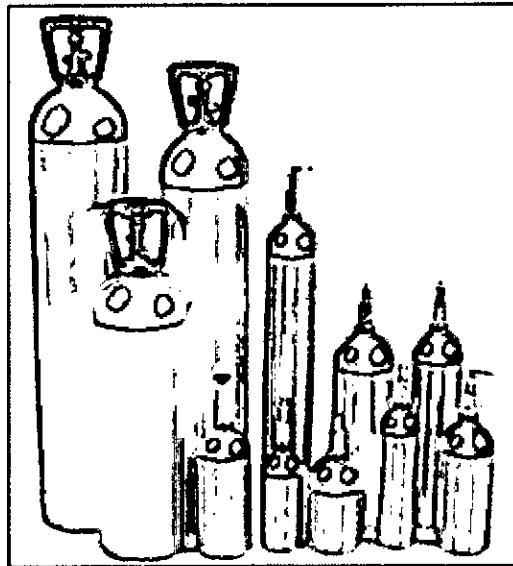
1. Cilindros de oxígeno y acetileno
2. Válvulas
3. Reguladores
4. Mangueras
5. Soplete
6. Boquillas

Todo este equipo tiene la finalidad de producir y controlar una flama de y llama con oxiacetilénico.

Cilindro de Oxígeno

El oxígeno en forma gaseosa se suele entregar al consumidor en cilindros de acero. Las grandes industrias pueden necesitar carros tanque o enorme cilindros de oxígeno líquido lo convierten gas conforme lo necesitan. Los cilindros de acero para uso normal se fabrican en una gran variedad de tamaños y el gas que contiene se comprime a 15 MPa (2200 psi) a 21 grados centígrados (70 grados Fahrenheit) (la temperatura ambiente normal). Los cilindros tienen una construcción especial para soportar las tremendas presiones del gas que contienen y además tienen rocas derechas.

FIGURA N° 5.65.
BALONES DE OXIGENO

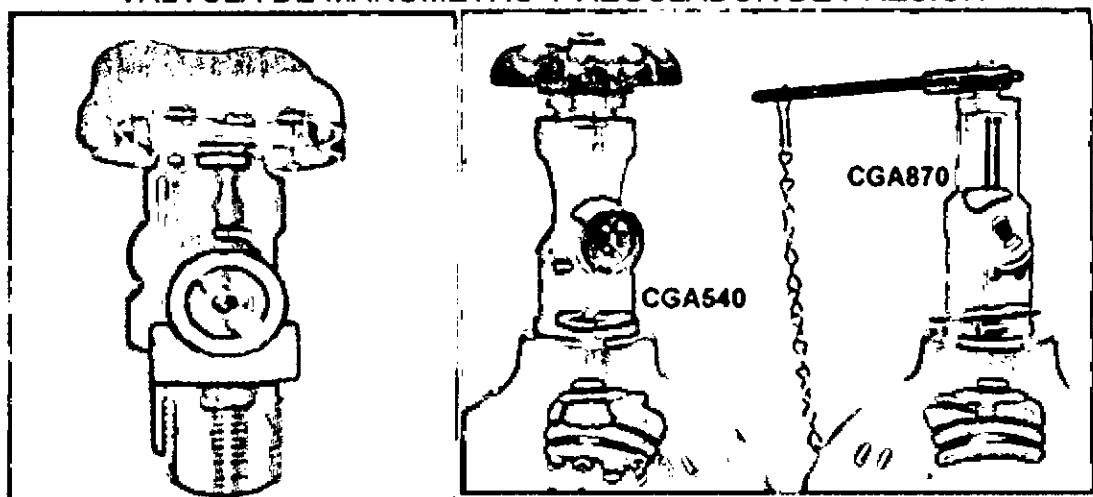


Fuente: Elaboración propia.

Válvula del Cilindro de Oxígeno

Esta válvula se debe abrir del todo cuando está en uso el cilindro para permitir un paso sin restricciones y para que actúe como sello. Hay un dispositivo de seguridad que está colocado en la válvula en el lado opuesto a la conexión del regulador o de descarga del cilindro. El dispositivo de seguridad tiene forma de tuerca hexagonal con agujeros pequeños.

FIGURA N° 5.66.
VÁLVULA DE MANÓMETRO Y REGULADOR DE PRESIÓN



Fuente: Elaboración propia.

El oxígeno comprimido a altas presiones dentro de un tanque no puede usarse directamente sino que es necesario reducir dicha presión a las presiones adecuadas dependiendo de las piezas a soldar o del material y del calibre de la boquilla.

Y cuenta con dos manómetros el primero graduado de 0210Kgf/cm. y que nos indica la presión existente dentro del tanque y el segundo graduado en promedio de 014Kgf/cm (los más comunes son 11 y 14) y este me va a indicar la presión con la que se va a realizar el operatividad.

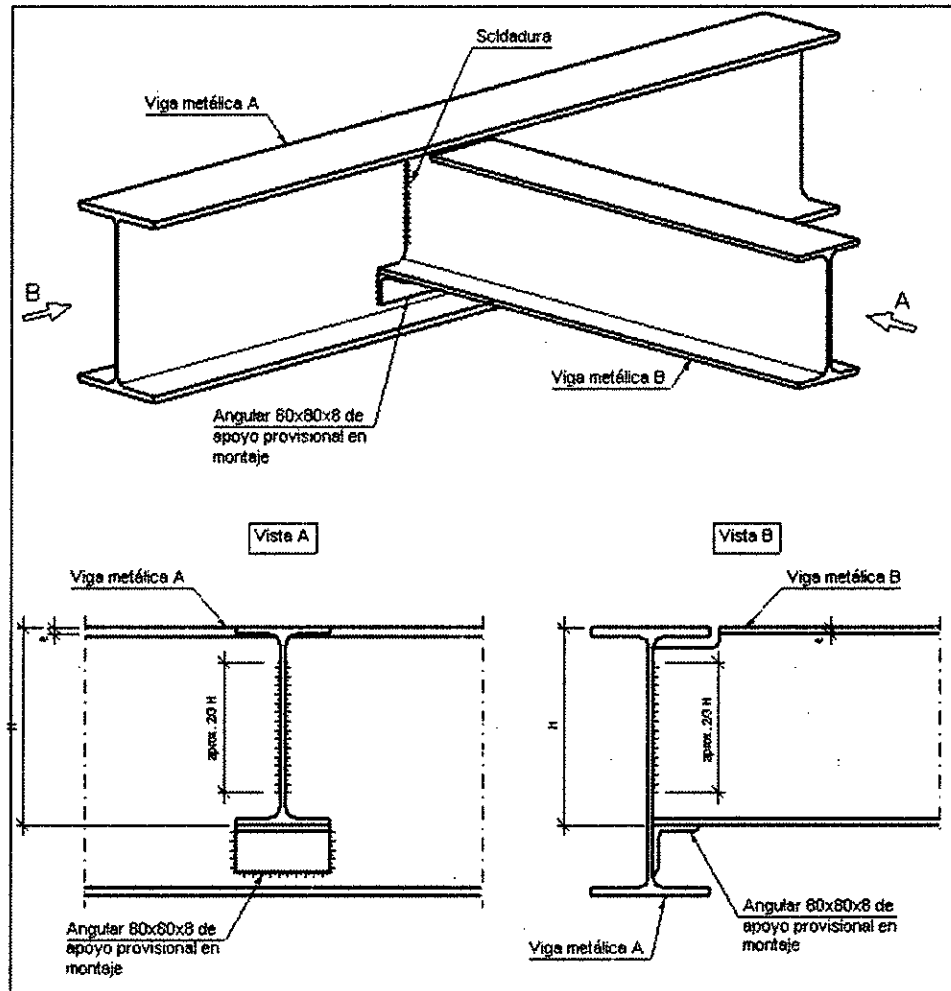
Inspección de elementos soldados.

Muchas características de una unión soldada pueden ser evaluadas en el **proceso de inspección**, algunas relacionadas con las dimensiones, y otras relativas a la presencia de discontinuidades. El tamaño de una soldadura es muy importante, ya que se relaciona directamente con la resistencia mecánica de la unión y sus relativas consecuencias. Tamaños de soldaduras inferiores a los requeridos no podrán resistir las cargas aplicadas durante su servicio.

Las discontinuidades en los cordones también pueden ser importantes. Estas son las imperfecciones dentro o adyacentes a la soldadura, que pueden o no, dependiendo de su tamaño y / o ubicación, disminuir la resistencia para la cual fue diseñada. Normalmente estas discontinuidades, de inaceptables dimensiones y localización, se denominan **defectos de soldadura**, y pueden ser causas prematuras de falla, reduciendo la resistencia de la unión a través de concentraciones de esfuerzos dentro de los componentes soldados.

Hay varias razones para realizar la inspección de una unión soldada. Quizás la razón más importante es determinar si dicha unión es de la calidad adecuada para su aplicación. Para determinar la calidad de una unión soldada, primero debemos tener alguna forma de evaluar y comparar sus características. Es poco práctico tratar de evaluar una soldadura, sin algún criterio de aceptación específico

FIGURA Nº 5.67.
DIBUJO MECÁNICO DE UN PERFIL A SOLDAR



Fuente: Elaboración propia.

De los códigos y normas de soldadura se obtienen los criterios de aceptación de las dimensiones y de las discontinuidades. Los códigos y las normas han sido desarrollados basándose en la fabricación de juntas soldadas. Es importante elegir un estándar de soldadura que considere la industria o la aplicación específica en la que usted está involucrado.

El proceso de inspección de una unión soldada, requiere una variedad de conocimientos por parte del inspector:

- Comprensión de dibujos de soldadura.
- Símbolos de soldadura,
- Diseño de juntas soldadas,
- Elaboración de procedimientos de soldadura,

- Conocer e interpretar los requerimientos de códigos y normas
- Conocer las pruebas destructivas y no destructivas, aplicadas a soldadura.

Por esta razón muchos códigos y normas de soldadura, requieren que el inspector este formalmente calificado y que tenga los conocimientos y experiencia para llevar a cabo los servicios de inspección. Existe un programa, utilizado para el entrenamiento, capacitación y certificación de inspectores de soldadura a nivel internacional.

El programa fue creado en los EU y es administrado y avalado por la American Welding Society (AWS). Este es el programa para el **Inspector de Soldadura Certificado (CWI)**, el cual exige que el aspirante demuestre sus conocimientos en la inspección de soldadura a través de un examen.

Dicho programa ya es ampliamente reconocido en nuestro país.

El Inspector de Soldadura debe cumplir con el siguiente perfil:

- Grado mínimo de estudios, bachillerato.
- Tener por lo menos, 5 años de experiencia en una labor directamente relacionada con ensambles de fabricación con soldadura, bajo estándares nacionales o internacionales, y estar involucrado en una de las siguientes responsabilidades:
 1. **Dibujo mecánico:** Preparación de planos o dibujos para la soldadura.
 2. **Producción:** Planeación y control de materiales de soldadura, procedimientos de soldadura.
 3. **Construcción:** Fabricación de materiales soldados.
 4. **Examen:** Detección y medición de discontinuidades en soldadura.
 5. **Reparación:** Reparación de soldaduras defectuosas.

Igualmente, deberá conocer los siguientes métodos de prueba:

1. **Inspección Visual (VT)**, Es sin duda una de las Pruebas No Destructivas (PND) más ampliamente utilizada, gracias a ella, es posible obtener información inmediata de la condición superficial de los materiales que estén siendo inspeccionados.

2. **Líquidos Penetrantes (PT)** El método o prueba de líquidos penetrantes (PT), basado en el principio físico conocido como "*Capilaridad*", consiste en la aplicación de un líquido con buenas características de penetración, a continuación se aplica un líquido absorbente, comúnmente llamado revelador, de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado, revelando las aberturas superficiales.
3. **Partículas Magnéticas (MT)** Este método de Prueba No Destructiva, se basa en el principio físico conocido como *Magnetismo*, el cual exhiben principalmente los materiales ferrosos como el acero y consiste en la capacidad de atracción entre metales.

De acuerdo con lo anterior, si un material presenta alguna discontinuidad en su superficie, ésta actuará formando polos magnéticos, atrayendo cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a la misma. Son utilizados pequeños trozos o diminutas *Partículas Magnéticas*, las cuales revelarán la presencia de discontinuidades superficiales y/o sub-superficiales en el metal.

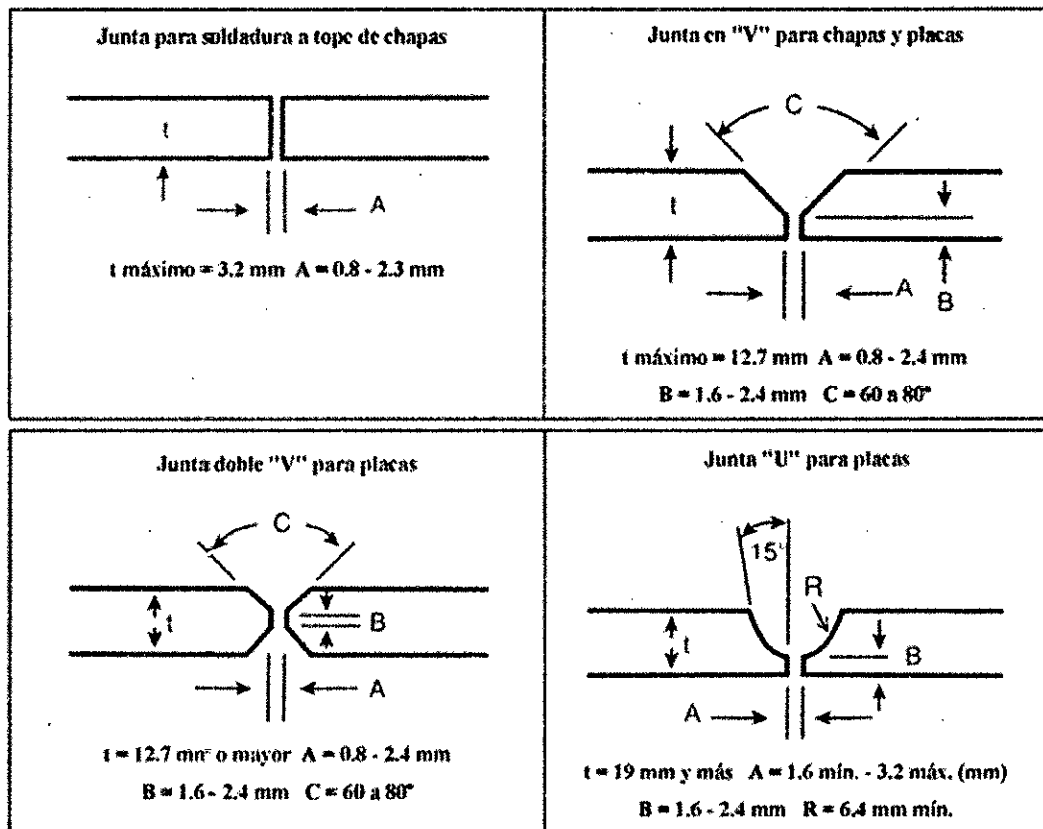
4. **Prueba de Ultrasonido (UT)** El método de Ultrasonido se basa en la generación o propagación de ondas sonoras a través del material. Un sensor, que contiene un elemento piezo-eléctrico, convierte los pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, con una frecuencia imperceptible al oído humano. Estas vibraciones se propagan a través del material, y cuando su camino es interrumpido por una *interfase*, sufren *reflexión*, *refracción* ó *distorsión*. Dicha interrupción se traduce en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación, cambio que es detectado y registrado a través de una pantalla o monitor especialmente diseñado para tal finalidad.
5. **Prueba Radiográfica (RT)** La radiografía como método de prueba no destructivo, se basa en la capacidad de penetración que caracteriza a los *Rayos X* y a los *Rayos Gama*. Con este tipo de emisiones es posible irradiar un material y, si internamente este material presenta cambios internos considerables como para dejar pasar o retener dicha radiación, entonces es posible determinar la presencia de estas irregularidades, simplemente midiendo o caracterizando la radiación incidente contra la radiación retenida o liberada por el material. Comúnmente, una forma de determinar la radiación que pasa a través de un material, consiste en colocar una película radiográfica, cuya

función es cambiar de tonalidad en el área que recibe radiación. El resultado queda plasmado en la película radiográfica situada en la parte inferior del material metálico.

Con la finalidad de apreciar el grado de inspección de soldadura, tendremos que examinar áreas específicas de las técnicas de inspección y aplicaciones de soldadura. Han sido escogidos los siguientes temas para proporcionar esta visión general en la inspección de soldadura:

1. **Inspección y pruebas para la calificación de procedimiento de soldadura** - Formas de inspección utilizados como pueden una parte esencial de la calidad del sistema de soldadura.
2. **Inspección visual** - La forma más fácil y menos costosa, realizada correctamente, es el método más eficaz de inspección de soldadura para muchas aplicaciones.

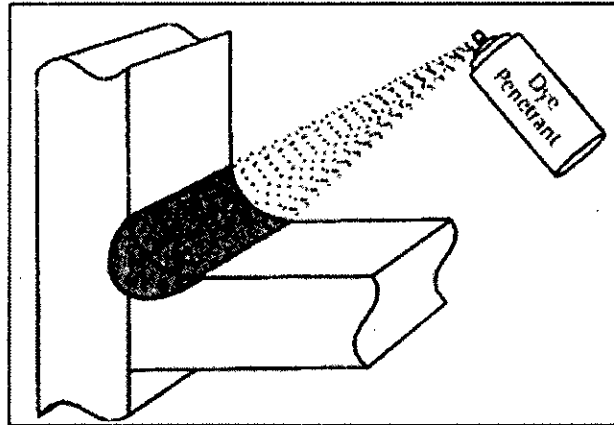
FIGURA N° 5.68.
MANUFACTURA DE LAS JUNTAS POR SOLDADURA ELÉCTRICA.



Fuente: Elaboración propia.

3. **Detección de grietas en la superficie** – Métodos tales como líquidos penetrantes y partículas magnéticas

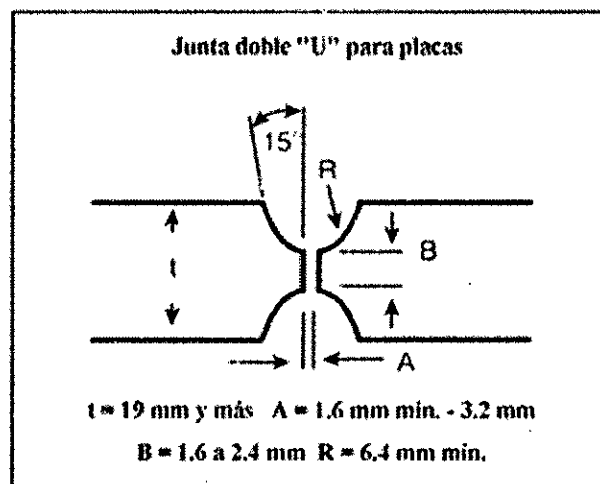
FIGURA N° 5.69.
PRUEBA DE LA SOLDADURA



Fuente: Elaboracion propia.

4. **Inspección ultrasónica y radiográfica** - Métodos de pruebas no destructivos (PND) que se utilizan para examinar la estructura interna de la soldadura con el fin de establecer la integridad de la unión sin destruir el componente soldado.

FIGURA N° 5.70.
ACHAFLANADO BÁSICO DE ESPESOR MAYORES



Fuente: Elaboracion propia.

Pruebas destructivas - Métodos utilizados para establecer el rendimiento o la integridad de soldadura, destruyendo la junta soldada, logrando con

esto la evaluación de diferentes componentes mecánicos y / o características físicas.

Uno de los principales ingredientes de un buen sistema de calidad en soldadura, es el establecimiento e introducción de un programa de inspección de soldadura eficaz.

Sólo con la evaluación completa de los requisitos de calidad de la soldadura, los criterios de aceptación, el pleno reconocimiento de la inspección, los métodos de prueba que deben ser utilizados, y la debida formación y experiencia de los inspectores, un programa de inspección podrá ser establecido.

Cilindro de Acetileno

El cilindro de acetileno suele ser más corto y más ancho que el de oxígeno, se hace en varias secciones mientras que el cilindro de oxígeno es una pieza, no es un cuerpo hueco de una pieza como el cilindro de oxígeno y el de acetileno tiene roscas izquierdas.

El gas acetileno no se puede almacenar a más de 100 kPa (15psi). Si se excede de esta presión hay peligro de explosión. El gas acetileno se puede disolver en un líquido para evitar el riesgo de explosión y permitir el almacenamiento de grandes cantidades de gas el cilindro de acetileno se llena con una mezcla de asbesto (amianto) desmenuzado, cemento y carbón vegetal o una mezcla similar en forma de pasta. Después, se sueldan entre si las mitades del cilindro y se hornean hasta que se seca la pasta del relleno.

Cuando seca la mezcla que hay en el interior del cilindro, queda en forma de panal. Se hace entrar a presión un líquido llamado acetona en las celdas de este panal. La acetona absorberá o disolverá hasta 25 veces su propio volumen de acetileno. El panal tiene la ventaja de que evita que se extienda cualquier descomposición que se podría iniciar si pasa una llama accidentalmente sobre la superficie del cilindro.

Los problemas comunes a todos los cilindros son:

- a) Roscas dañadas por uso brusco o cuerpos extraños en las roscas que imposibiliten el asentamiento correcto de las conexiones y permitan fugas de gas.
- b) Discos o tapones de seguridad, rotos o con fugas.
- c) Manijas de válvulas difíciles de abrir o cerrar.
- d) El sistema de doble asiento en algunas válvulas no asienta en forma correcta y permite fugas de gas.

FIGURA N° 5.71.
BOTELLAS DE ACETILENO

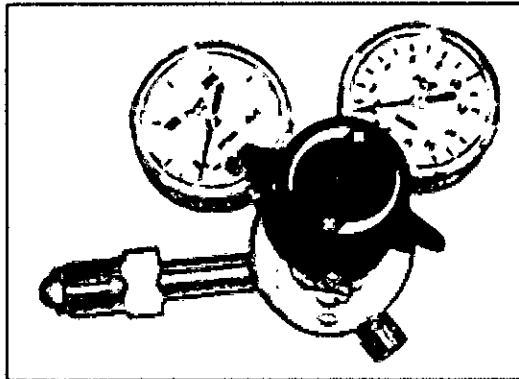


Fuente: Elaboracion propia.

Este tampoco se puede usarse directamente sino que también debe de reducir su presión y cuenta con dos manómetros y el primero esta graduado de 045Kgff/cm. (variación de 040, 050) y nos indica la presión interna del tanque. El segundo está graduado de 04Kgff/cm. (para procesos industriales).

Actualmente este segundo manómetro tiene una banda roja a partir de 1Kgff/cm. Para indicar que a trabajar a presiones mayores es peligroso.

FIGURA Nº 5.72.
MANÓMETROS DE SEGURIDAD



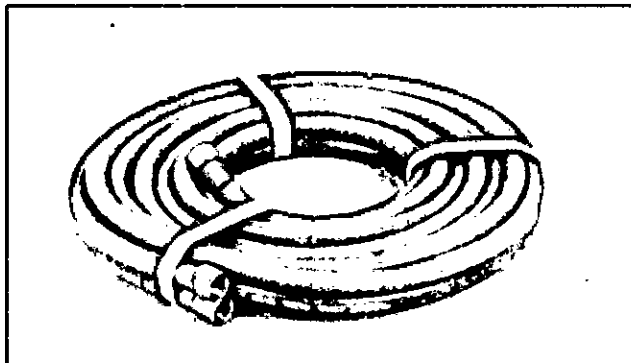
Fuente: Elaboracion propia.

La Manguera.

La manguera para conducir el gas al soplete de color verde, para el oxígeno y de color rojo para el acetileno.

Las mangueras para el oxígeno tienen conexiones de rosca derecha y las del acetileno tienen conexiones de rosca izquierda para evitar que se puedan conectar erróneamente cambiándolas, si una manguera está rota o picada debe cambiarse en su totalidad para evitar accidentes mayores.

FIGURA Nº 5.73.
MANGUERA FLEXIBLE CON SUS NIPLES



Fuente: Elaboracion propia.

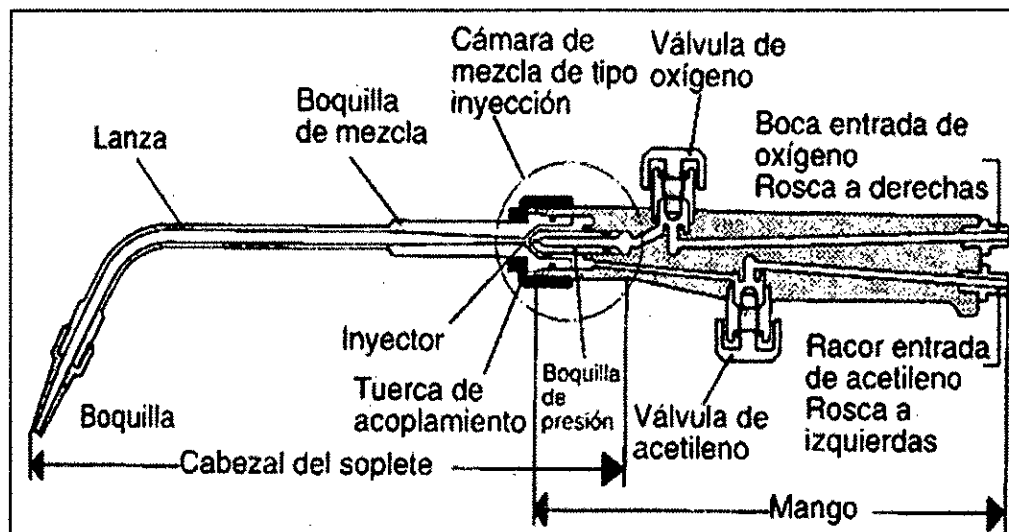
El Soplete

El soplete del acetileno está formado por tres partes principales que son: (soplete, mezclador y boquilla), el material sirve para sujetar el soplete en el cual se encuentran las válvulas que controlan los gases que circulan por su interior por ductos separados.

La boquilla cuenta con un solo orificio para su salida si es que la operación que vamos a realizar es de soldar o calentar.

El soplete para corte existe dos opciones con aditamento para cortar con una boquilla para corte que tiene una serie de orificios por donde sale la llama o flama y un orificio central para el oxígeno de corte; la otra que nos va a servir para calentar previamente el metal que se va a cortar.

FIGURA Nº 5.74.
SOPLETE ESTÁNDAR DE ACETILENO



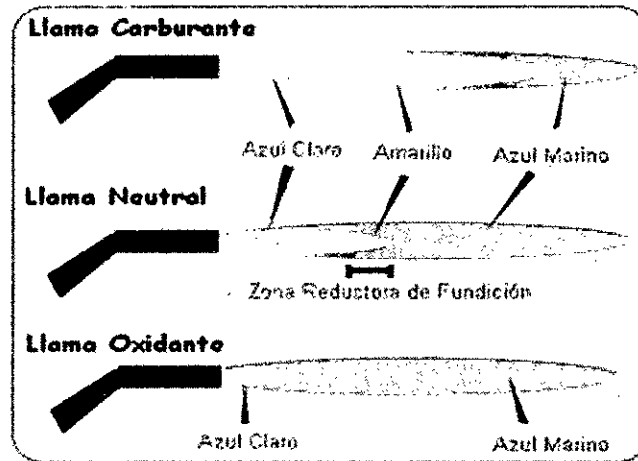
Fuente: Elaboracion propia.

Tipos de Llamas

La llama más caliente que se ha obtenido a la fecha es mediante una reacción química y es la llama oxiacetilénica, la cual puede ser de 4 tipos:

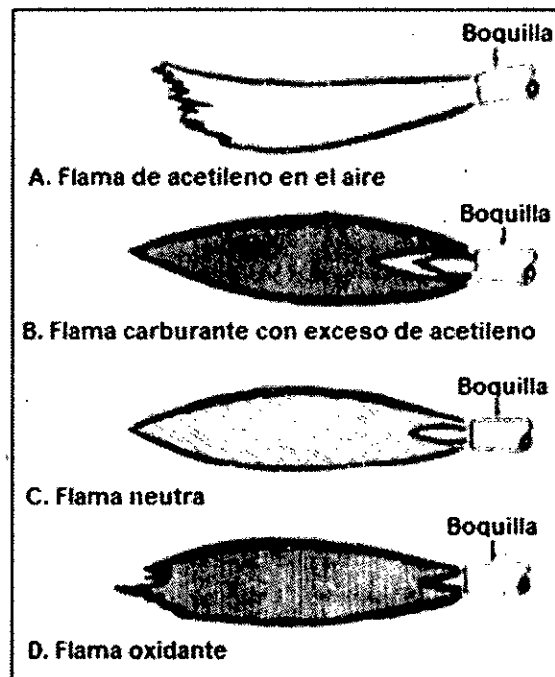
- A. Flama acetileno en el aire
- B. Flama carburante o con exceso de acetileno
- C. Flama neutra
- D. Flama oxidante o con exceso de oxígeno.

FIGURA N° 5.75.
FORMACIÓN BÁSICA DEL GAS ACETILENO.



Fuente: Elaboracion propia.

FIGURA N° 5.76.
TIPOS DE FLAMA



Fuente: Elaboracion propia.

Procedimiento para el ajuste de flama o llama

- Ajustar la presión de operatividad de acuerdo al tipo o calibre de boquilla que se utilice.
- Colocarse las gafas en la frente.
- Abrir la válvula del acetileno girando media vuelta.

- Encender el acetileno.
- Ajustar la llama del acetileno hasta que deje de producir humo, pero que no se separe de la boquilla.
- Abrir la válvula de oxígeno hasta obtener la llama carburante, neutra, oxidante que sea necesaria para que el operatividad que se va a realizar.
- Durante el operatividad se desajusta la flama, por lo que es necesario reajustarla moviendo exclusivamente la válvula de oxígeno.

Velocidad, Avance y Ancho del Cordón

La velocidad afecta el ancho del cordón.

a) Velocidad excesiva = cordón delgado.

b) Velocidad baja = cordón ancho.

c) Velocidad normal = dos veces el diámetro de la punta de la boquilla.

Proceso De Oxicorte

El corte con oxiacetilénico, llamado a veces oxicorte, se utiliza solo para cortar metales ferrosos. La fusión del metal tiene escasa importancia en el corte con oxiacetilénico. La parte más importante del proceso es la oxidación del metal. Cuando se calienta un metal ferroso hasta ponerlo al rojo y, luego se le expone a la acción del oxígeno puro ocurre una reacción química entre el metal caliente y el oxígeno. Esta reacción, llamada oxidación, produce una gran cantidad de calor.

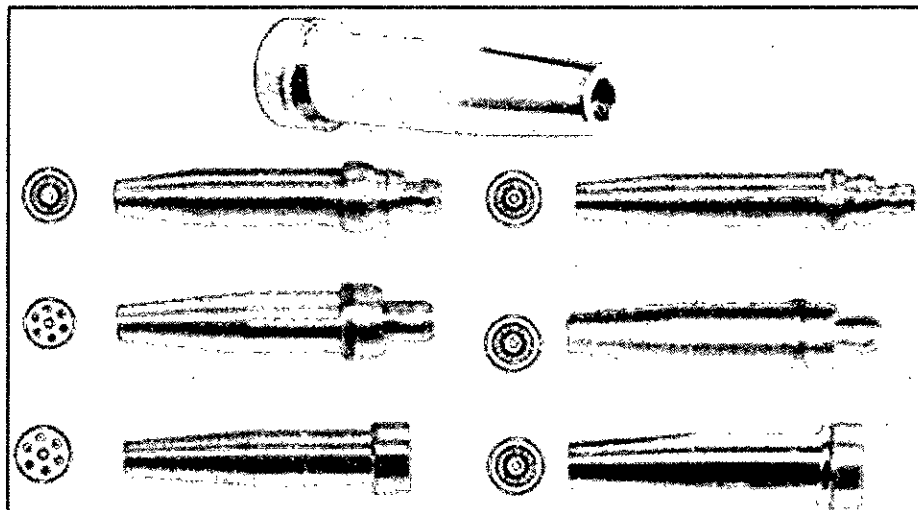
Equipo de Corte con gas Oxiacetilénico

El equipo básico para cortar es similar al que se utiliza para la soldadura, es decir suministro de gas, mangueras, reguladores y un soplete. Se pueden usar para el corte los mismos cilindros empleados para la soldadura. Como en el corte se consume más oxígeno es preferible el sistema múltiple, se pueden usar las mismas mangueras que para la soldadura; pero, cuando se van a cortar piezas gruesas o se va a trabajar en forma continua se requiere una manguera de mayor diámetro a fin de tener un suministro adecuado de gas. Se usa el mismo tipo de reguladores; sin embargo, si se van a hacer operatividades grandes de corte, se requieren reguladores capaces de producir presiones mucho más altas. El soplete para corte es muy diferente del soplete para cortar.

Boquillas de Corte

Las boquillas para corte están hechas con un anillo de agujeros o aberturas que rodean al agujero del oxígeno para corte. Cada uno de estos agujeros suministra una flama de precalentamiento, que produce una distribución uniforme del calor en todo el contorno del orificio del para oxígeno y permite cambiar en cualquier momento la dirección del corte. Si se cambia la boquilla para que vaya de acuerdo con el espesor del metal, se puede cortar casi cualquier espesor.

FIGURA N° 5.77.
TIPOS DE BOQUILLAS PARA GAS ACETILENO.



Fuente: Elaboracion propia.

Presiones para corte

Al igual que el soplete para soldar, es posible enumerar todas las marcas y presiones aplicables en cada boquilla para corte, pero siempre es más seguro seguir las recomendaciones del fabricante para el soplete particular que se utiliza. Igual que en la soldadura, cuanto más grueso sea el metal, mayor es el tamaño de la boquilla requerida.

Operación del equipo de oxicorte

El proceso de oxiacorte de metales ferrosos es una reacción química la que aprovecha oxígeno y metales ferrosos en especial a altas temperaturas (900°C). En este proceso se precalienta el material ferroso hasta la temperatura de igniciones este momento una corriente de oxígeno sale por el orificio central la boquilla se oxida violentamente la material base. La fuerza con la que sale él oxígeno, produce un efecto de erosión; una vez iniciado el corte hay una determinada velocidad que permita continuarlo. Este avance puede ser automático o manual. Las llamas por calentamiento se forman en una serie de orificios periféricos que tiene la boquilla de corte. Se produce un retroceso de llama cuando se introduce en el mezclador del soplete. Antes de producirse el retroceso de llama se produce una explosión en la boquilla en el corte de oxiacetilénico el combustible propio metal ferroso, la temperatura de ignición (900°C) se obtiene con llamas de precalentamiento; la temperatura de ignición (446°C) se obtiene con el encendedor de chispa.

FIGURA N° 5.78.
PROCESO DE SOLDADURA DE METALES FERROSOS



Fuente: Elaboracion propia.

FIGURA N° 5.79.
 PROCESO DE OXICORTE DE METALES FERROSOS



Fuente: Elaboracion propia.

Tensiones de operatividad admisibles en uniones soldadas ISO

TABLA 5.2.
 ESFUERZOS ADMISIBLE: $\sigma_{ADM} = 1200$ Y 1400

Tipo de unión	Clase de tensión	Tensión de trabajo admisible
A tope	Tracción	$0,75 \cdot 1200 = 900 \text{ Kg/cm}^2.$
	"	$0,75 \cdot 1400 = 1050 \text{ "}$
	Compresión	$0,85 \cdot 1200 = 1020 \text{ "}$
	"	$0,85 \cdot 1400 = 1190 \text{ "}$
	Flexión	$0,80 \cdot 1200 = 960 \text{ "}$
	"	$0,80 \cdot 1400 = 1120 \text{ "}$
Soldadura en ángulo (frontal o lateral)	Todas	$0,65 \cdot 1200 = 780 \text{ Kg/cm}^2.$
		$0,65 \cdot 1400 = 910 \text{ "}$

Cuando Se trata de cordones de soldadura comprobados en toda su longitud por rayos X y no tengan defectos, las tensiones de operatividad admisibles serán para los siguientes (casos especiales):

Análisis de Uniones Soldadas

a).- Tensión de operatividad (carga estática)

La tensión de operatividad de uniones en ángulo y a tope de los elementos que trabajan a tracción, compresión o cortadura, se calculará por la fórmula siguiente:

$$\tau_{Sol} = \frac{P}{\Sigma(a * l)} \leq \tau_{soladm}$$

τ = Tensión en Kgf/cm².

P = Magnitud del esfuerzo que transmite la unión en Kgf.

l = Longitud del cordón en cm.

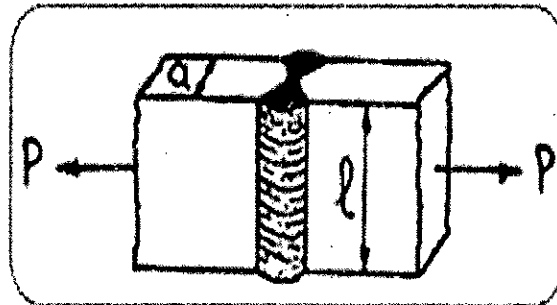
a = Espesor del cordón en cm.

Σ = Sumatoria de todos los cordones.

b).- Cálculo de la unión soldadas a tope (carga estáticas)

Longitud necesaria de la soldadura para una unión a tope trabajando a tracción (suponiendo los extremos finales como el resto de la soldadura).

FIGURA N° 5.80.
ANÁLISIS DE LA SOLADURA A TOPE.



Fuente: Elaboracion propia.

$$l = \frac{P}{a * 0.75 * \tau_{adm}}$$

P = Magnitud del esfuerzo que transmite la unión en Kgf.

τ = Tensión en Kgf/cm².

a = Espesor del cordón en cm.

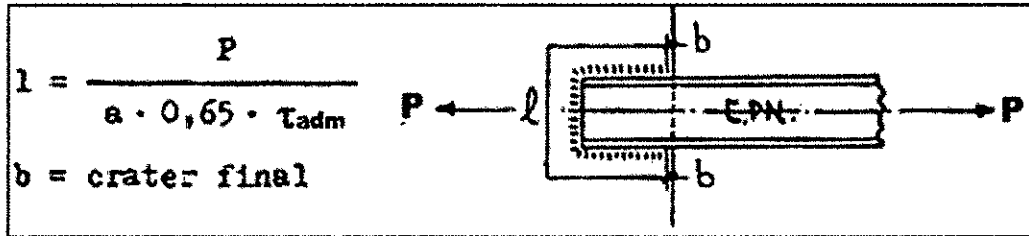
0.75 = Factor del consumo del electrodo.

c).- Cálculo de la soldada a solape en ángulo (carga estática)

Longitud necesaria de soldadura para la unión a solape en ángulo, con eje de gravedad centrado (Figura).

En los cordones en ángulo se les aumentará para los cráteres de terminación, un espesor para cada final.

FIGURA N° 5.81.
ANÁLISIS DE LA SOLDADURA A SOLAPE.



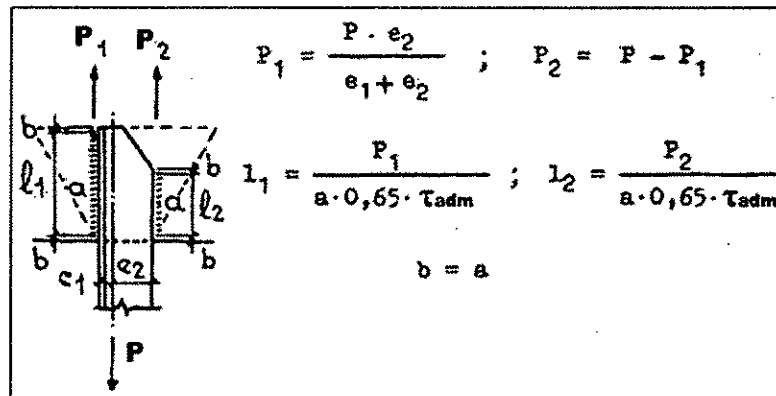
Fuente: Elaboracion propia.

d).- **Cálculo de la unión soldada de un ángulo (carga estática)**

Longitud necesaria de soldadura para una unión en ángulo, con eje de gravedad descentrado.

(Las cartelas deberán tener la sección necesaria al final de1 angular, para resistir el esfuerzo a que esta solicitado éste. Con 60°)

FIGURA N° 5.82.
ANÁLISIS DE APOYOS EN VIGAS



Fuente: Elaboracion propia.

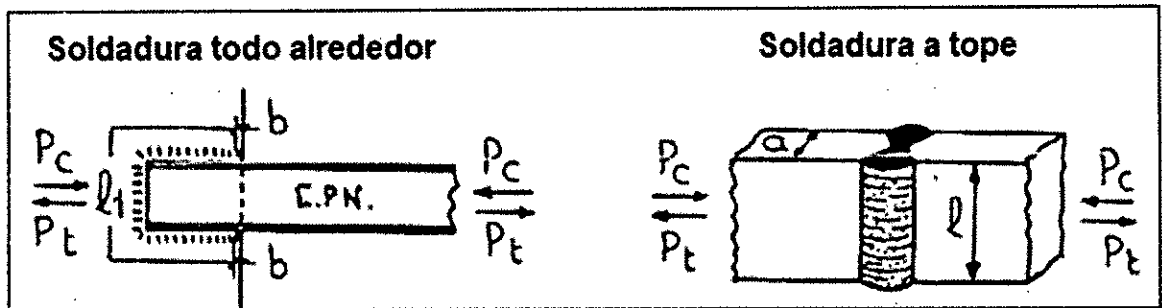
e).- **Cálculo de una unión soldada sometida a carga alternativa.**

Longitud necesaria de soldadura para una unión en ángulo, con eje de gravedad descentrado. (Figura 163.)

P_{max} = fuerza máxima de la unión (tracción o compresión según el caso)

P_{min} = fuerza mínima de la unión (tracción o compresión según el caso)

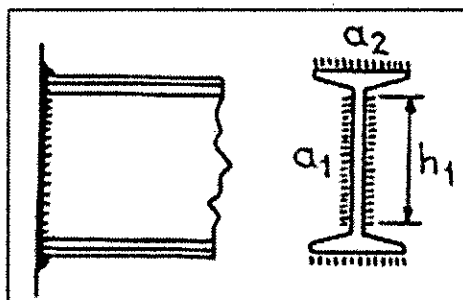
FIGURA N° 5.83.
 APORTACIÓN A ALREDEDOR DE LA SOLDADURA.



Fuente: Elaboracion propia.

Estando soldada a tope como se indica en las figuras 166 y 167 a soldadura, además de tener que soportar las reacciones, deberá de soportar también el momento flector.

FIGURA N° 5.84.
 DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN LA SOLDADURA.



Fuente: Elaboracion propia.

Tensión de flexión que se produce por el momento flector de la viga, se obtendrá de la fórmula siguiente:

$$\tau = \frac{M_f}{R_{sol}}$$

Mf = Momento flector en Kgf-cm.

Rsol = Momento resistente de toda la soldadura en cm³

La tensión cortante que se produce por la reacción en el apoyo de la viga se obtendrá de la formula siguiente:

$$\tau_{cot} = \frac{Q}{2 \cdot (a_1 * h_1)}$$

Q = Esfuerzo cortante en el apoyo en Kgf.

a1 = Espesor del cordón del alma en cm.

h1 = Longitud del cordón del alma en cm.

La tensión de operatividad total se obtendrá de la fórmula siguiente:

$$T_{to} = \sqrt{T_f^2 + T_{cor}^2} \leq 0.65 \cdot T_{adm}$$

Ejemplo de cálculo de un apoyo de una viga:

Viga I PN 20 apoyando en un soporte de I PN 34.

Reacción en el apoyo = 5225 Kgf. Momento flector = 1045000 Kgf-cm.

cordones de la soldadura de 0,6 y 0,4 cm de espesor.

Momento de inercia ϵ toda la soldadura.

$$T_{to} = 2 \cdot 0,4 \cdot \frac{15^3}{12} + 2 \left[\left(\frac{9 \cdot 0,6^3}{12} + (9 \cdot 0,6 \cdot 10,3^2) \right) \right] = 1371 \text{ cm}^4.$$

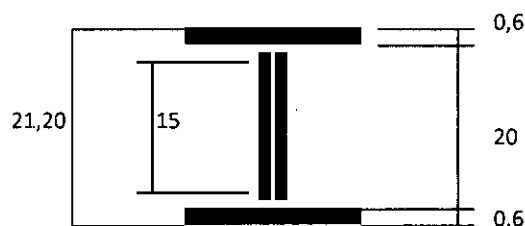
Momento resistencia en toda la soldadura

$$R_{SOL} = \frac{1371}{10.6} = 129 \text{ cm}^3$$

$$T_f = \frac{104500}{129} = 810 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$T_{cor} = \frac{5225}{20 \cdot 4 \cdot 15} = 435 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$T_{To} = \sqrt{810^2 + 435^2} = 919 \text{ Kgf/cm}$$



- a).- Cálculo de la tensión de operatividad en los cordones de unión del alma con las alas iguales o desiguales.

$$T_{\text{Trabajo}} = \frac{Q \cdot M_e}{I_{xx} \cdot 2 \cdot a} \leq 0.65 \cdot T_{\text{adm}}$$

a = Espesor del cordón en cm.

Q = Esfuerzo cortante en Kgf.

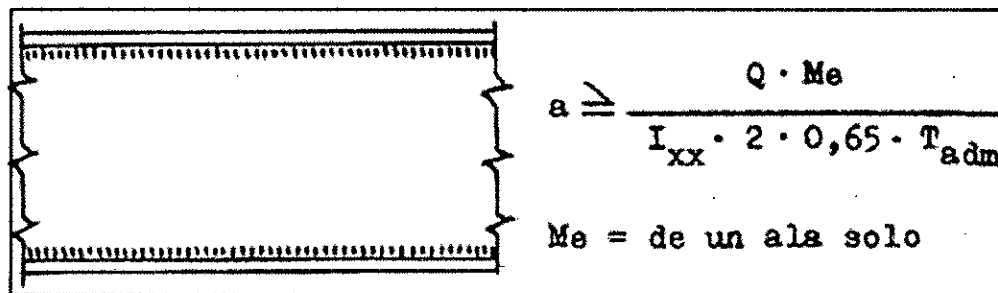
e = espesor del alma en cm.

I_{xx} = Momento de inercia de la viga en cm⁴.

M_e = Momento estático de una ala en cm³. = e₂ · b · y

b).- **Cálculo del espesor de los cordones de unión del alma con las alas**

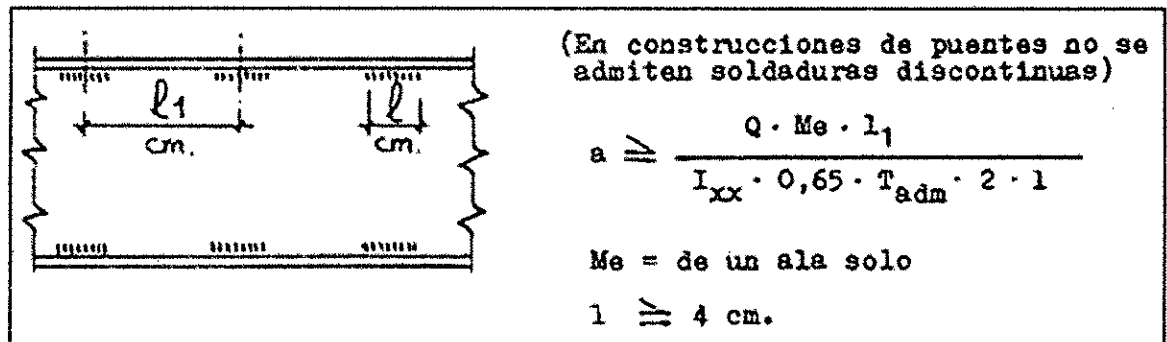
FIGURA N° 5.85.
ANÁLISIS DE APORTACIÓN EN LA SOLDADURA



Fuente: Elaboracion propia.

c).- **Análisis del espesor del cordón discontinuos de unión del alma con las alas**

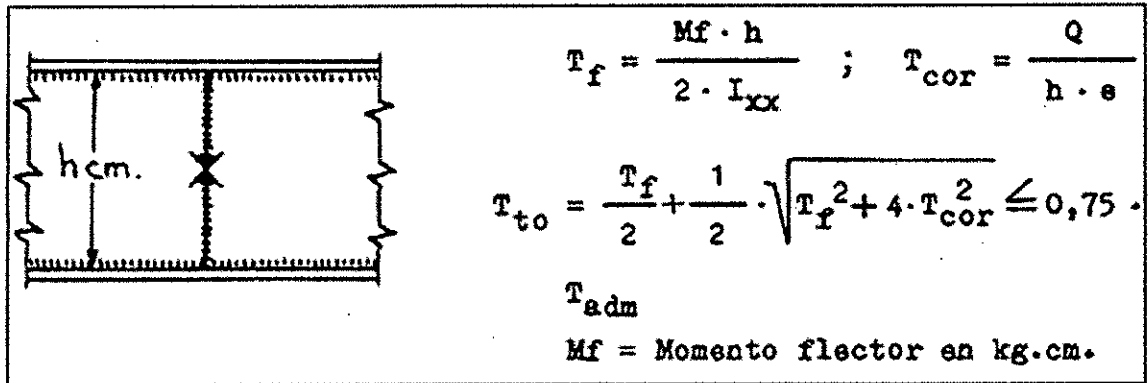
FIGURA N° 5.86.
APORTACIÓN DE SOLDADURA ALTERNATIVA PARA VIGAS



Fuente: Elaboracion propia.

d).- **Cálculo de la unión soldada del alma.**

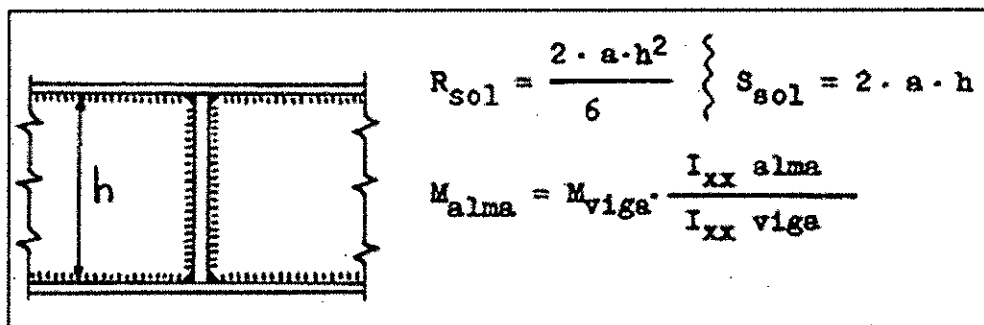
FIGURA Nº 5.87.
 APORTACIÓN DE LA SOLDADURA A LA ALMA DE LA VIGA



Fuente: Elaboracion propia.

e).- Cálculo de la unión soldada del alma con chapa intermedia

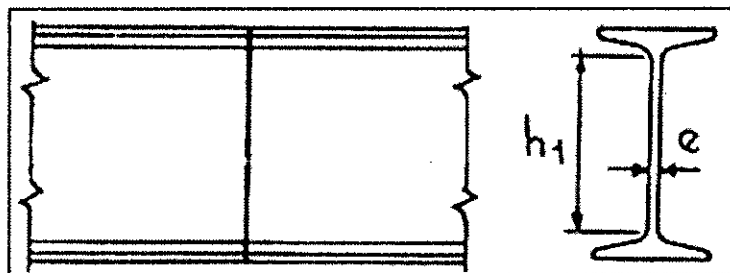
FIGURA Nº 5.88.
 APORTACIÓN DE CHAPAS AL ALMA DE LA VIGA



Fuente: Elaboracion propia.

Empalmes de vigas laminadas

FIGURA Nº 5.89.
 CÁLCULO DE LA UNIÓN SOLDADA DE UNA VIGA I PN.



Fuente: Elaboracion propia.

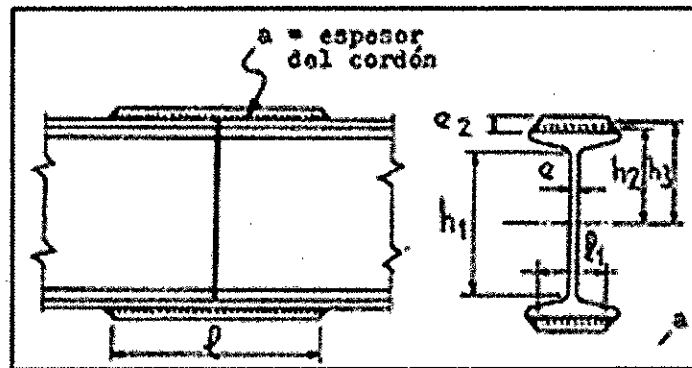
b).- Análisis de la unión soldada de una viga I PN.

Sección de la soldadura a tope de la I S1 en cm².

Sección de la soldadura en el cubrejunta

$$I = 4.2.a + 4.l_2.a = S_2 \text{ en cm}^2.$$

FIGURA N° 5.90.
CUBREJUNTAS DE LAS ALAS



Fuente: Elaboracion propia.

Momento de inercia de la soldadura

Soldadura a tope = I de la viga en cm⁴.

Cubrejunta = $S_2 \cdot h_2^2 = I$ cubrejunta en cm⁴.

$L_{\text{viga}} + I \text{ cubre} = I_{\text{sol}} \text{ cm}^4$

$$T_{\text{cor}} = \frac{Q}{h_1 * e}$$

$$T_F = \frac{M_f}{R_{\text{Sol}}}$$

Cálculo de la sección en la cubrejunta:

Sección = $\theta \cdot I = S_3$

Tensión que soporta

$$T_{\text{Soporte}} = \frac{S_2}{2}$$

Tensión a que trabaja $T_{\text{to}} = T_1$

$$T_{\text{Trabajo}} = \frac{T_1}{S_3} \leq T_{\text{adm}}$$

c).- Cálculo de la unión soldada de una viga I.PN. Cubrejunta en el alma

Los momentos se tomarán en Kgf. cm., y las cotas y espesor de la soldadura en cm.

Momento de inercia de la soldadura en la cubrejunta, respecto al centro de gravedad.

$$2 \cdot \frac{a_2 \cdot I_2^3}{12} + 2 \cdot \frac{I_1}{12} \cdot [(I_2 + 2 \cdot a_1)^3 - I_2^3] = I_{xx}$$

$$S_2 \cdot ex^2 + 4 \cdot \frac{a_1 \cdot I_1^3}{12} + S_1 \cdot (c - ex)^2 = I_{yy}$$

Momento máximo en a1

Momento máximo en a2

$Ma_1 = mf \text{ cubrejunta} \cdot I_3 / It$

$Ma_2 = Mf \text{ cubrejunta} \cdot ey / It$

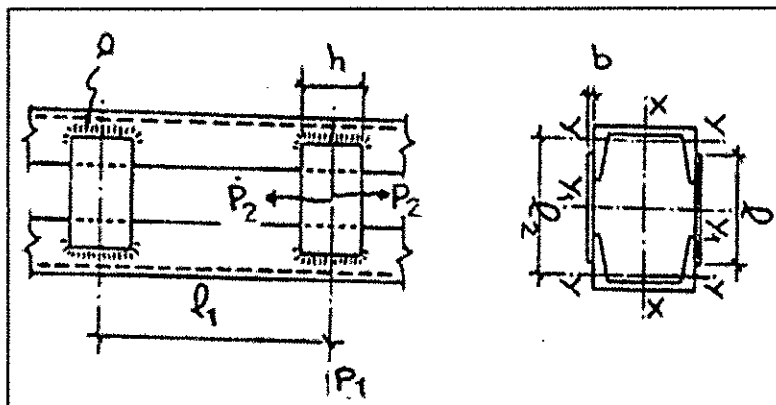
$$\text{Tensión de operatividad total} = \sqrt{Ma_1^2 + Ma_2^2} \leq 0,65 \cdot T_{adm}$$

Las fórmulas dadas hasta aquí han sido para la soldadura de las cubrejuntas, las dimensiones de éstas se hallarán por tanteo. Para la tensión total de operatividad de la unión, se podrán utilizar las fórmulas del ejemplo de la figura 175, aumentándoles el momento resistente de las cubrejuntas (con respecto a la viga), y su sección.

Cálculo de cartelas o presillas soldadas

Los momentos y esfuerzos se pondrán en Kgf. y los espesores de cordones y cotas en cm. P = carga, o cargas verticales en Kgf.

FIGURA N° 5.91.
PRESILLAS SOLDADAS



Fuente: Elaboracion propia.

$$\text{Esfuerzo de carga} = \frac{W_x * p}{80} = P_1$$

($W_x = W_y$ ideal)

Esfuerzo de empuje en cada presillas:

$$P_2 = \frac{P_1 * l_1}{2 * l_2}$$

$$\text{Momento flector } M_f = P_2 \frac{1 + a}{2}$$

$$\text{Momento resistente } R_p = \frac{b * h^2}{6}$$

Tensión de operatividad de la presilla.

$$T_{trab} = \frac{M_f}{R_p} \leq \tau_{adm}$$

Soldadura: Sección resistente de la soldadura:

$$R_{sol} = \frac{a * h_2}{6}$$

Tensión total =

$$\sqrt{\left(\frac{M_f}{R_{sol}}\right)^2 + \left(\frac{P_2}{S_{sol}}\right)^2} \leq 0,65 * T_{adm}$$

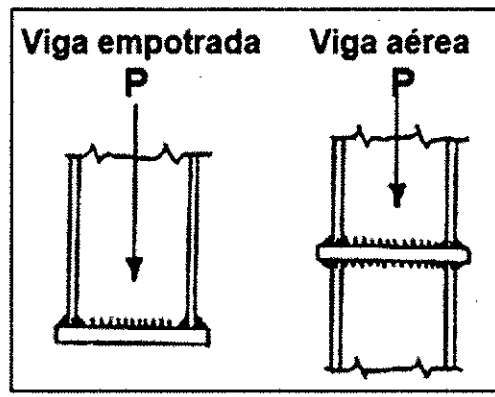
Análisis de la soldadura para bases de soporte y empalmes.

$$\tau_{sol} = \frac{P}{S_{sol}} \leq 0.65 * \tau_{adm}$$

Ssol = Sección de soldadura en cm².

P = Carga en Kgf.

FIGURA Nº 5.92.
ANÁLISIS DE CORDONES PARA PERFILES UNIDOS



Fuente: Elaboracion propia.

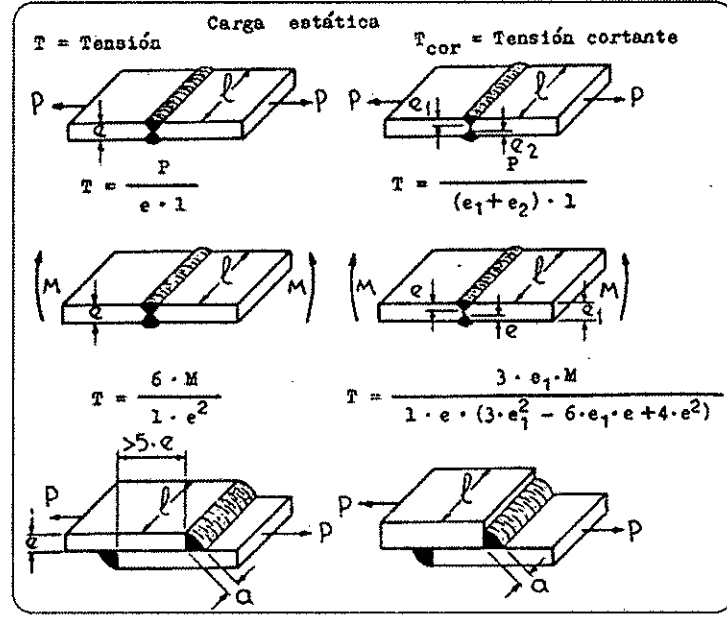
En las barras de las vigas, cerchas y jásenos de la celosía que trabajan a compresión, se tienen que unir sus perfiles por medio de presillas cada 50 veces el radio de giro mínimo de un perfil. Muchas veces se proyecta también el par, constituido por dos angulares soldados a tope.

Como cuadrado. Como el cálculo de los cordones de soldadura en los dos sistemas anteriormente expuestos es muy laborioso, se podrá utilizar normalmente la fórmula de experiencia siguiente:

La sección total de los cordones de unión de los perfiles, será igual a la sección de éstos.

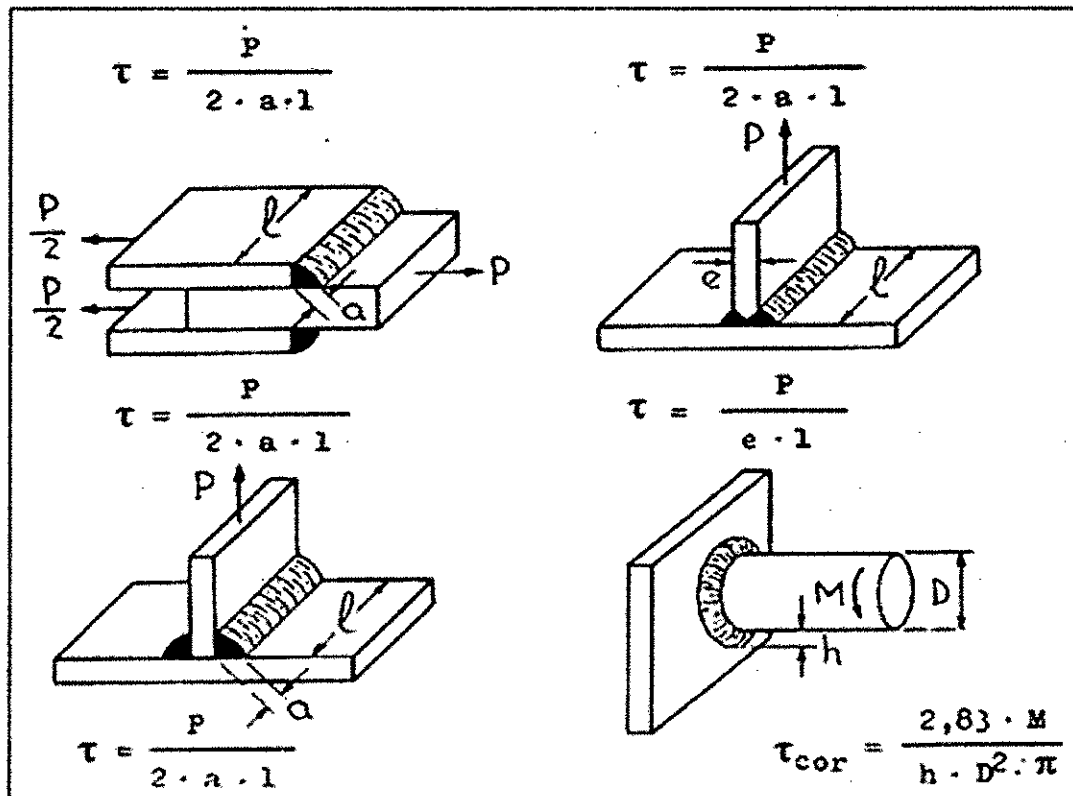
En los nudos deberán ir soldados todos los perfiles, y las presillas entre ellos deberán ir repartidas a igual distancia. Se pondrán como mínimo dos presillas intermedias entre cada dos nudos.

FIGURA Nº 5.93.
TENSIONES DE VARIOS TIPOS PARA UNIONES



Fuente: Elaboracion propia.

FIGURA Nº 5.94.
SOLDADURA EN ÁNGULO.



Fuente: Elaboracion propia.

Cordones necesarios para barras sometidas a tracción. Relación de la tensión de operatividad entre la soldadura y el perfil. 0,65

En el cálculo se tiene en cuenta el eje de gravedad.

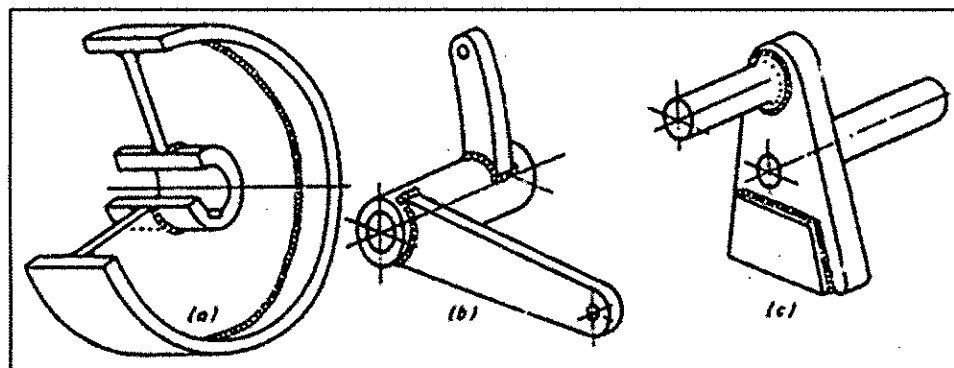
Proceso de piezas con Soldadura

Debido al menor costo inicial, muchas partes estructurales de maquinaria de antes hechas por fundición, ahora se fabrican soldándolas. Los componentes pueden cortarse mecánicamente o con soplete a partir de placas de acero laminadas en caliente y luego soldarse entre sí. La figura 5.93 muestra varios ensambles típicos soldados. En ocasiones, la porción intrincada del cuerpo puede fundirse o estamparse. Las áreas planas, hechas de placas, pueden unirse entonces por soldadura.

Los ensambles soldados proporcionan usualmente mayor resistencia con una reducción en el peso; esto representa una importante ventaja en las partes móviles de máquinas y equipo de transporte.

En un diseño soldado, es usualmente necesario efectuar una menor cantidad de maquinado que en una fundición equivalente. El diseño debe proporcionar accesibilidad a las soldaduras de manera que ellas puedan fabricarse e inspeccionarse apropiadamente.

FIGURA N° 5.95.
PARTES DE MAQUINARÍA FABRICADAS CON SOLDADURA DE FUSIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Soldadura de Fusión

En el proceso de fusión, el calor se obtiene de una flama de oxiacetileno o de un arco eléctrico que se forma entre un electrodo y la pieza de operatividad.

Los bordes de las partes son calentadas a la temperatura de fusión y se unen entre sí con la adición de material fundido de aportación proveniente de un electrodo.

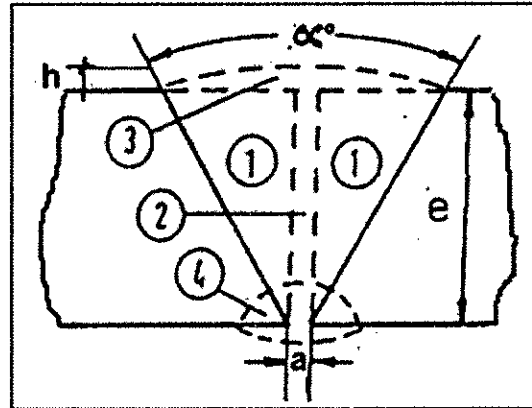
En la soldadura por arco metálico, el electrodo está compuesto de material de aportación apropiado que se funde y se vierte en la junta conforme el proceso de soldadura avanza. La soldadura por arco protegido usa un electrodo con un fuerte recubrimiento de materiales fundentes. Estos se consumen al fundirse el electrodo y llevan a cabo las funciones usuales de un fundente, como se muestra en la figura 5.86. Cuando se usa la antorcha de oxiacetilénico, el metal fundido es protegido de la atmósfera por la envolvente exterior de la flama. La flama se ajusta generalmente hasta que es neutra o ligeramente reductora. En la soldadura por gas de algunos metales se usa un fundente para llevar a la superficie cualquier impureza que pueda estar presente y ayudar así a formar una soldadura sana.

Con el proceso de arco metálico puede usarse corriente directa o corriente alterna. Cuando la soldadura es mayor de aproximadamente 3/8 in de espesor, es usual hacerla por depósito de cajas sucesivas. El metal de soldadura depositado tiene con frecuencia la estructura burda característica de los metales fundidos.

Resistencia de la Soldadura de Fusión

En la figura se muestran varios tipos diferentes de soldaduras con las ecuaciones para los esfuerzos que generan las cargas dadas. La altura h para una soldadura a tope no incluye el abombamiento o refuerzo a . Las placas que son de 1/4 in de espesor y mayores, deben biselarse antes de soldarlas, como se muestra.

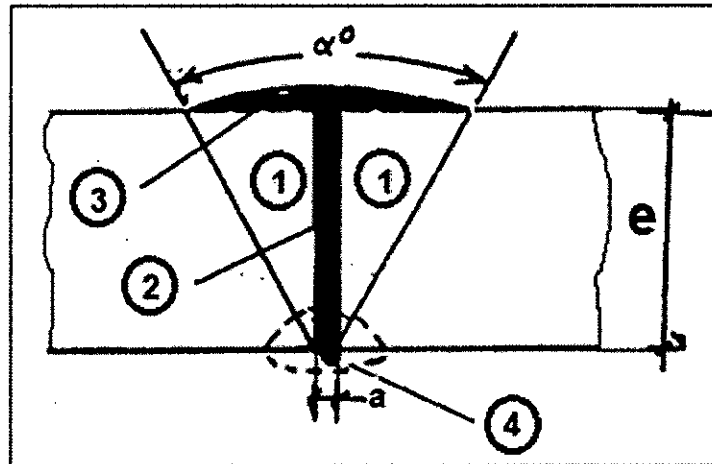
FIGURA N° 5.96.
ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA DEPOSICIÓN A TOPE EN "V"



Fuente: Elaboracion propia.

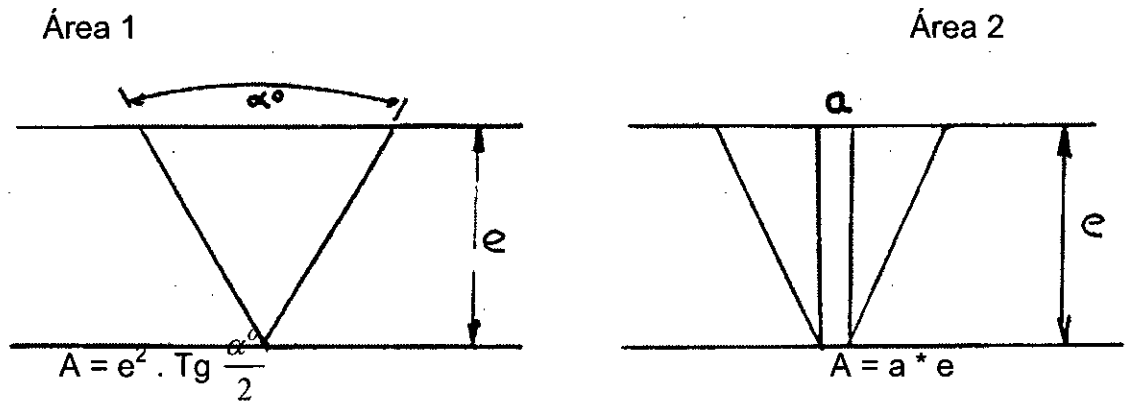
TABLA DE RELACIONES DE LA SOLDADURA A TOPE.

Áreas de la junta	Relaciones básicas
Área triangulo (1)	$A_1 = e^2 \cdot \tan \alpha / 2$
Área rectángulo (2) (rendija abertura)	$A_2 = a \cdot e$
Área del refuerzo (3)	$A_3 = \frac{b \cdot h \cdot 2}{3}$ $B = b' + a$
Área del refuerzo opuesto (4)	Porcentaje adicional en función del ángulo y espesor de la pared A_4
Área total (A_T)	$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$



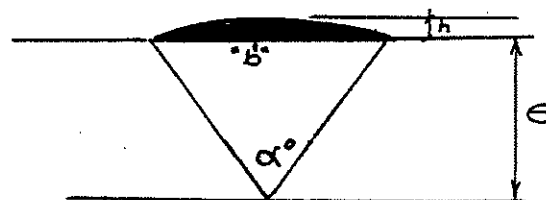
Deposición de la soldadura = $\frac{\text{Area total (mm)} \times 7.85 \text{ (densidad del acero)}}{1,000}$

Junta a tope en "V" (área)



Cálculo "b": ancho de costura para ángulo α^0 (TABLA)

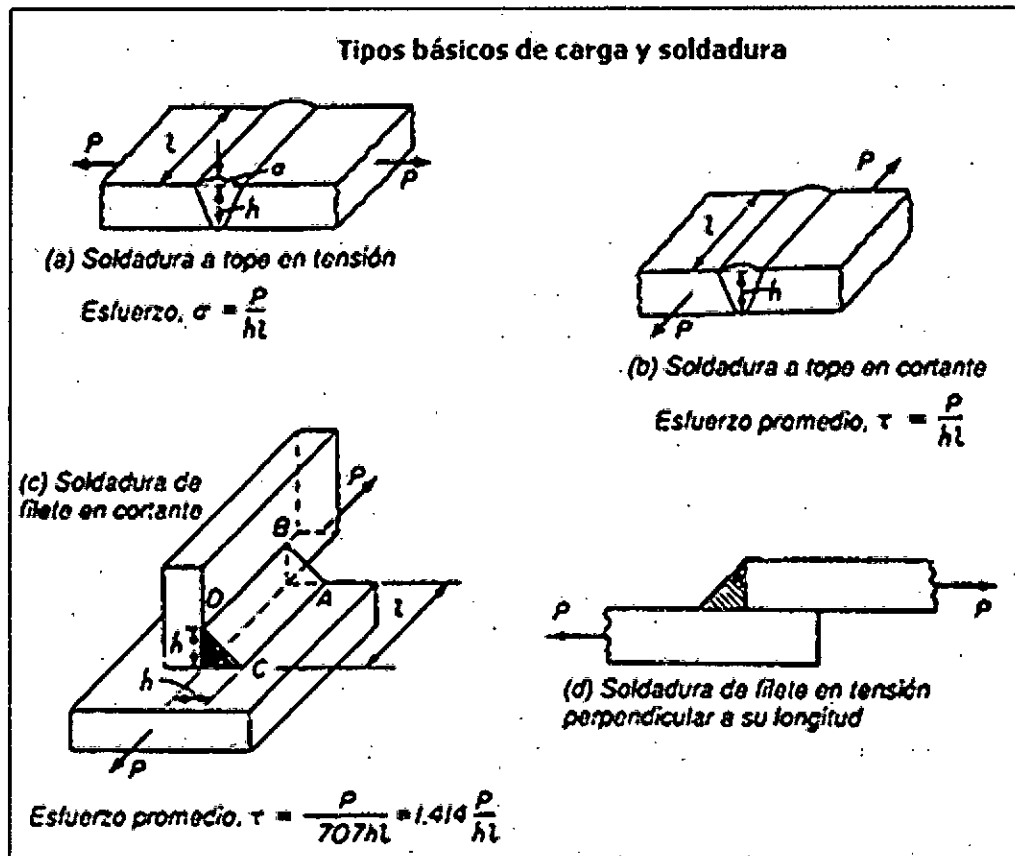
(Función $e * \alpha^0$)



Area (3) $A = \frac{2 * b * h}{3}$

Ancho total $A = b + a$

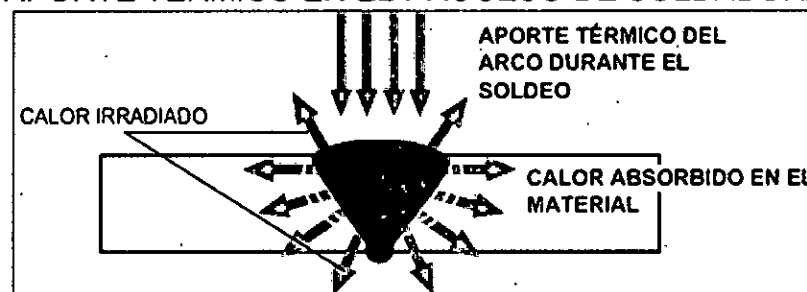
FIGURA Nº 5.97.
RESISTENCIA EN LA FUSIÓN.





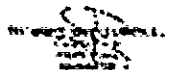
Fuente: Elaboracion propia.

Área (4) : 18% adicional de soldadura para pase de raíz
(TABLA 3 en función del espesor (e) ángulo α°)

FIGURA Nº 5.98.
APORTE TÉRMICO EN EL PROCESO DE SOLDADURA



Fuente: Elaboracion propia.

 <p>IBERMOLINO TECNICO S.A.</p> <p>AVDA. DE LA INDUSTRIA S/Nº 1º 41013 SAN JUAN DE LOS RIOS SEVILLA</p>	<p>CENTRO DE CALIDAD</p> 	<p>CERTIFICADO DE CALIDAD</p>
		<p>Revisión 11.11. Impreso N° 01A</p>
<p>CLIENTE UNAC-FIME</p> <p>Nº ALBARAN</p> <p>S/PEDIDO Nº Arboles de ruedas dentadas</p>	<p>INFORME: 199888</p> <p>ORD FAB: 7887</p> <p>FECHA: 18-12-18</p>	
<p>INFORME TRATAMIENTO SUPERFICIAL</p>		
<p>MATERIALES TRATADOS</p>		
<p>Arbol procesada por soldadura eléctrica Ruedas dentadas de corona soldadas AWC</p>		
<p>ESPECIFICACIONES</p>		
<p>Humedad Relativa <u>35%-70%</u> Temperatura <u>10°-25°</u></p> <p>Granallado hasta Grado <u>SA 2 1/2</u> de la Norma <u>UNE 48302:1998</u></p> <p>Aplicación de <u>>50</u> mc. de <u>Imp Epoxi Escf Zinc Ral 7005</u></p> <p>Aplicación de _____ mc. de _____</p> <p>Aplicación de _____ mc. de _____</p>		
<p>OBSERVACIONES</p>	<p>CONTROL DE CALIDAD</p>	
		

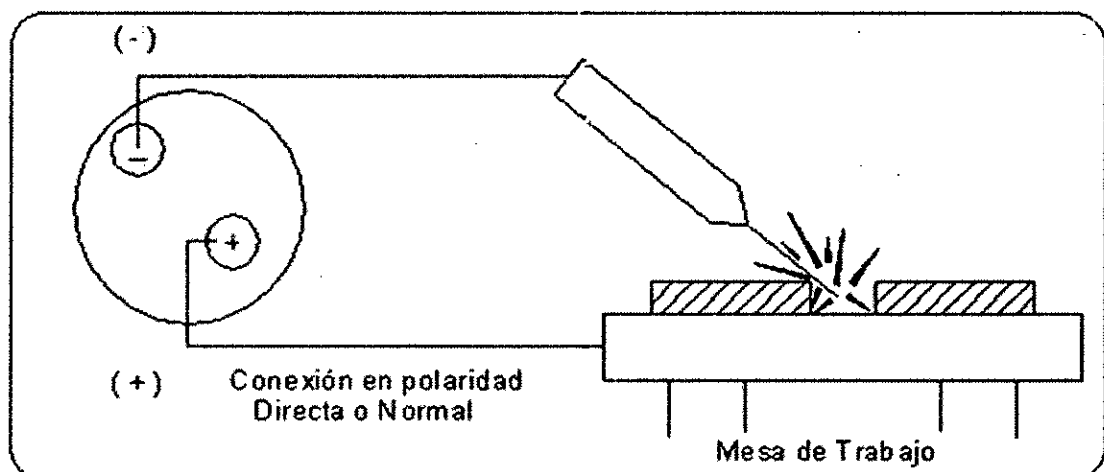
CAPÍTULO 6

MÁQUINA DE SOLDAR

6.1. Descripción fundamental de la soldadura [18].

Por soldadura se entiende como unión de dos o más piezas de composición semejantes de manera que se consiga un todo compacto (pueden soldarse piezas de materiales diferentes). Se pueden distinguir dos formas bien definidas de soldar: La soldadura por **presión-calor** y la soldadura por **fusión**. En la primera las piezas a unir, en el lugar de unión están en **estado pastoso** y se unen entre si por la presión ejercidas entre ellos; mientras que la unión por fusión, en la unión las piezas están en **estado líquido o sólido** y se unen por solidificación de la unión y del material de aportación.

FIGURA N° 6.1.
POSICIÓN DE BÁSICA DE APLICACIÓN DE LA SOLDADURA.



Fuente: Elaboración propia.

Soldar no se puede aprender leyendo libros o manuales acerca de la soldadura, un soldador se hace con la práctica, sin embargo todo estudiante o futuro profesional, ingeniero debe tener conocimientos sólidos al respecto; fundamentalmente lo que se refiere por diseño de las piezas soldadas. Muchos de estos conocimientos se dan en cursos de tecnología mecánica o procesos de fabricación.

6.1.1. Pruebas aplicadas a la soldadura.

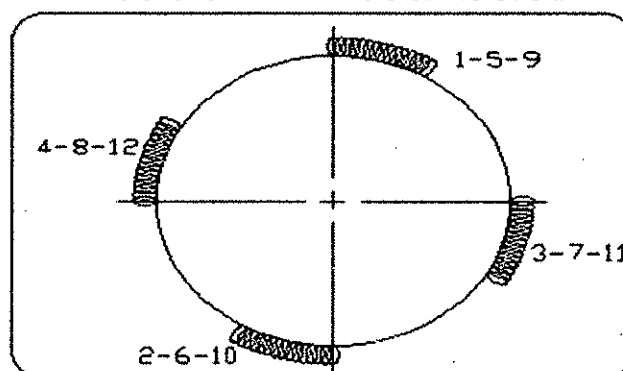
Finalmente debemos señalar que la soldadura, también se puede probar su resistencia existiendo pruebas destructivas y no destructivas. En cuanto a los principales tenemos:

- **Prueba de resistencia a la tracción** (según DIN 1605- DIN 50120); se comprueba sus resistencia preparado, probetas de acuerdo a las normas, y sometiéndolas a un ensayo de tracción. Son requeridas de maquinas especiales.
- **Ensayo de flexión** (doblado), del taller (DIN 4100).- Es la prueba mas sencilla, consiste en doblar una costura a tope apanalada (U, V, X) hasta 90°, al abrirse la soldadura, puede notarse las porosidades, inclusiones de escorias, deficiente penetración. Esta prueba es para comprobar la capacidad de los obreros.

Existen otros como ejemplo:

- Ensayo de flexión (plegado), según normas (DIN 50121)
- Ensayo de forja
- Ensayo de dureza
- Ensayo de rotura, sobre material entallado y de rotura por choque.
- Ensayo de fatiga donde se somete a cargas dinámicas la unión soldada, según norma previa ISO 9002.

FIGURA N° 6.2.
POSICIÓN DE LA SOLDADURA.










Fuente: Elaboración propia

6.1.2. Ensayos o pruebas no-destructivas.

- Comprobación exterior, inspección ocular.
- Impermeabilidad, pruebas en depósitos a presión.
- Ensayo ultrasónico o acústico.
- Prueba de dureza
- Ensayos electromagnéticos magna flux.
- Aplicación de rayos X, comprobación de la existencia de burbujas, inclusiones de escoria, grietas, defectos, etc.
- Prueba de carga, por medio de máquinas de tracción o pruebas hidráulicas para recipientes.

TABLA 6.1.
UNIÓN BÁSICA DE UBICACIÓN DE LAS PLANCHAS.

Unión a Tope	Las piezas están en un mismo plano	
Unión solapada	Las piezas se solapan	
Unión paralela	Las piezas se superponen por su cara ancha	
Unión T	Una de las piezas, se apoya perpendicularmente por su extremo en la otra	
Unión en cruz	Dos piezas situadas en un mismo plano se apoyan perpendicularmente por su extremo contra un tercer, interpuesta.	
Unión inclinada	Una de las piezas incide por su extremo oblicuamente sobre la otra.	
Unión angular	Dos piezas inciden por sus extremos formando un ángulo cualquiera	

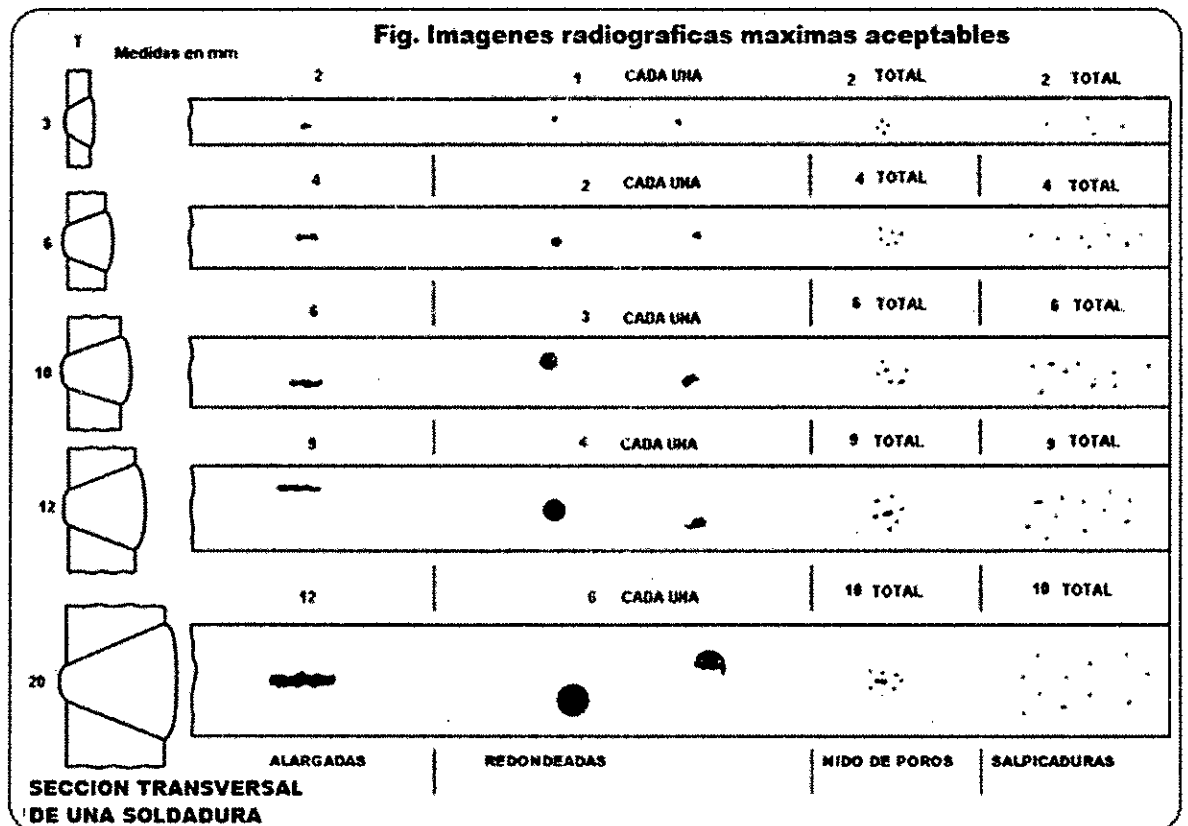
Tipos de Inspección

- **Visual: ocular directa o con ayuda de Tintas Penetrantes o Partículas Magnetizables**
- Volumétrica o discontinuidades planas: Ultrasonido (US) o Radiografía (RI)

*Criterios de aceptación típicos para la Inspección visual en juntas a tope
(calificación y programas de inspección)*

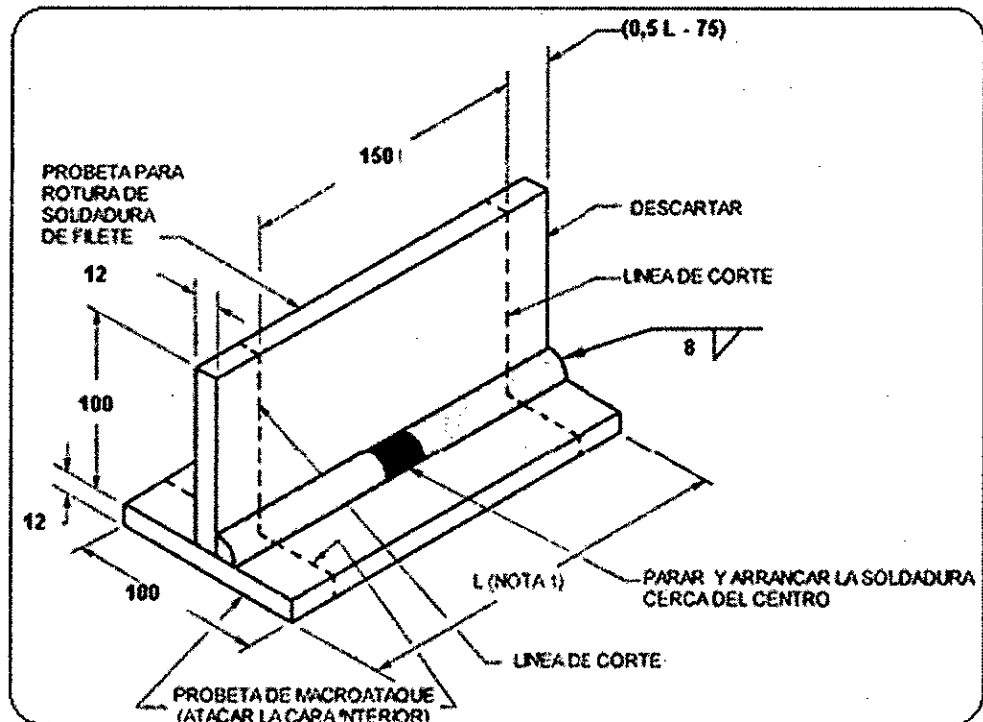
- La soldadura deberá estar libre de fisuras.
- La socavación deberá ser menor o igual que 1 mm.
- El refuerzo o convexidad de la cara de la soldadura deberá ser menor o igual que 3 mm.
- La raíz de la soldadura deberá ser inspeccionada y no deberán verificarse evidencias de fisuras, fusión incompleta o penetración inadecuada de la junta. La máxima concavidad de la raíz deberá ser 2 mm y el máximo sobre espesor de raíz por penetración deberá ser 3 mm.

FIGURA N° 6.3.
IMÁGENES RADIOGRÁFICAS



Fuente: Elaboración propia

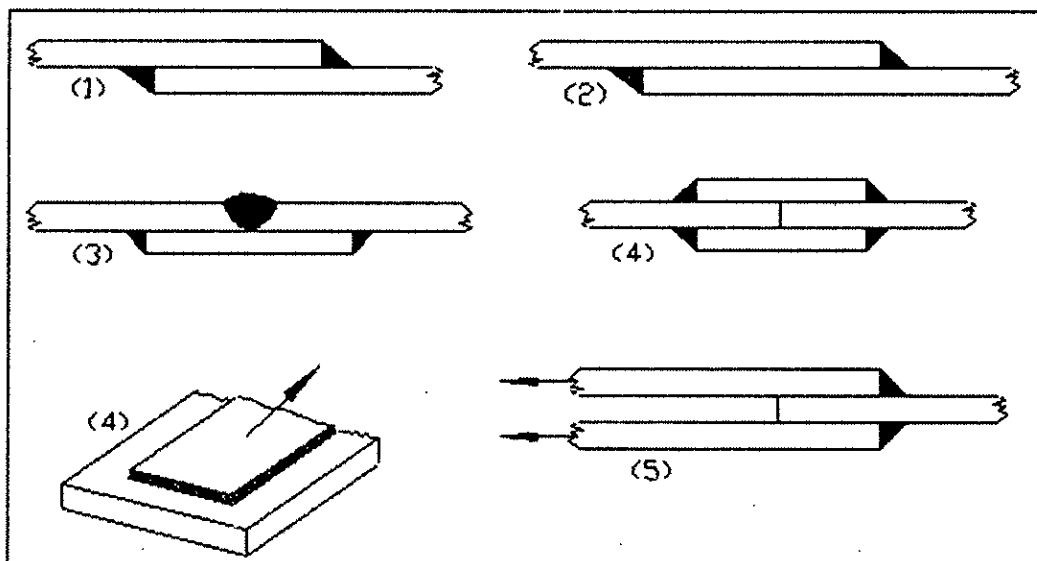
FIGURA N° 6.4.
PROBETA TÍPICA DE ENSAYO



Fuente: Elaboración propia.

6.2. Principales uniones de soldadura.

FIGURA N° 6.5.
UNIONES A SOLAPE



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1. Pruebas aplicadas a la soldadura.

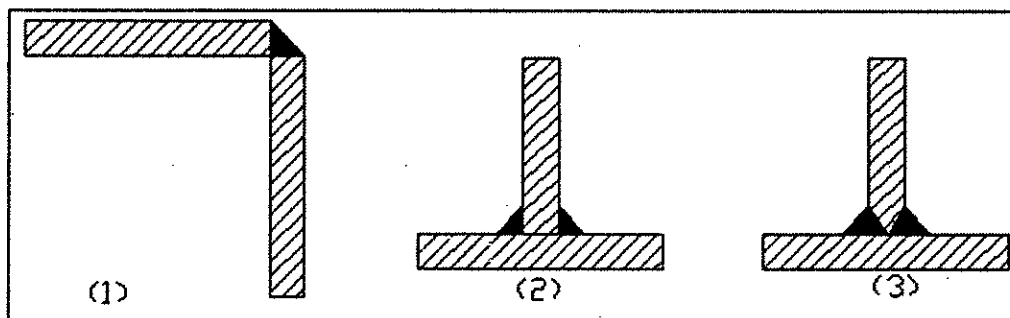
Finalmente debemos señalar que la soldadura, también se puede probar su resistencia existiendo pruebas destructivas y no destructivas. En cuanto a los principales tenemos:

- **Prueba de resistencia a la tracción** (según DIN 1605- DIN 50120); se comprueba sus resistencia preparado, probetas de acuerdo a las normas, y sometiéndolas a un ensayo de tracción. Son requeridas de maquinas especiales.
- **Ensayo de flexión** (doblado), del taller (DIN 4100).- Es la prueba mas sencilla, consiste en doblar una costura a tope apanalada (U, V, X) hasta 90°, al abrirse la soldadura, puede notarse las porosidades, inclusiones de escorias, deficiente penetración. Esta prueba es para comprobar la capacidad de los obreros.

Existen otros como ejemplo:

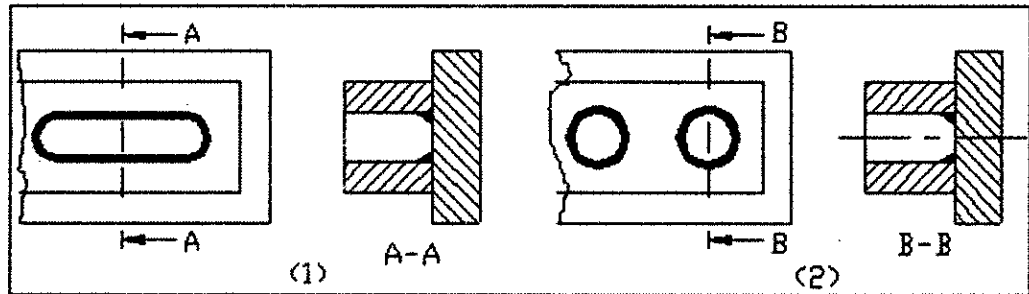
- Ensayo de flexión (plegado), según normas (DIN 50121)
- Ensayo de forja
- Ensayo de dureza
- Ensayo de rotura, sobre material entallado y de rotura por choque.
- Ensayo de fatiga donde se somete a cargas dinámicas la unión soldada, según norma previa ISO 9002.

FIGURA N° 6.6.
UNIÓN DE CANTO Y EN T:



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 6.7.
SOLDADURA DE TAPÓN



Fuente: Elaboración propia.

Bien, entonces, de acuerdo al tipo de unión los materiales a unirse tienen que preparar antes de ser soldados; esto es, pueden ser cortados, biselados, perforados, etc. según sea el tipo elegido para cada caso. En cuanto a esto último no se trata de una elección libre, en muchos de los casos, la selección de un tipo de unión depende del tipo de trabajo y las condiciones del mismo.

Para construcciones especializadas (tanques, recipientes a presión), hay formas que especifican el tipo de unión de acuerdo al espesor de la plancha y posición.

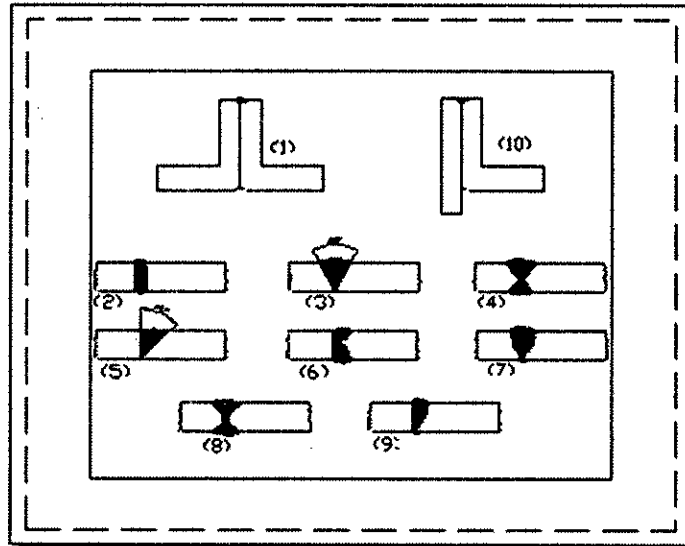
Uniones soldadas a tope.

Según la preparación de las uniones a tope estas pueden:

- j) Por el borde o rebordeada (1)
- k) Cuadradas (2)
- l) En V sencilla con bisel a $60^\circ - 70^\circ$ (3)
- m) En doble V (4)
- n) En bisel simple (6)
- o) En U (7)
- p) En doble U (8)
- q) En J (9)

Como siempre en este tipo de soldadura, se deja un espacio entre las planchas (intersticio de soldadura). Este espacio depende del espesor de la plancha y del tipo de electrodo a usar, generalmente, varía desde 0.5 a 3 mm. De 0.5 a 0.75 para planchas de 2mm, de 1.5 a 3mm para planchas de 5mm., de 2 a 3 para planchas de 10 mm, y 3 para planchas de 20 mm a más.

FIGURA N° 6.8.
PRINCIPALES APLICACIONES DE LA SOLDADURA A TOPE



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 6.1.
ESFUERZOS ADMISIBLES DE LOS ELECTRODOS.

Caso de Carga	Material					
	St33		St37		St52	
	H	HZ	H	HZ	H	HZ
Comprobación simple y compuesta (flexo compresión), cuando sea necesario su comprobación contra pandeo y vuelco según ISO 4114. 2016 Tracción simple y compuesta (flexo tracción), compresión compuesta (flexo compresión), cuando no sea posible una desviación de cordones comprimidos.	1100	1250	1400	1600	2100	2400
Corte ($\tau_{Adm.} = \sigma_{Adm.} / \sqrt{3}$)	1250	1400	1600	1800	2400	2700
	700	800	900	1050	1350	1550

H Suma de cargas principales.
HZ Suma de cargas principales y adicionales

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que las comisuras soldadas representan condiciones menos favorables que el material base sin soldar en el cálculo de las uniones soldadas se habrá de rebajar aún más la tensión admisible. En costuras de filete la tensión admisible de la soldadura, vale aproximadamente 70% de la tensión admisible del material.

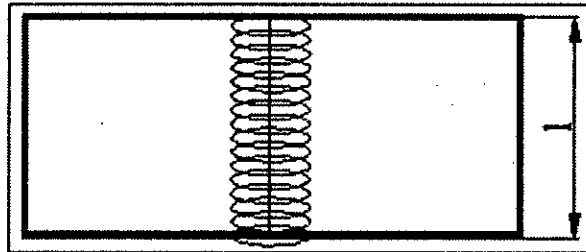
Luego las Tensiones admisibles de las costuras soldadas de acuerdo con las reglas fundamentales

TABLA Nº 6.2.
ESFUERZO Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Tracción			$\sigma_{sol} = \frac{F}{A} \leq \sigma_{adm}$	$\frac{F}{A_s} \leq v \cdot \sigma_{adm}$
Cargas	Pieza	Costura Soldada	$\tau_{sol} = \frac{Q}{A} \leq \tau_{adm}$	$\frac{Q}{A_s} \leq v \cdot \tau_{adm}$
Corte				
Flexión			$\sigma_{sol} = \frac{M_b}{W_b} + \frac{N}{a.l} \leq \sigma_{adm}$	$\frac{M_b}{W_{bs}} \leq v \cdot \sigma_{adm}$
Torsión			$\tau_{sol} = \frac{M_t}{W_t} \leq \tau_{adm}$	$\frac{M_t}{W_{ts}} \leq v \cdot \tau_{adm}$
Cargas combinadas			Según las hipótesis de cargas	$\sigma_{sol} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{2} + 4\tau^2} \leq \sigma_{adm}$ $\sigma_{sol} = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq \sigma_{adm}$

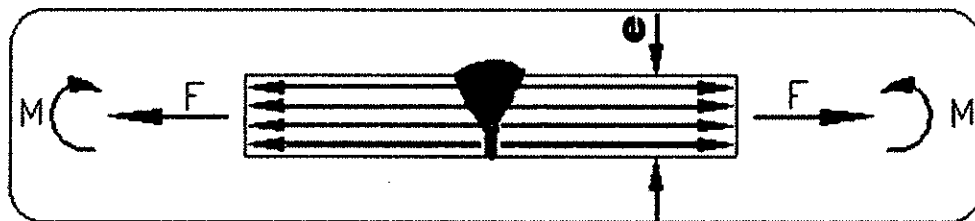
6.2.2. Análisis y tensiones en uniones soldadas.

FIGURA N° 6.9.
COSTURAS A TOPE:



Fuente: Elaboración propia.

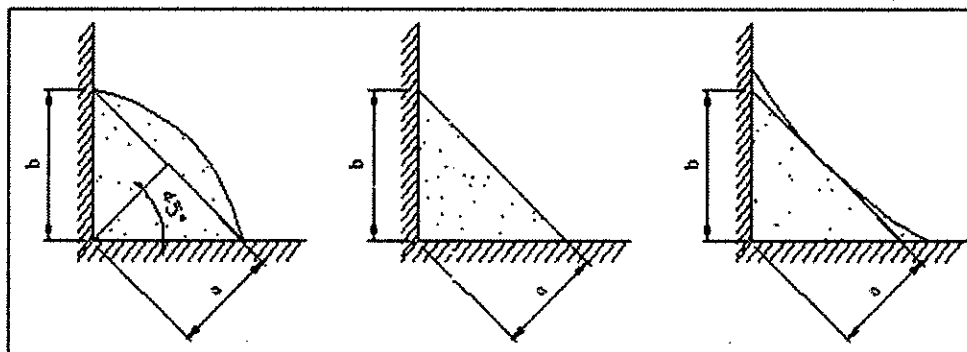
FIGURA N° 6.10.
ESFUERZO DE SOLDADURA A TOPE.



Fuente: Elaboración propia.

Para los tipos de uniones a tope y las diferentes formas de sollicitación de carga se tiene en cuenta el espesor "t o e" de la plancha (la plancha del menor espesor), y la longitud L. A esta longitud L se le debe descontar una longitud 2a por defecto del cráter inicial y final de la unión, donde "a" es la aportación mínima de la soldadura.

FIGURA N° 6.11.
COSTURAS DE FILETE:

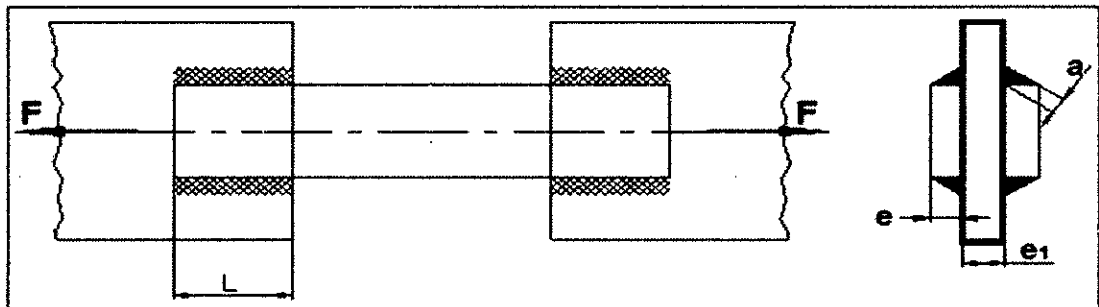


Fuente: Elaboración propia.

En este tipo de costuras, cualquiera que sea su forma y sollicitación de carga, se toma en cuenta la sección en la garganta, y siendo su forma fundamental un triángulo rectángulo de catetos iguales a (b), nominado como soldadura de filete el espesor máximo de la costura será $a = b/2 \cdot \text{sen } 45^\circ = 0,7076 b$.

El espesor de aportación "a" debe tener el menor valor posible siendo el mínimo practicable en elementos de máquinas $a = 3 \text{ mm.}$ y $a = 4 \text{ mm.}$ En estructura metálicas, siendo su valor máximo $a = 0,7 e$ ("e" = espesor de la (plancha menor)).

FIGURA Nº 6.12.
ANÁLISIS DE FUERZAS EN LOS ESPESORES.

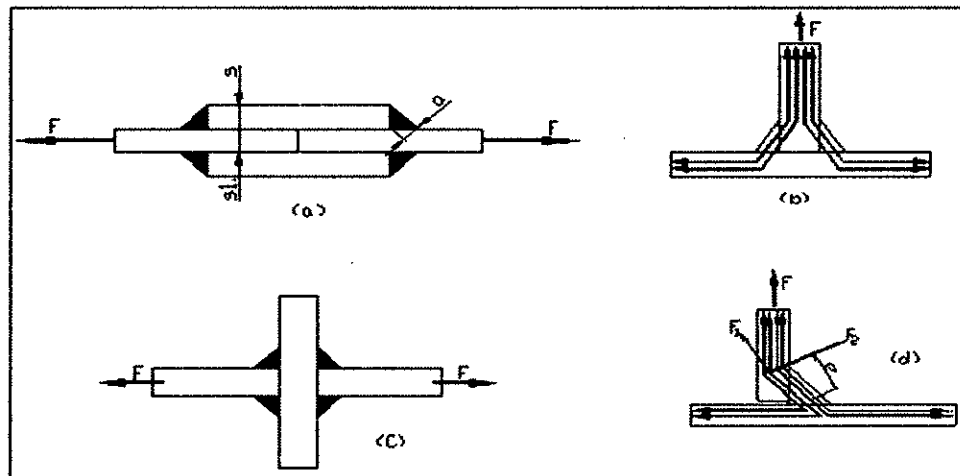


Fuente: Elaboración propia.

La tensión nominal de la soldadura sometida a corte:

$$\tau_s = \frac{F}{\sum L_a} \leq \tau_{Adm}$$

FIGURA Nº 6.13.
SOLDADURA DE FILETES FRONTALES.



Fuente: Elaboración propia.

Esfuerzo admisible: Compresión/tracción.

$$\sigma_s = \frac{F}{a.l}$$

Esfuerzo admisible de la soldadura

$$\sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W_s} + \frac{N_{max}}{a.l} \leq \sigma_{Admi}$$

Donde:

M_{bmax} = momento flector máximo (cm.-Kgf) (lbf-in)

W_s = módulo de resistencia en flexión ($a.l^2/6$) (cm^3)(in^3)

N_{max} = carga máxima al sistema (Kgf) (Kip)

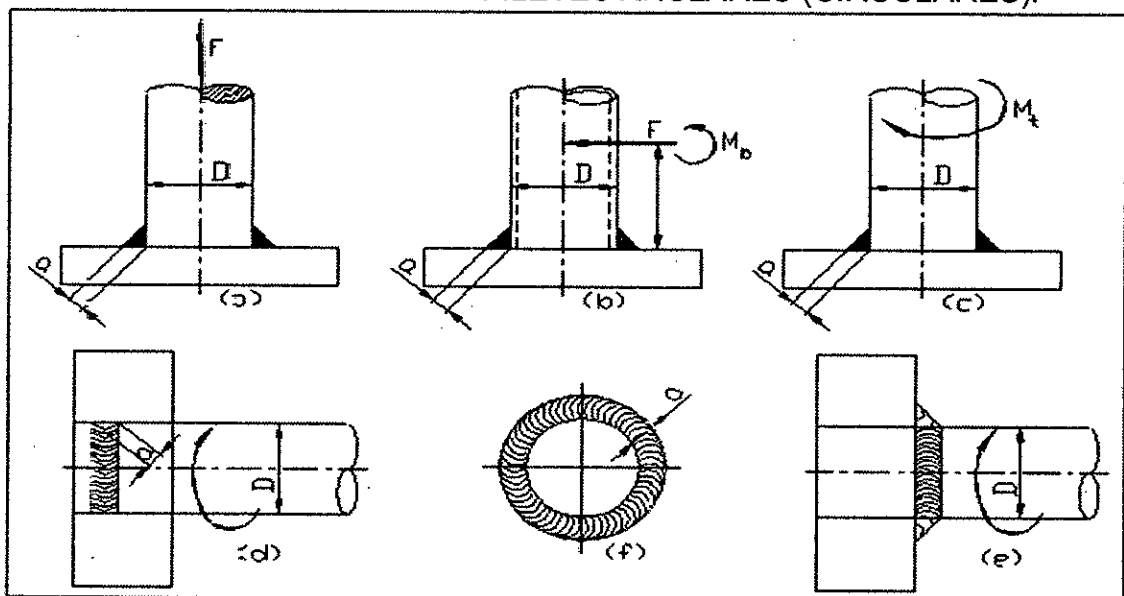
$a.l$ = área de la longitud requerida. (cm^2)(in^2)

$$M_{smax} = N_{max} \cdot e_x \text{ (kgf-cm)}$$

$$(0.707F \cdot C) / (la^2/6)$$

$$\sigma_b = 4.25 * \frac{F \cdot C}{la^2}$$

FIGURA N° 6.14.
CASO DE COSTURAS DE FILETES ANULARES (CIRCULARES):



Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. Nº 6.5. La sección circular sometida a la tensión de tracción.

$$A_s = \frac{\pi \cdot (D + 2a)^2}{4} \times \left[4 - \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \right]$$

6.2.3. Análisis y planteamiento de la soldadura.

La soldadura por arco eléctrico, es de mayor uso en la actualidad, y cuya confiabilidad a la fecha ha alcanzado un enorme desarrollo tecnológico y grandes adelantos en la industria metal mecánica, por ello que existe gran requerimiento.

Se efectúa la soldadura, en la unión de dos o más piezas de la misma calidad y material, por medio de la aplicación localizada del calor, hasta lograrse la fusión del metal en las zonas de contacto, ordinariamente se añade el metal fundido hasta rellenar los espacios que existen. La soldadura desempeña un importante papel en el aumento de la velocidad de fabricación de piezas y del montaje de estas que forman las estructuras.

Los elementos soldados por arco eléctrico, generalmente, son más resistentes y ligeros que las piezas fundidas, lo que representa dos importantes ventajas en las partes móviles de las maquinarias y por tener mayor resistencia a la fatiga.

En una pieza soldada, usualmente es necesario menor mecanizado que los elementos de fundición equivalentes y por demás, queda descontado que los cálculos son más exactos y seguros.

6.2.4. Procesos básicos en soldadura.

Las más usuales uniones de soldadura son:

Unión a tope, es de gran resistencia debido a la magnífica conducción del flujo de fuerzas, dado que dependen del espesor (e) de las piezas a unir, la

preparación de las uniones, son de gran importancia porque la resistencia de la soldadura influencia extraordinariamente en la estética de la pieza que se aporta la soldadura.

unión a solape, tiene las mismas características de funcionalidad que a tope, pero con los achaflanados que se añaden, son de mayor resistencia, por ello que las bocamasas se efectúan por este método de procedimiento.

La preparación de la soldadura en toda su magnitud esta propuesto su normalización por el sistema ISO 9001. La nomenclatura se propone en el apéndice.

Tensiones de trabajo de la soldadura.

La resistencia de las uniones de soldadura, es importante distinguir, la rotura en la sección transversal y resistencia en el empalme, entre el enlace del material y la soldadura, la resistencia depende:

- Del material de las piezas que se sueldan.
- Del procedimiento de la soldadura.
- Del tipo de electrodo.

Asimismo, debe considerarse que las uniones soldadas se le solicitan, una resistencia estática, en las piezas que se unen, deben presentar un alargamiento mínimo y de resistencia suficiente.

La soldadura por su condición misma de trabajo debe asumirse del calculo para las condiciones siguientes:

A tope: esfuerzo de tracción axial máximo (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{F}{e \cdot L} \leq \sigma_{adm}$$

Donde:

F = carga o fuerza máxima (Kgf)

L = longitud a soldar (cm.)

e = espesor de la plancha (cm.)

En los cálculos se consideran al espesor máximo, y que depende del espesor de la plancha.

Aportación máxima de la soldadura:

$$a = e \cdot \cos 45^\circ = 0.707 \cdot e \text{ (mm)}$$

Esfuerzo tensión normal **A Solape.**

$$\sigma_t = \frac{F}{2 \cdot l_o \cdot a_o} \leq \sigma_{adm}$$

La sección de la aportación: **A = 2 · l_o · a_o**

Esfuerzo de Corte o cizallamiento:

$$\tau_t = \frac{F}{A} \leq \tau_{adm} \quad \text{Donde} \quad A = \sum a_o \cdot l_o$$

a_o = aportación mínima de la soldadura (mm)

l_o = longitud nominal de trabajo de la soldadura (mm)

6.2.5. Análisis axiomático en la deposición a soldar

Análisis del tipo de la soldadura.

1. Análisis del peso aparente.

$$P_a = \text{Deposición} \quad * \quad \text{Longitud a soldar} \quad (\text{Lbf}) \quad (\text{Kgf})$$

2. Análisis del Peso Real

$$P_r = \frac{P_a}{\eta} \quad (\text{Kgf; Lbf.})$$

η = rendimiento del electrodo = 65%

3. Intensidad nominal de la corriente.

Ecuación de newton.

$$I_n = \left(K - \frac{d}{10} \right) \cdot (d^2 + 4 \cdot d) \text{ (Amp)}$$

Donde:

K = coeficiente del material (acero 4,1 y acero inoxidable 6,1)

d = diámetro del electrodo (mm)

Tipo de electrodo, se propone por medio de TABLAS.

Intensidad de diseño:

$$I_d = 1.25 \cdot I_n$$

Selección del amperaje de la máquina de soldar.

4. Velocidad de la deposición.

$$V_{dep} = \frac{P}{\text{tiempo}} \quad (\text{Lbf / Hr, Kgf / Hr})$$

5. Cálculo del tiempo hora máquina.

$$T_{HMAQ} = \frac{Pr}{V_{dep}} \quad (\text{Horas})$$

6. Análisis del costo a soldar

Costo del electrodo.

36 varillas de 1/8" = 1Kgf Cellocord punto azul,

Costo = \$ 4/ Kgf

Costo de la mano de obra.

Una varilla 1/8" funde en $T_m = 62\text{seg.}$

Se deberá multiplicar por el factor = 520 T_m (horas)

Costo de mano de obra.

Factores de arteficio:

Soldadura horizontal = 2

Soldadura vertical = 1.65

Soldadura sobre cabeza = 0.95

Costo de mano obra es = \$ 3/hora

$$C_{MO} = C_{\text{costo}} O_{\text{bra}} \cdot TH$$

Costo de los gastos generales.

$$C_{GG} = (2 \text{ a } 3) \cdot \text{salario.}$$

Costo de la Energía Eléctrica.

$$C_{EE} = \left[\frac{I_d * U}{1000 * f_s * \eta} + N \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) \right] * T_m (\text{Kwh})$$

Donde:

I_d = intensidad de corriente de diseño = 1.25. I_n

U = tensión del fluido eléctrico de cambio de corriente alterna a continua.

U = 24votios

f_s = factor de seguridad = 2

η = rendimiento básico del electrodo = 65%

N° = consumo de corriente eléctrica en Kw = 1 corriente alterna a continua.

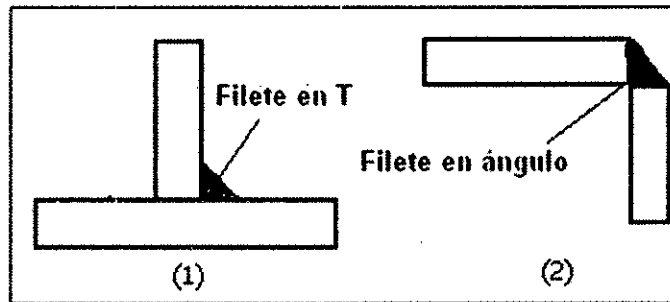
T_m = tiempo total de la soldadura en horas

COSTOS SUGERIDOS	PARCIAL S/.	PORCENTAJE %
Electrodo		
Mano de obra		
Gastos generales		
Consumo de energía		
Costo total	total	100%

Planteamiento y análisis de soldadura.

Debemos hallar los diferentes parámetros de cada soldadura presente, de la soldadura de filete, partiendo el análisis de la simbología de la soldadura utilizada siguiente:

FIGURA N° 6.15.
DISPOSICIONES BÁSICAS DE APORTACIÓN..



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la soldadura de filete en T= 1

Longitud a soldar L = 220mm = 0.722 pie

Deposición de la soldadura de TABLA. Filete

Dep.=0.166*2 = 0.332 (Lbf/ pies)

Peso aparente

$$P_a = 0.332 * 0.722 = 0.24 \text{ Lbf}$$

Peso real

$$Pr = \frac{0.24}{0.65} = 0.415 \text{ Lbf}$$

Longitud a soldar

L = 0.722 pies

Análisis de la soldadura 2

Por las TABLAS

Dep₁.=0.166*4 = 0.664 (Lbf/ pies)

Dep₂.=0.166*8 = 1.328 (Lbf/ pies)

Peso aparente

$$P_{a1} = 0.664 * 0.492 = 0.327 \quad (\text{Lbf})$$

$$P_{a2} = 1.328 * 0.372 = 0.494 \quad (\text{Lbf})$$

Peso real

$$Pr_1 = \frac{0.327}{0.65} = 0.5 \quad (\text{Lbf})$$

$$Pr_2 = \frac{0.494}{0.65} = 0.76 \quad (\text{Lbf})$$

Longitud a soldar

$$L1 = 0.492 \text{ pies}$$

$$L2 = 0.372 \text{ pies}$$

Análisis de la soldadura 3

Por las TABLAS

$$\text{Dep.} = 0.166 * 4 = 0.664 \quad (\text{Lbf/pies})$$

Peso aparente

$$P_a = 0.664 * 2.247 = 1.492 \quad (\text{Lbf})$$

Peso real

$$Pr = \frac{1.492}{0.65} = 2.295 \quad (\text{Lbf})$$

Longitud a soldar

$$L = 2.247 \text{ pies}$$

Análisis de la soldadura 4

Por TABLAS

$$\text{Dep.} = 0.166 * 2 = 0.332 \quad (\text{Lbf / pies})$$

Peso aparente

$$P_a = 0.332 * 0.656 = 0.218 \quad (\text{Lbf})$$

Peso real

$$Pr = \frac{0.218}{0.65} = 0.335 \text{ (Lbf)}$$

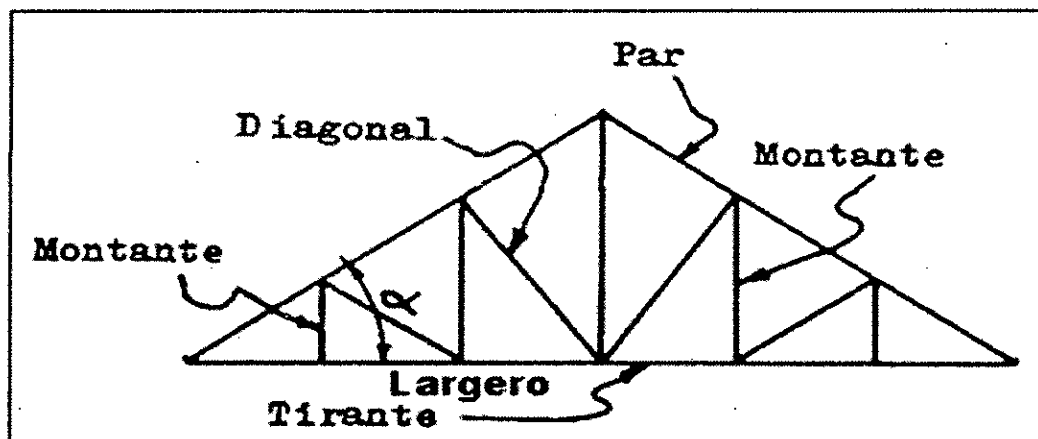
Longitud a soldar

L = 0.656 pies.

6.3. Cerchas estructurales [16].

Las cerchas son la parte principal de las estructuras o cubiertas. Sobre ellas se apoyan las correas y transmiten los esfuerzos de estas, a los soportes (Fig. N° 6.5).

FIGURA N° 6.16.
CERCHA ESTRUCTURAL BÁSICA.



Fuente: Elaboración propia.

Hay muchos tipos diferentes de cerchas, y según SUB triangulaciones así podrán ser para mayor o menor luz. Para el cálculo se empleara el diagrama del **Cremona**, que queda ya explicado la forma de hacerlo en la clase. Para que las cerchas sean estáticamente determinadas, y por lo tanto se puedan calcular por el diagrama, es imprescindible que se cumpla la siguiente fórmula:

$$N \cdot 2 = B + 3$$

N = número de nudos

B = número de barras

Se hace observar nuevamente que con el método del CREMONA, se suponen los nudos articulados aunque en la realidad no es así, ya que están soldados o remachados normalmente. Esto es admisible dado que la longitud y esbeltez

de las barras es lo suficiente para que puedan doblarse según pida la deformación.

Además del grupo de las cerchas del tipo de la figura, hay otras que trabajan unidas con JACENAS para formar la cubierta (cubiertas de diente de sierra). A continuación se pueden ver diferentes tipos de cerchas con Sub cremonas correspondientes (Compresión -; Tracción +).

Flecha

Al armar las cerchas se les da una contra flecha, que sea igual a la luz dividida por 500. A los nudos entre el centro y los apoyos se les da la contra flecha necesaria, para que formen una parábola (ver TABLA). También habrá que darle la contra flecha correspondiente a los nudos del par.

Peso Propio

También en el cálculo de las cerchas hay que tener en cuenta su peso propio, por lo tanto para evitar el tener que hacer dos veces el cálculo se le pondrá un valor aproximado. Este valor es 15Kgff/m² de cubierta, y se sumará a los esfuerzos que transmite las correas en los nudos (Se comprobarán los pesos reales).

Esbeltez

Las barras interiores de las cerchas tendrán una esbeltez no superior a 200. El par podrá llegar a tener una esbeltez de 250.

Presillas

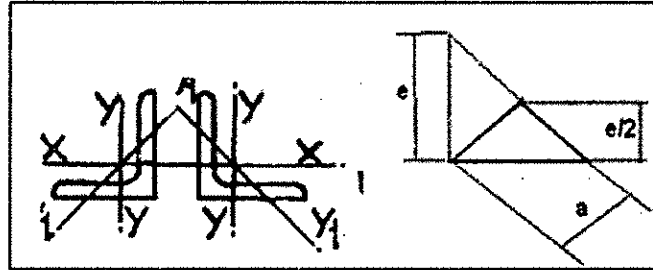
En las barras sometidas a compresión se pondrán presillas repartidas a igual distancia, con una separación igual o menor de 50 veces el radio de giro mínimo de un perfil. A las barras fraccionadas de mucha longitud, se les pondrá también alguna presilla para darles mayor rigidez (una o dos).

Flexión del par

Sobre el par apoyan casi siempre de una a dos correas entre los nudos, por lo cual trabaja también a flexión. Para su cálculo se deberán hallar las tensiones

de trabajo a compresión y a flexión, y se suma no deberá ser superior a la tensión de trabajo admisible.

FIGURA N° 6.17.
SELECCIÓN DEL PERFIL DE ALAS IGUALES.



Aportación maxima de soldadura de filete.

$$a = \frac{e/2}{\text{sen}.45} = 0.707.e$$

a. Relación de esbeltez.

$$\lambda = 200.$$

b. Radio de giro aparente.

$$i_{y-y} = \frac{L_1(\text{cm})}{\lambda}$$

c. Radio de giro real.

Seleccionamos de TABLA:

Tipo de perfil. Sección requerida radio de giro real i_{x-x} .

Selección del coeficiente de pandeo (ω).

$$\lambda = \frac{L_1(\text{cm})}{i_{x-x}}$$

Por TABLA:

Relación de esbeltez	Coeficiente
λ	ω
250	Valor
200	Id.

Verificación del esfuerzo de tensión en el sistema.

$$\tau_t = \frac{P_c * \omega}{A_o} \leq 1200 \text{Kgf / cm}^2$$

Donde:

P_c = carga o fuerza del Cremona. (Kgf)

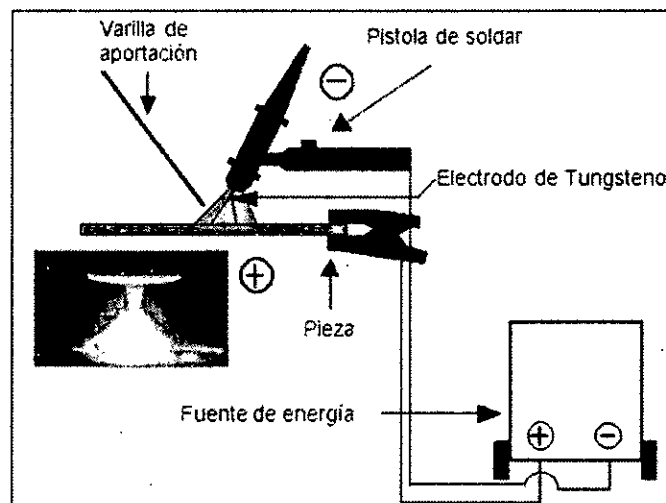
ω = Coeficiente de pandeo.

A_o = área requerida del perfil.

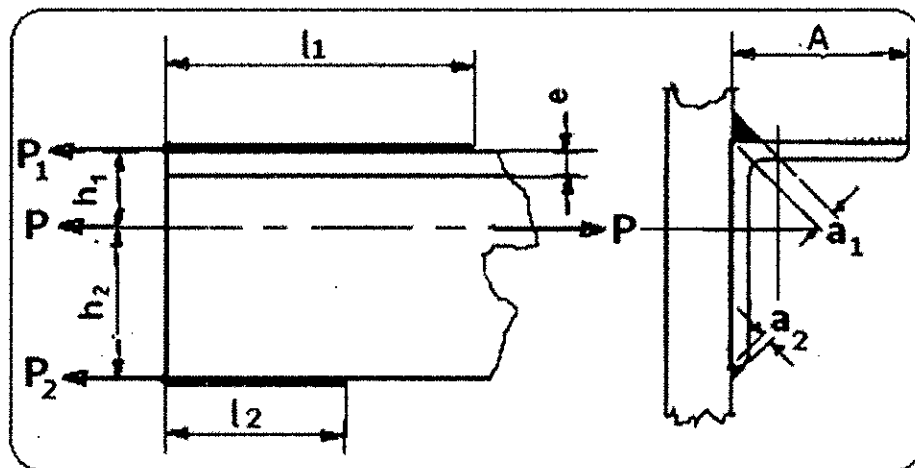
Elementos del perfil.

Tipo de perfil	Área (cm ²)	Radio de giro i_{xx}	Radio de giro i_{yy}
⊥ 35*35*6	5.34	1.04cm	0.68cm
⊥ 70*70*9	23.8	2.10cm	1.36cm

FIGURA N° 6.18.
APLICACIÓN DE SOLDADURA TIG/MAG



Análisis Axiomático de la Soldadura con Perfiles.
Problema 1



En el dibujo mecánico adjunto se muestra un perfil de acero negro de alas desiguales de "A*H*e" en mm, cuya sección requerida es de A_0 (cm²), deberá soldarse a una cartela en un nudo de la estructura metálica de espesor

determinado, de manera tal que, la sección del perfil en Γ puede ser sometido a tracción en su carga o fuerza total.

El material requerido es acero de construcción con un esfuerzo admisible de la soldadura a tracción $\sigma_{soladm} \leq 1200 \text{Kgf/cm}^2$, y el esfuerzo de corte admisible de la soldadura es $\tau_{soladm} \leq 750 \text{Kgf/cm}^2$. De lo sugerido, en cada ala se deberá soldar con la fracción de fuerza que deberá soportar cada cordón de soldadura, así como los cordones de la soldadura requeridos. Se pide determinar:

- 1.- La fuerza o carga de la soldadura en el punto P_1 .
- 2.- La fuerza o carga de la soldadura en el punto P_2 .
- 3.- La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l_1 .
- 4.- La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l_2 .
- 5.- La longitud total de cada cordón de la soldadura L_1 y L_2 .

Planteamiento.

Solución:

Datos:

Perfil de alas desiguales Γ $A \cdot H \cdot e$ mm.

Área requerida $A_o = \text{cm}^2$,

1. La fuerza o carga de la soldadura máxima del punto P.
 $P = A_o \cdot \sigma_{admsol} = P.\text{total Kgf}$

2. Las cargas en la soldadura en el punto P_1 .

$$P_1 = \frac{P \cdot e_2}{e_1 + e_2}$$

3. La fuerza o carga de la soldadura en el punto P_2 .
 $P_2 = P - P_1 = \text{Kgf}$

4. La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l_1 .
Deposición máxima de la soldadura.

$$a = 0.707 \cdot e$$

$$l_1 = \frac{P_1}{a * 0.65 * \sigma_{adm}} \text{ cm}$$

5. La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l_2 .

$$l_2 = \frac{P_2}{a * 0.65 * \sigma_{adm}} \text{ cm}$$

6.- La longitud total de cada cordón de la soldadura L_1 y L_2 .

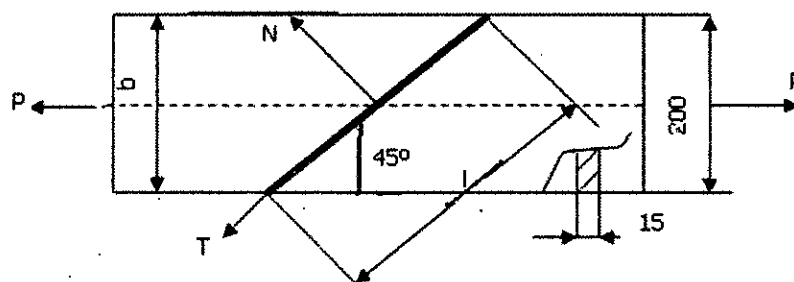
$$L_1 = l_1 + 2*a = \text{cm} = \text{mm}$$

$$L_2 = l_2 + 2*a = \text{mm}$$

Problema 2

En el laboratorio de ingeniería de manufactura se deberá soldar una plancha de acero estructural a tope de 200*15mm como se muestra en la figura adjunta, sometido a una carga de tracción axial, cuyo esfuerzo admisible es 1200 Kgf/cm² y esfuerzo de la soldadura a la cizalladura es 750 Kgf/cm². Para las consideraciones propuestas se pide determinar:

- 1.- La carga o fuerza máxima requerida.
- 2.- La carga de corte de la soldadura requerida.
- 3.- Los parámetros de la fuerza normal y cortante.
- 4.- La longitud del cordón de aportación de la soldadura.
- 5.- La longitud total del cordón de la soldadura.



Planteamiento.

Solución:

- 1.- La carga máxima requerida.

$$\text{Área: } A = 20 * 1.5 \text{ cm}^2$$

$$P = A * \sigma_{soladm} = 20 * 1.5 * 1200 = 36\ 000 \text{ Kgf}$$

$$\sigma_{\text{sol}} = \frac{N}{e \cdot L} = \frac{P \cdot \text{sen}^2 45^\circ}{e \cdot L} = \frac{P}{2 \cdot e \cdot b} \leq 1200 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

Carga permisible:

$$\sigma_{\text{sol}} = \frac{36000}{2 * 1.5 * 20} = 600 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \leq 1200 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

2.- La carga de cizallamiento o corte de la soldadura requerida.

$$\text{Longitud del cordón: } l = \frac{b}{\text{sen}45^\circ} = \frac{20}{\text{sen}45^\circ} = 28.28\text{cm}^2$$

Aportación máxima de soldadura: $a \leq 0.707 \cdot e = 0.707 \cdot 1.5 = 1.06\text{cm}$

$$P_{\text{sol}} = A \cdot \tau_{\text{soladm}} = 1.06 \cdot 28.28 \cdot 750 = 22\,483\text{Kgf.}$$

Verificación:

$$\tau_{\text{sol}} = \frac{T}{a \cdot l} = \frac{P \cdot \cos 45^\circ \cdot \text{sen}.45^\circ}{a \cdot l} = \frac{22483}{2 * 1.06 * 20} = 530 \leq 750 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

3.- Los parámetros de la fuerza normal y cortante.

Fuerza o carga normal $N = P \cdot \text{sen}.45^\circ = 36\,000 \cdot \text{sen}.45^\circ = 24500\text{Kgf}$

Carga cortante $T = P \cdot \cos 45^\circ = 36\,000 \cdot \text{sen}.45^\circ = 24500\text{Kgf.}$

4.- La longitud del cordón de aportación de la soldadura.

Aportación de la soldadura.

$$a_{\text{max}} \leq 0.707 \cdot 1.5 = 1.06\text{cm}$$

$$l = \frac{P}{a * 65\% * \sigma_{\text{Soladm}}} = \frac{22500}{1.06 * 0.65 * 1200} = 27.19\text{cm} = 272\text{mm}$$

5.- La longitud total del cordón de la soldadura.

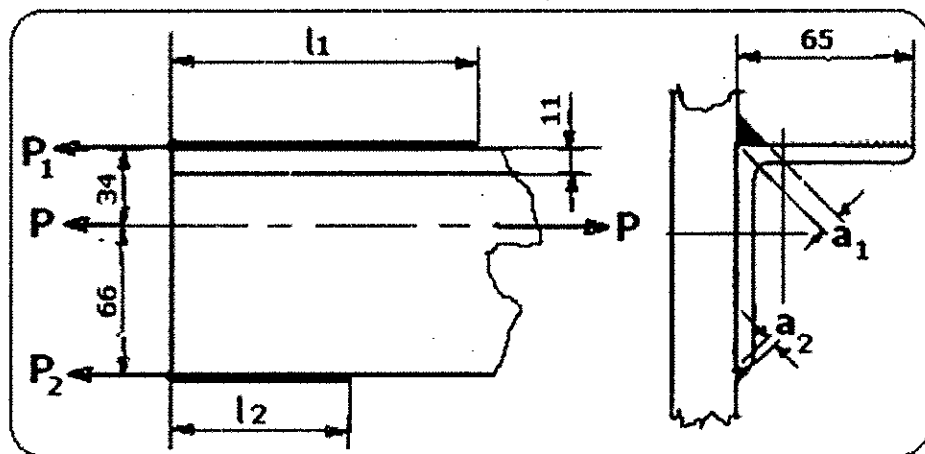
$$L = l + 2 \cdot a = 27.19 + 2 \cdot (1.06) = 29.31\text{cm} = 293\text{mm}$$

Problema 3

En el laboratorio de ingeniería de manufactura se proyecta el dibujo mecánico adjunto que se muestra para un perfil de acero negro de alas desiguales de $\lceil 100*65*11\text{mm}$, cuya sección requerida es de 17cm^2 , deberá soldarse a una cartela en un nudo de la estructura metálica de espesor determinado, de manera tal que, la sección del perfil en \lceil puede ser sometido a tracción en su carga o fuerza total.

El material requerido es acero de construcción con un esfuerzo admisible de la soldadura a tracción $\sigma_{\text{soladm}} \leq 1200\text{Kgf/cm}^2$, y el esfuerzo de corte admisible de la soldadura es $\tau_{\text{soladm}} \leq 750\text{Kgf/cm}^2$. De lo sugerido, en cada ala se deberá soldar con la fracción de fuerza que deberá soportar cada cordón de soldadura, así como los cordones de la soldadura requeridos. Se pide determinar:

- 1.- La fuerza o carga de la soldadura en el punto P_1 .
- 2.- La fuerza o carga de la soldadura en el punto P_2 .
- 3.- La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l_1 .
- 4.- La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l_2 .
- 5.- La longitud total de cada cordón de la soldadura L_1 y L_2 .



Planteamiento.

Solución:

Datos:

Perfil de alas desiguales $\lceil 100*65*11\text{mm}$.

Área requerida $A_o = 17\text{cm}^2$,

1. La fuerza o carga de la soldadura máxima del punto P.

$$P = A_o * \sigma_{admsol} = 17 * 1200 = 20400 \text{Kgf.}$$

2. Las cargas en la soldadura en el punto P₁.

$$P_1 = \frac{P * e_2}{e_1 + e_2} = \frac{20400 * 66}{100} = 13464 \text{Kgf}$$

3. La fuerza o carga de la soldadura en el punto P₂.

$$P_2 = P - P_1 = 20400 - 13464 = 6936 \text{Kgf.}$$

4. La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l₁.
Deposición máxima de la soldadura.

$$a = 0.707 * 1.1 = 0.778 \text{cm}$$

$$l_1 = \frac{P_1}{a * 0.65 * \sigma_{adm}} = \frac{13464}{0.707 * 0.65 * 1200} = 35.55 \text{cm}$$

5. La longitud de trabajo del cordón de la soldadura l₂.

$$l_2 = \frac{P_2}{a * 0.65 * \sigma_{adm}} = \frac{6936}{0.707 * 0.65 * 1200} = 18.31 \text{cm}$$

- 6.- La longitud total de cada cordón de la soldadura L₁ y L₂.

$$L_1 = l_1 + 2 * a = 35.55 + 2 * 0.778 = 37.106 \text{cm} = 371 \text{mm}$$

$$L_2 = l_2 + 2 * a = 18.31 + 2 * 0.778 = 19.866 = 199 \text{mm}$$

Problema 4

En el laboratorio de ingeniería de manufactura del dibujo mecánico que se muestra adjunta es el esquema de un nudo de soldadura para arco eléctrico, el perfil se deberá unir con cordones longitudinales sobre una cartela que deberá acondicionar sobre un perfil en L 100*100*12mm y ubicar una cartela para usar electrodos E-7011. Donde el área requerida es A_o = 50.2cm². Radio de giro real es 3.34cm y carga del cremona es 1200Kgff.

Esfuerzo admisible del material $\sigma_{adm} = 1200 \text{Kgf/cm}^2$

Esfuerzo de la soldadura $\tau_{sol} = 1200 * 0.65 = 780 \text{Kgf/cm}^2$

Rendimiento de la soldadura $\eta = 65\%$.

Aportación de la soldadura mínima es $a = 0.707 * e$.

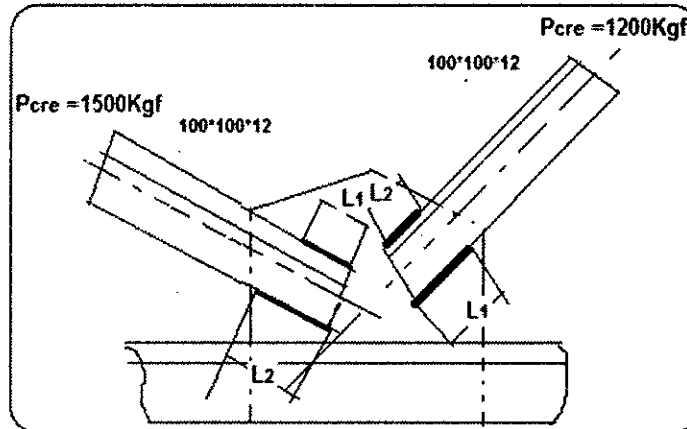
Velocidad de aportación de la soldadura $V_{dep} = 1.136 \text{Kgf/Hora}$.

Coefficiente específico del material $K = 4.1$

Para estas consideraciones, se pide determinar:

1. La carga máxima a soportar de cada perfil.

2. La soldadura longitudinal del extremo derecho del perfil a soldar.
3. La longitud de la soldadura (extremo izquierdo).
4. La longitud de la soldadura total.
5. El tipo de máquina a soldar.



Planteamiento.

Solución:

De TABLA seleccionamos:

Área requerida = $A_o = 50.2\text{cm}^2$

Radio de giro real = 3.34cm

Carga del cremón es 1200Kgf

Esfuerzo admisible del material $\sigma_{adm} = 1200\text{Kgf/cm}^2$

Esfuerzo de la soldadura $\tau_{sol} = 1200 \cdot 0.65 = 780\text{Kgf/cm}^2$

Rendimiento de la soldadura $\eta = 65\% = 0.65$

Aportación de la soldadura $a = 0.707 \cdot e = 0.707 \cdot 1.2 = 0.8484\text{cm}$

1. Longitud de la soldadura (extremo superior):

$$\tau_{sol} = \frac{P_{Cre}}{A_{sol}} = \frac{P_{Cre}}{a \cdot \eta \cdot l_1}$$

$$l_1 = \frac{P_{Cre}}{a \cdot \eta \cdot \tau_{sol}}$$

$$l_1 = \frac{1200}{0.8484 * 0.65 * 780} = 2.789\text{cm}$$

Longitud de la soldadura total:

$$L_1 = l_1 + 2*a = 2.789 + 2(0.8484) = 4.486\text{cm} = 44.86 = 45$$

Longitud de la soldadura (extremo inferior):

$$l_2 = \frac{1500}{0.8484 * 0.65 * 780} = 3.486\text{cm}$$

$$L_2 = l_2 + 2*a = 3.486 + 2(0.8484) = 5.184\text{cm} = 51.84\text{mm}$$

2. Longitud de la soldadura (extremo izquierdo):

$$\tau_{\text{sol}} = \frac{P_{\text{Cre}}}{A_{\text{sol}}} = \frac{P_{\text{Cre}}}{a * \eta * l_1}$$

$$l_2 = \frac{P_{\text{Cre}}}{a * \eta * \tau_{\text{sol}}}$$

$$l_2 = \frac{1500}{0.8484 * 0.65 * 780} = 3.5\text{cm}$$

Longitud de la soldadura total:

$$L_1 = l_1 + 2*a = 3.5 + 2(0.8484) = 5.2\text{cm} = 52\text{mm}$$

Problema 5

En el laboratorio de ingeniería de manufactura nos proporciona las especificaciones del dibujo mecánico para un almacén refrigerado que piden una transferencia máxima de calor, a través de la pared del almacén, de 30000 Joule / hora / metro² de pared cuando exista una diferencia de 30°C entre las superficies interior y exterior del sistema aislante. Los dos materiales aislantes que están en consideración es:

Material aislante	Costo/ Metro³	Conductividad J-mlm²-°C-h
Asbesto	\$ 12.50	140
Poliuretano	\$14.00	110

La ecuación básica para la conducción del calor a través de la pared es:

$$Q = \frac{K \cdot (\Delta T)}{L}$$

Donde:

- Q = transferencia de calor en J/h/m² de pared
- K = conductividad en J - m/m² - °C - h
- Δ T = diferencia de temperatura entre las dos superficies en °C
- L = espesor del material aislante en metros

Se pide determinar:

1. La selección del material aislante en la toma de la decisión profesional.

Planteamiento:

1. La selección del tipo del material aislante en la toma de decisión.

El criterio para seleccionar el material adecuado es minimizar el costo en función del espesor del material aislante.

Espesor requerido del aislante:

Poliuretano $3000 = \frac{140 \cdot (30)}{L}$

$$L = 0.14\text{m}$$

Asbesto $3000 = \frac{10 \cdot (30)}{L}$

$$L = 0.11\text{m}$$

Costo del aislante por metro cuadrado de pared:

Costo unitario = costo / m³ x espesor del aislante en metros

Asbesto = C.U. = 12.50 x 0.14 m = \$ 1.75/m²

Poliuretano = C.U. = 14.00 x 0.11 m = \$ 1.54/m²

La alternativa de menor costo es utilizar el material de poliuretano.

Problema 6

En el laboratorio de ingeniería de manufactura el proceso a soldar TIG o GMAG con varillas de electodos, se propone en dos pasadas en un perfil de alas iguales, el diámetro de la varilla para una primera pasada en la raíz del perfil se elige Cellocord punto azul E6011 igual a 1,2mm de diámetro y el área del metal aportado es At = 0.15cm², donde el peso virtual 15Kgf y para el resto de pasadas se elige un diámetro del electrodo de 2,0mm el área del metal es At = 0.20cm², el factor de seguridad es fs es 2 y el rendimiento del soldador es 65%, el peso específico es 7.8 Kgf/cm³ donde: se pide determinar:

- 1.- La intensidad de corriente eléctrica requerida se propone en:

$$I_s = -67.d_e^2 + 370.d_e - 78 \text{ [A]},$$

El voltaje del arco eléctrico del cambio eléctrico alterna en continuo se aplica:

$$U_a = 15 + 0.005.I_s \text{ [volt]}$$

2.- La velocidad de deposición de la soldadura es:

$$V_s = \frac{100.V_{dep}}{6 * A_t * \rho} \text{ (cm/min)}$$

La velocidad de deposición de la soldadura en el material es:

$$V_{Dep} = 3.10^{-5}.I_s^2 + 10^{-3}.I_s + 0.5 \text{ [Kgf/hora]}$$

3.- Tiempo hora maquina:

$$T_H = \frac{P_R}{V_{Dep}} \text{ (Horas)}$$

4.- Consumo de energía calorífica en el proceso de la aportación a soldar es:

$$C_{ec} = 60.\eta * \frac{U_a * I_s}{V_s} \text{ (J/cm)}$$

5.- El consumo de la energía eléctrica y el costo es:

$$C_E = \left[\frac{I_s * U_a}{1000 * f_s * \eta} + N^o \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) * T_H \right] \text{ Kwh}$$

Planteamiento:

En las consideraciones propuestas se pide determinar los parámetros siguientes:

1. La intensidad del fluido eléctrico en las pasadas.

$$I_s = -67.d_e^2 + 370.d_e - 78 \text{ [A]},$$

$$I_s = -67.1.2^2 + 370.1.2 - 78 \text{ [A]} = -96.48 + 444 - 78 = 269.52 \text{ Amp},$$

2. La velocidad del proceso deposición de la soldadura.

$$V_{Dep} = 3.10^{-5} * 269.52^2 + 10^{-3} * 269.52 + 0.5 \text{ [Kgf/hora]}$$

$$V_{Dep} = 5.374 \text{ (Kgf/hora)}$$

3. El voltaje del arco eléctrico del cambio eléctrico: alterna en continuo se aplica.

$$U_a = 15 + 0.005 \cdot 269.54 = 16.35 \text{ [Volt]}$$

4. La velocidad de deposición de la soldadura es:

$$V_s = \frac{100 \cdot V_{dep}}{6 \cdot A_t \cdot \rho} = \frac{100 \cdot 5.374}{6 \cdot 0.15 \cdot 7.8} = 76.55 \text{ (cm/min)}$$

5. Consumo de energía calorífica en el proceso de la soldadura es:

$$C_{ec} = 60 \cdot \eta \cdot \frac{U_a \cdot I_s}{V_s} = 60 \cdot 0.65 \cdot \frac{16.35 \cdot 269.52}{76.55} = 2245 \text{ J/cm}$$

Calculo del consumo de la potencia eléctrica en el proceso de la soldadura.

El peso real de la soldadura:

$$P_R = \frac{P_a}{\eta} = \frac{10}{0.65} = 15 \text{ kgf}$$

Tiempo hora máquina.

$$T_H = \frac{P_R}{V_{Dep}} = \frac{15}{5.374} = 2.8 \text{ Horas}$$

Calculo de consumo de la potencia eléctrica.

$$C_E = \left[\frac{I_s \cdot U_a}{1000 \cdot f_s \cdot \eta} + N^{\circ} \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) \cdot T_H \right] \text{ Kwh}$$

$$C_{cc} = \left(\frac{269.52 \cdot 16.35}{1000 \cdot 2 \cdot 0.65} + \left(1 - \frac{1}{2} \right) \right) \cdot 2.8 = 10.89 \text{ Kwh}$$

El costo de la potencia eléctrica, sabiéndose que cada Kwh es \$5.

$$C_p = \$5 \cdot 10.89 = \$54.456.$$

V. REFERENCIALES.

- Capello, E. (1989). *Tecnología de la Fundición*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.
- Chiles, V. (1999). *Principios de Ingeniería de Manufactura*. México: Continental S.A.
- Font, M. (2000). *Rendimiento y Valoración en Obra*. Madrid: Dossat.
- Fratschner, O. (1990). *Elementos de Máquinas*. Barcelona: Gustavo Gili S.A.
- Groover, M. (2000). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Nueva York: Printice Hall.
- Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México: Pearson.
- Kraemer, M. (1980). *Máquinas del Taller Mecánico Moderno*. México: Monteso.
- Larbuo, N. (2000). *Máquinas Prontuario*. España: Paraninfo.
- Lawrence, D. (1988). *Materiales y Procesos de Manufactura para Ingenieros*. México: Prentice Hall.
- Marks, L. (2012). *Manual del Ingeniero Mecánico*. México: Hispano Americana.
- Mata Sanchez. (1998). *Tecnología Mecánica: Matricera y Moldes*. Barcelona: Adebé.
- Miano. (2002). *Costos y Presupuestos de Obras en Edificaciones*. Lima: Asesores y Constructores.
- Micheletti, G. (1980). *Tecnología Mecánica: Mecanizado por Arranque de Viruta*. España: Blume.
- Niemann, G. (2000). *Elementos de Máquinas, volumen I, II y III*. España: Labor.
- Nonnast, R. (2000). *El Proyectista de Estructuras Metálicas*. España: Paraninfo.

- Nonnast, R. (2000). *Manual de Contrucciones Metálicas*. España : Paraninfo.
- Nonnast, R. (2000). *Manual de Soldadura Eléctrica*. España: Paraninfo.
- Pereto, L. (1998). *Máquinas Prontuario: Técnicas Máquinas Herramientas*. Lima: Miraflores.
- Sánchez Valverde, V. (2004). *Prontuario de Ingeniería Mecánica*. Lima: UNAC.
- Straneo, S., & Consorti, R. (1995). *El Dibujo Técnico Mecánico*. México: Hispano Americana.
- Vidondo, T. (1999). *Tecnología Mecánica. Matricera y Moldes*. España: Bruno.

VI. APÉNDICES:

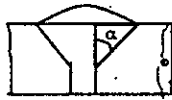
Análisis de la deposición de una junta básica.

Las TABLAS que a continuación se proponen han sido desarrollados íntegramente por el suscrito en la industria: Prometal S.A, Factoría Alianza S.A. SIDERPERÚ. Y la Universidad Nacional del Callao: Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía en la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y los cursos de Ingeniería de Manufactura II y Dibujo Mecánico II. APC.

TABLA 1. DEPOSICIÓN DE LA SOLDADURA: SECCIÓN TRIANGULAR

Espesor plancha (mm)	ANGULO α :				
	30°	40°	50°	60°	70°
4	0.034	0.046	0.059	0.073	0.088
5	0.053	0.071	0.092	0.113	0.137
6	0.076	0.103	0.132	0.163	0.198
7	0.103	0.140	0.179	0.222	0.269
8	0.135	0.183	0.234	0.290	0.352
9	0.170	0.231	0.297	0.367	0.445
10	0.210	0.286	0.366	0.453	0.550
11	0.255	0.346	0.443	0.548	0.665
12	0.303	0.411	0.527	0.653	0.792
13	0.355	0.483	0.619	0.766	0.929
14	0.412	0.560	0.717	0.888	1.077
15	0.473	0.643	0.824	1.020	1.237
16	0.538	0.731	0.937	1.160	1.407
17	0.608	0.826	1.058	1.310	1.589
18	0.682	0.926	1.186	1.468	1.781
19	0.759	1.031	1.321	1.636	1.984
20	0.841	1.143	1.464	1.813	2.199
22	1.018	1.383	1.772	2.194	2.660
24	1.212	1.648	2.108	2.611	3.166
26	1.422	1.931	2.475	3.064	3.716
28	1.649	2.240	2.870	3.553	4.309
30	1.893	2.571	3.294	4.079	4.947
35	2.577	3.500	4.484	5.552	6.733
40	3.368	4.571	5.857	7.252	8.795
45	4.259	5.785	7.413	9.178	11.131
50	5.259	7.143	9.151	11.330	13.742

KGF/M



En el presente "Texto: Ingeniería de la soldadura", además de analizar los factores técnicos que influyen en los costos de la soldadura, se ha desarrollado un método seguro y directo para realizar los cálculos de los costos en las juntas o uniones más comunes que se usan actualmente.

Como aporte final se dan ejemplos prácticos de los usos de las tablas, para cada t

"t" (mm)	ANGULO α			
	10°	20°	30°	40°
4	0.011	0.022	0.105	0.126
5	0.017	0.035	0.165	0.196
6	0.025	0.050	0.237	0.283
7	0.034	0.068	0.323	0.385
8	0.044	0.089	0.422	0.502
9	0.056	0.112	0.534	0.636
10	0.069	0.138	0.659	0.785
11	0.083	0.167	0.797	0.950
12	0.099	0.199	0.949	1.130
13	0.116	0.234	1.113	1.327
14	0.135	0.271	1.291	1.539
15	0.155	0.311	1.482	1.766
16	0.176	0.354	1.686	2.010
17	0.198	0.400	1.904	2.269
18	0.223	0.448	2.134	2.543
19	0.248	0.449	2.378	2.834
20	0.275	0.554	2.635	3.140
22	0.332	0.670	3.188	3.799
24	0.369	0.797	3.794	4.522
26	0.464	0.936	4.453	5.507
28	0.538	1.085	5.164	6.154
30	0.618	1.246	5.928	7.065
35	0.841	1.696	8.069	9.616
40	1.099	2.215	10.539	12.560
45	1.391	2.803	13.339	15.896
50	1.719	3.460	16.467	19.625

TABLA 2. Soldadura a tope.

ESPESOR PLANCHA (mm)	Separacion a tope "W" (mm)						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
4	0.031	0.047	0.067	0.079	0.094	0.126	0.157
5	0.039	0.059	0.079	0.098	0.118	0.157	0.196
6	0.047	0.071	0.094	0.118	0.141	0.188	0.236
7	0.055	0.082	0.110	0.137	0.165	0.220	0.275
8	0.063	0.094	0.126	0.157	0.188	0.251	0.314
9	0.071	0.106	0.141	0.177	0.212	0.283	0.353
10	0.079	0.118	0.157	0.196	0.236	0.314	0.393
11	0.086	0.130	0.173	0.216	0.259	0.345	0.432
12	0.094	0.141	0.188	0.236	0.283	0.377	0.471
13	0.102	0.153	0.204	0.255	0.306	0.408	0.510
14	0.110	0.165	0.220	0.275	0.330	0.440	0.550
15	0.118	0.177	0.236	0.294	0.353	0.471	0.589
16	0.126	0.188	0.251	0.314	0.377	0.502	0.628
17	0.133	0.200	0.267	0.334	0.400	0.534	0.667
18	0.141	0.212	0.283	0.353	0.424	0.565	0.707
19	0.149	0.224	0.298	0.373	0.448	0.597	0.746
20	0.157	0.236	0.314	0.393	0.471	0.628	0.785
22	0.173	0.259	0.343	0.432	0.518	0.687	0.864
24	0.188	0.286	0.377	0.471	0.565	0.754	0.942
26	0.204	0.306	0.408	0.510	0.612	0.816	1.021
28	0.220	0.330	0.440	0.550	0.659	0.879	1.099
30	0.236	0.353	0.471	0.589	0.707	0.942	1.178
35	0.275	0.412	0.550	0.687	0.824	1.099	1.374
40	0.314	0.471	0.628	0.785	0.942	1.256	1.570
45	0.353	0.530	0.707	0.883	1.060	1.413	1.766
50	0.394	0.589	0.785	0.981	1.178	1.570	1.963

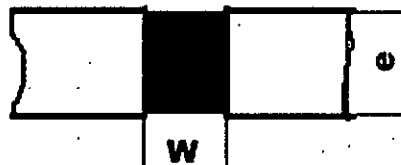


TABLA 3 Soldadura de costura angular

Plan- cha "e" mm	ANCHO DE COSTURA "b" DISTINTO ANGULO α						
	JUNTA A TOPE EN "V" "Y" "X"						
	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
4	3	3	4	5	6	7	8
5	3	4	5	6	7	9	10
6	4	5	6	7	9	10	12
7	4	5	7	8	10	12	14
8	5	6	8	10	12	14	16
9	5	7	9	11	13	15	18
10	6	8	10	12	14	17	20
11	6	8	11	13	16	19	22
12	7	9	12	14	17	20	24
13	7	10	13	15	18	22	26
14	8	11	13	16	20	24	28
15	8	12	14	18	21	26	30
16	9	13	15	19	23	27	32
17	9	13	16	20	24	29	34
18	10	14	17	21	26	31	36
19	11	15	18	22	27	32	38
20	11	16	18	23	28	34	40
22	12	17	21	26	31	37	44
24	13	18	23	28	34	41	48
26	14	19	25	30	37	44	52
28	15	21	27	33	40	47	56
30	17	23	28	35	42	51	60
35	19	25	33	41	49	59	70
40	22	27	38	47	56	67	80
45	24	28	42	52	63	76	90
50	27	33	47	58	70	84	100

b': ancho sin costura
a: plancha a tope

TABLA 4. Refuerzo de la soldadura

ANCHO DE COSTURA b (mm)	ALTURA "h" (mm)						
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
4	0.020	0,030	0.042	0.050	0.063	0.073	0.084
5	0.026	0.039	0.052	0.065	0.079	0.092	0.105
6	0.031	0.047	0.062	0.078	0.094	0.100	0.126
7	0.037	0.056	0.074	0.093	0.110	0.128	0.147
8	0.042	0.063	0.084	0.105	0.126	0.147	0.168
9	0.047	0.071	0.094	0.118	0.141	0.165	0.188
10	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.209
11	0.058	0.087	0.116	0.145	0.173	0.202	0.230
12	0.063	0.095	0.126	0.158	0.188	0.220	0.251
13	0.068	0.102	0.136	0.170	0.204	0.230	0.272
14	0.073	0.110	0.146	0.183	0.220	0.238	0.293
15	0.079	0.119	0.158	0.198	0.236	0.256	0.314
16	0.084	0.126	0.168	0.210	0.251	0.275	0.355
17	0.089	0.134	0.178	0.223	0.267	0.293	0.356
18	0.094	0.141	0.188	0.235	0.283	0.311	0.377
19	0.099	0.149	0.198	0.248	0.298	0.330	0.398
20	0.104	0.156	0.208	0.260	0.314	0.348	0.419
22	0.115	0.173	0.230	0.288	0.345	0.366	0.461
24	0.126	0.189	0.252	0.315	0.377	0.403	0.502
26	0.136	0.204	0.272	0.340	0.408	0.440	0.544
28	0.147	0.221	0.294	0.368	0.440	0.472	0.586
30	0.157	0.236	0.314	0.393	0.471	0.513	0.628
32	0.168	0.252	0.336	0.420	0.502	0.550	0.670
34	0.178	0.267	0.356	0.445	0.534	0.586	0.712
36	0.188	0.282	0.396	0.470	0.565	0.623	0.754
38	0.199	0.299	0.398	0.498	0.597	0.659	0.796

El diagrama ilustra un refuerzo de soldadura en forma de arco. El ancho del refuerzo se denota como 'b' y su altura máxima como 'h'. El arco se eleva sobre una línea horizontal que representa la superficie de la junta.

Porcentaje adicional de la soldadura

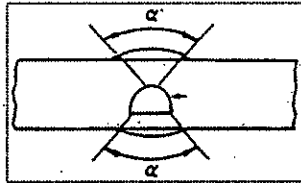


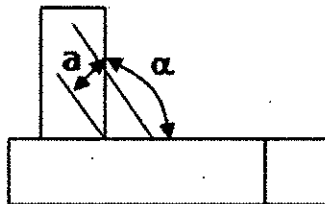
TABLA 5 Deposición angular de la soldadura

FORMA COSTURA	ESPESOR PARED (mm)	ÁNGULO DE ABERTURA DE LA JUNTA α				
		50°	60°	70°	80°	90°
PARA JUNTA EN "Y" / "V"	6-11	32	27	22	19	15
	12-16	24	19	16	14	11
	17-20	21	18	15	12	10
	21-30	18	14	12	10	8
PARA JUNTA EN "X"	20	26	21	17	14	12
	30	17	14	12	10	8
	40	15	12	10	8	7
	60	10	8	6		
	90	7	5.5	4.5		

TABLA 6 Peso de junta en filete (Kgf/m)

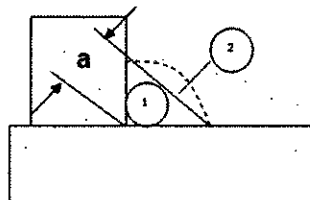
"a" aportación mm	ÁNGULO		
	60°	90°	120°
2	0.018	0.031	0.054
2.5	0.028	0.049	0.085
3	0.041	0.071	0.122
3.5	0.056	0.096	0.127
4	0.073	0.126	0.218
4.5	0.092	0.159	0.275
5	0.113	0.196	0.340
5.5	0.137	0.237	0.411
6	0.163	0.283	0.489
6.5	0.191	0.332	0.574
7	0.222	0.385	0.666
7.5	0.255	0.442	0.765
8	0.290	0.502	0.870
8.5	0.327	0.567	0.982
9	0.367	0.636	1.101
9.5	0.409	0.708	1.227
10	0.453	0.758	1.360
11	0.548	0.950	1.645
12	0.653	0.130	1.958

13	0.766	1.327	2.298
14	0.888	1.536	2.665
15	1.020	1.766	3.059
16	1.160	2.010	3.481
17	1.310	2.269	3.929
18	1.458	2.543	4.405
19	1.636	2.834	4.908
20	1.813	3.140	5.439
21	2.194	3.799	6.581



Junta en filete (garganta A= 12mm)

Refuerzo de la deposición: h = 2mm



- 1) Cálculo de la deposición de la sección triangular
De la TABLA 8 (12mm/90°) $Dep_{\Delta} = 1.130 \text{ Kgf/m}$
- 2) Determinación del ancho de la costura
De la TABLA 3a (a: 12mm/90°) $Dep_{\Omega} = 24\text{mm} = 0.116 \text{ Kgf/m}$
- 3) Cálculo del peso parcial de la sobre-elevación del cordón a h = 2m
H = 2mm
De la TABLA (a: 12mm/2mm). $Dep_{\Omega} = 0.116 \text{ Kgf/m}$

Sumatoria de la deposición = 1.130 + 0.116 = 1.246 Kgf/m

TABLA 7 Deposition del material con varillas de electrodos

ELECTRODOS OERLIKON	ϕ	PESO APORTADO POR VARILLA (gr)	N° VARILLAS POR Kgf	METAL APORTADO POR 1 Kgf DE VARILLAS	PORCEN TAJE %
CELLOCORD AP	3.15	14.40	39	551	55%
	4.0	22.20	25	555	
	5.0	35.00	16	560	
OVERCORD	3.15	17.42	38	662	66%
	4.0	27.40	24	657	
	5.0	42.00	15.5	651	
OVERCORD S	3.15	18.80	29	545	54%
	4.0	30.20	18	543	
	5.0	41.54	13	540	
SUPERCITO	3.15	23.10	29	670	66%
	4.0	36.30	18	653	
	5.0	57.40	11.5	660	
FERROCITO 24	3.15	34.40	22	756	75%
	4.0	56.00	13.5	756	
	5.0	83.33	9	750	
INOX AW ELC	3.15	21.25	27	574	57%
INOX BW ELEC..	3.15	21.85	27	590	59%
INOX 29/9	3.15	21.65	29.5	639	64%
CITOCROMI3	4.0	35.00	18.5	648	65%
CITOMANGAN	4.0	34.33			
CITODUR 6000	4.0	30.60	18.5	566	56%
CITODUR 1000	4.0	47.50	14	655	65%

TABLA 8. Tiempos de fusión de los electrodos.

TIPO DE ELECTRODO ϕ (mm)	AMP Min	T seg.	Amp. Max	T seg.	Amp opt.	T seg
Cellocord AP 3.175	90	72	120	58	110	62
Cellocord AP 4.0	110	86	140	72	130	77
Cellocord AP 5.0	140	100	200	76	180	84
Overvord 3.175	90	103	130	57	120	68
Overvord 4.0	140	74	180	57	160	64
Overvord 5.0	180	100	240	66	210	78
Overvord S 3.175	100	84	140	59	130	63
Overvord S 4.0	140	85	180	67	170	71
Overvord S 5.0	190	92	240	87	220	82
Supercito 3.175	100	84	140	62	130	65
Supercito 4.0	140	85	190	75	175	80
Supercito 5.0	190	106	250	87	230	92
Ferrocito 24 3.15	140	77	180	55	160	61
Ferrocito 24 4.0	180	87	230	65	210	70
Ferrocito 24 5.0	260	102	310	76	290	84
Inox AW 3.175	70	95	120	55	110	59
Inox BW 3.175	70	96	125	53	110	57
Inox 29/9 3.175	80	95	120	48	110	51
Citochrom134 4.0	85	93	125	52	110	53
Citomangan 4.0	140	99	175	86	170	90
Citodur 600 4.0	140	93	170	90	160	88
Citodur 1000 4.0	170	144	200	120	190	129

TABLA 9 Cantidad de varillas por kilo de electrodos

Electrodo: ϕ mm	1.6	2.5	3.175	4.0	5.0	6.3
PRODUCTO						
Cellocord AP	80	74	39	25	16	8
Overcord M	69	66	36	23	15	
Overcord		68	38	24	15.5	
Ovecord S		56	29	18		
Ferrocito 24			22	13.5	9	
Ferrocito 27			20	13	8	4
Supercito		49	29	18	11.5	6
Tenacito 80			30	19		
Tenacito 110			30	19.5	13	
Ferrocord U		67	36	23		
Citofonte		60	32	21		
Superfonte		67	35.5	22	14.5	
Chamfercord			30	18.5	12	
Citodur 359			33	21	13.5	
Citodur 600			29	18.5	12	6
Citodur 1000			22.5	14	9	4.5
Exadur 43			18	12		
Inox AW Elc	67.5	52	27	18	11.5	
Inox BW Elc	68	52	27	18	11.5	
Inox 309 Mo		64	33.5	20.5		
Inox 29/9		56	29.5	20	14	
Inox CW	68	53	26	19	14	
Citochrom 134		57	29	18.5	12	
Citobronce			37.5	23.5	14.5	
Citobronce Al			37			

TABLA 10. Valores prácticos para el factor de la soldadura

Tipo de trabajo	Factor del tiempo de soldadura
- Recipientes, solo costuras longitudinales	2.0
- Recipientes con tubos, bridas	
- Caja de máquinas. Individual	2.4
- Caja de máquina. En serie	3.3
- Chasis de carro, viga de perfil	1.8
- Vigas de alma llena	3.3
- Estructuras elevadas, soldadura de taller	2.5
- Viga armada de al llena	
- Casco de buque y recipientes grandes – costuras planas	3.3 1.7
- Cascos de buque y recipientes grandes – costuras vertical	1.8
- Casco de buque y recipiente grande costura sobrecabeza	2.0
- Soldadura en el área de costuras cortas, incluye apuntalado.	2.6
	4.0

VI. ANEXOS.

Consideraciones técnicas y económicas de la soldadura.

En toda actividad relacionada con la soldadura, siempre la evaluación de los costos es un tema complejo de analizar, básicamente por la influencia de una gran variedad de parámetros, así como por la falta de información para efectuar indicados cálculos, pero el suscrito propone las TABLAS genuinas y elaboradas por concepción de la propia experiencia indicada a la fecha.

El factor del tiempo de soldadura es la cifra, con la cual debe multiplicarse el tiempo puro de fusión a fin de obtener el tiempo total de la soldadura.

Análisis del consumo del fluido eléctrico.

$$C_{Cl} = \left(\frac{I_d \cdot U_t}{1000 \cdot S_f \cdot \eta} + N^\circ \cdot \left(1 - \frac{1}{S_f} \right) \right) T_{HM}$$

C_{Cl} : Consumo de corriente eléctrica en Kwh

I_d : Intensidad de corriente (Amp. Opt).....TABLA propuesta.

U_t : Tensión del arco de corriente alterna en trabajo (V) :

Celulósicos 24v

Rutilicos 26v

Hierro en polvo 30v

Bajo Hidrógeno 25v

S_f : Factor de la soldadura

η : Rendimiento de la fuente en Kw

Rectificador : 0.65 a 0.7

Transformador: 0.8

N° : Consumo de Corriente en Kw.

Rectificador: 1.0

Transformador: 0.3

T_{HM} : Tiempo hora maquina total de la soldadura (horas)

(Tiempo puro de soldeo por factor de tiempo de soldadura)

Análisis de Costos.

Problema 1

En el laboratorio de ingeniería de manufactura se requiere aplicar la soldadura al espesor de la plancha: 20mm

Abertura a tope (w): 2mm

Refuerzo de la soldadura (h): 2mm

Angulo de biselado: 60°

Sumatoria de la deposición: $\Sigma Dep = 2.818 \text{ Kgf/m}$

Raíz : 0.430 Kgf

Relleno : 2.388 Kgf

Pase de raíz : Cellocord AP 3.15mm

Relleno/ Acabado : Supercito 4.0mm

Cálculo de Costos: Costo del Electrodo

Costo mano de obra u gastos generales

Costo de energía

Máquina de soldar: Rectificador

Pase raíz: Celulósico

Pase acabado: Básico

Calculo del N° de Varillas para Pase de Raíz y Relleno

Peso de material depositado (P_{MD})..... Raíz : 0.430 Kgf P_{MD}

(de ejemplo N° 1) Acabado: 2.388 Kgf P_{MD}

Raíz (usando Cellocord) AP 3.175)

P_{MD} para raíz = 0.430 Kgf -PMB

Rendimiento (TABLA N° 9) 0.55 Kgf-PMB/1Kgf de Varillas

= 0.78 Kgf de varillas Cellocord AP 3.175mm

De TABLA 11(N° de varillas/Kgf de electrodos):

1Kgf de Cellocord AP 3.175mm39 varillas

N° de varillas de Cellocord AP = 0.78 x 39 = 30 varillas

Relleno y acabado (Usando supercito 4.0mm)

$$\frac{\text{PMD para relleno}}{\text{Rendimiento}} = \frac{2.388\text{Kgf. PMD}}{0.66\text{Kgf} - \frac{\text{PMB}}{1\text{Kgf}} \text{ de varillas}}$$

Peso = 3.62 Kgf de varillas Supercito 4.0mm

De TABLA N° 11 (N° de varillas/Kgf de electrodo):

1 Kgf de supercito 4.0mm18 varillas

N° de varillas de supercito = 3.62 x 18 = 65.16 varillas

Calculo de Costos.

1. Calculo del costo de los electrodos

Raíz: 39 varillas Cellocord AP 3.175mm (1Kgf).....1.65.

$$C_s = \frac{30.42 \text{ varillas} * 1.65}{39 \text{ varillas}} = 1.287 \text{ soles}$$

Acabado: 18 varillas supercito 4.0mm (1Kgf)1.72

$$C_s = \frac{65.16 \text{ varillas} * 1.72}{18 \text{ varillas}} = 65.226 \text{ soles}$$

Total = 1.287 + 6.226 = 7.513 soles

2. Calculo del costo de la mano de obra

Cellocord AP 3.15 (Tiempo de fusión: TABLA N° 10)

1 varilla de Cellocord AP 3.175mm funde en 62seg.

30.423 62seg. = 1,886seg. (0.52 horas)

Supercito de 4.0 (TABLA 10)

1 Varilla de supercito 4.0mm funde en 80seg.

65.16 x 80seg = 5,212seg. (1.45 horas)

Total = 0.52 + 1.45 = 1.97 horas

De TABLA N° 12 (Factor de tiempo).

Para costuras planas:

1.97 horas * 2 = 3.94 horas

Costos de la mano de obra: 1\$/hora (200/mes)

1\$ hora * 3.94 horas = 3.94\$

3. Calculo de gastos generales

GG = (2 a 3 veces) x salario

GG = 2x 3.94\$ = 7.88\$

4. Calculo del costo de energía.

$$C_E = \left[\frac{I_s * U_a}{1000 * f_s * \eta} + N^0 \left[1 - \frac{1}{f_s} \right] \right] * T_{HM} Kwh$$

Para soldadura: Cellocord 3.175mm

$$C_E = \left[\frac{175 * 25}{1000 * 2 * 0.65} + 1 * \left(1 - \frac{1}{2} \right) \right] * 2.9 = 4.81 Kwh$$

CE = 4.81Kwh

Para supercito 4.0mm.

$$C_E = \left[\frac{186 * 30}{1000 * 2.5 * 0.65} + 0.6 \right] * 2.9 = 11.698 Kwh$$

CE = 11.698Kwh

Total : 4.81 + 11.698 = 16.5 Kwh

Costo 1kwh = \$0.10/kw-h

Costo: 16.5 Kwh x \$0.10/Kwh = \$1.65.

Costos	Parciales	%
Electrodos	7.513	35.80
Mano obra	3.940	18.77
Gast. Gener	7.880	37.55
Energía	1.650	7.86
Total	20.983	100.0

Costos de la soldadura básica: Estimación y control

Los elementos del costo de un producto son los materiales, la labor técnica y sobre todo los que dirigen los costos; porque la cantidad de arriba establecidos varía de industria a industria. El método de distribuir sobre el sistema también algunos varían. Los materiales sólo soldando como las acometidas del relleno, los gases, y flujos son considerados en los capítulos, y sólo soldando la labor es específicamente la dirección. Esta información en

base al costo del metal cuesta así mientras está formando, encajando, y otro la metalurgia que se incluyó.

La guía en la soldadura va siempre en vías de desarrollo, el costo de las normas para satisfacer cada empresa individual también es más grande la información proporcionada ya que ayudará en el desarrollo de las normas de producción estándar. Las normas de la producción pueden usarse a continuación:

1. Estimación de los costos de la soldadura.
2. Manejar la planificación de la productividad.
3. Prever del personal, inventario, y requisitos de equipo
4. Justificación del nuevo equipo.
5. Analizar la ejecución del trabajo.
6. Manejo de programas de reducción del costo.
7. Preparar los programas de incentivos.

Costos en la soldadura.

Estimación del material y la soldadura

La base fundamental de cualquier estimación del costo es la cantidad de material y los funcionamientos necesarios realizar la tarea requerida.

Pueden estimarse las horas hombre requeridas del resumen exacto de materiales y una lista de los funcionamientos requerido en cada pieza. Muchos fabricantes desarrollan las prácticas industriales normales para que las concesiones obreras puedan determinarse directamente de los requisitos materiales.

Cuando la estimación material ha preparado y se asignan un procedimiento de la soldadura y la configuración son asignadas a cada soldadura, el peso de metal depositado por el pie de soldadura puede estimarse de las TABLAS como aquellos mostrados en las TABLAS 8.1 a través de 8.8. Los datos en las TABLAS es para acero, pero estos datos pueden usarse para determinar el peso de cualquier depósito de metal. La ecuación es como sigue:

$$W = p.D.V$$

Donde

W = El peso del metal depositado en cuestión lb/ft (Kgf/m)

ρ = La densidad del metal depositado. lb/in.³(gf/mm³)

DV=El volumen del metal depositado, in.³ / ft(mm³ / mm) desde la TABLA 8.1.

La densidad de algunos metales comunes y aleaciones se muestran en la TABLA y del peso de metal depositado es la información fundamental necesitada al determinar todos los costos de la soldadura. El proceso de la soldadura y el procedimiento de la soldadura afectan la cantidad de metal del relleno, el llenado, gas, y labor exigieron fabricar cada soldadura. Todas estas cantidades se derivan del peso de metal depositado.

Al determinar las cantidades de gas de metal de relleno o llenado y labora del metal depositado, el estimado necesita el relleno del metal depositado en proporción, la eficacia de la deposición, y el factor del operador.

La proporción de la deposición es el peso de metal de la soldadura depositado por la unidad de tiempo. La deposición típica tasa por soldar acero con varios electrodo consumible procesa como una función de soldar la corriente se muestra en la figura 8.1

Requisitos del metal de relleno estimando.

La cantidad de metal del relleno requerida depende de la eficacia de la deposición así como el metal depositado.

El peso requerido de metal del relleno para cada soldadura es como sigue:

$$F_M = 100 \frac{(D_W) * (L)}{D_E}$$

Donde:

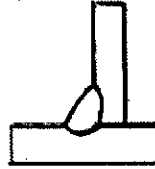
FM = Peso del metal aportado en Kgf

DW= Deposito del metal lb/ft (Kgf/m)

L = Longitud de la soldadura, ft (m)

DE = Eficiencia de la deposición, %

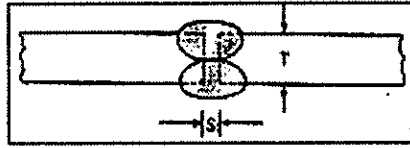
TABLA 1
Volumen y peso de la soldadura de filete



		METAL APORTADO			
SOLDADURA DE ANGULO EN CATEG.		VOLUMEN		PESO	
in	mm	in^3 / ft	mm^3 / mm	lb/ft	Kgf/m
3/16	5	0.34	18.2	0.10	0.15
1/4	6	0.43	21.1	0.12	0.18
5/16	8	0.68	36.6	0.19	0.28
3/8	10	0.96	51.2	0.27	0.40
7/16	11	1.3	69.9	0.36	0.54
1/2	13	1.7	91.4	0.48	0.71
5/8	16	2.5	13.4	0.71	1.06
3/4	19	3.6	19.4	1.0	1.5
7/8	22	5.0	26.9	1.4	2.1
1	25	6.4	34.4	1.8	2.9

TABLA 8.2

El volumen y peso de juntas de extremo de cuadrado-ranura en acero, soldó ambos lados

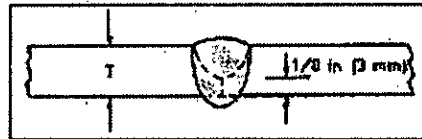


DIMENSION EN CONJUNTO				METAL DEPOSITADO			
T		S		VOLUMEN		PESO	
				<i>in³ / ft</i>	<i>mm³ / mm</i>	<i>lb/ft</i>	<i>Kgf/m</i>
in	mm	in	mm				
1/8	3	0	0	0.43	23.1	0.12	0.18
		1/32	1	0.46	24.7	0.13	0.19
3/16	5	1/32	1	0.71	38.2	0.20	0.29
		1/16	2	0.79	42.5	0.22	0.33
1/4	6	1/16	2	0.93	50.0	0.26	0.39
		3/32	2	1.0	53.8	0.29	0.43

Acotado del conjunto		Metal depositado			
T		VOLUMEN		PESO	
		<i>mm³ / mm</i>	<i>in³ / ft</i>	<i>lb/ft</i>	<i>Kgf/m</i>
in	mm				
5/8	16	3.0	160	0.86	1.3
3/4	19	3.9	210	1.1	1.6
1	25	6.0	320	1.7	2.5

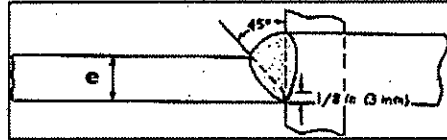
1-1/4	32	8.5	460	2.4	3.6
1-1/2	38	11.5	620	3.3	4.9
1-3/4	44	14.9	800	4.2	6.2
2	50	18.8	1000	5.3	7.9
2-1/4	57	23.0	1240	6.5	9.7
2-1/4	64	27.8	1500	7.9	11.8
3	75	38.5	2070	10.9	16.2

TABLA 8.6
El volumen y peso de juntas de extremo de solo-U-ranura en acero



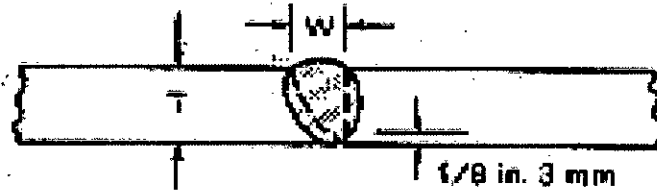
DIMENSION EN CONJUNTO		METAL DEPOSITADO			
T		VOLUMEN		PESO	
in	mm	in^3 / ft	mm^3 / mm	lb/ft	Kgf/m
1/2	13	3.0	160	0.84	1.3
5/8	16	3.9	210	1.1	1.6
3/4	19	5.4	290	1.5	2.2
1	25	7.9	420	2.2	3.3
1-1/4	32	10.7	580	3.0	4.5
1-1/2	38	13.9	750	3.9	5.8
1-3/4	44	17.1	910	4.8	7.1
2	50	20.0	1070	6.0	8.3
2-1/4	57	25.4	1370	7.1	10.6
2-1/2	64	30.0	1610	8.4	12.5
2-3/4	70	34.6	1860	9.7	14.4
3	75	40.0	2150	11.2	16.6
3-1/2	89	51.1	2750	14.3	21.2
4	100	63.9	3450	17.9	26.6

TABLA 8.7
El volumen y peso de juntas de ranura de solo-ángulo oblicuo



DIMENSION EN CONJUNTO		METAL DEPOSITADO			
T		VOLUMEN		PESO	
in	mm	<i>in³ / ft</i>	<i>mm³ / mm</i>	lb/ft	Kgf/m
1/4	6	0.21	11.3	0.06	0.09
5/16	8	0.39	21.0	0.11	0.16
3/8	10	0.61	32.8	0.17	0.25
1/2	13	1.2	64.5	0.34	0.51
5/8	16	2.0	108	0.56	0.83
3/4	19	3.0	160	0.84	1.25
1	25	5.7	310	1.6	2.4

TABLA 8.8
El volumen y peso de juntas de ranura



DIMENSION EN CONJUNTO		METAL DEPOSITADO			
T		VOLUMEN		PESO	
in	mm	in^3 / ft	mm^3 / mm	lb/ft	Kgf/m
1	25	5.7	310	1.6	2.4
1-1/4	32	7.9	420	2.2	3.3
1-1/2	38	10.4	560	2.9	4.3
1-3/4	44	13.2	710	3.7	5.5
2	50	15.7	840	4.4	6.5
2-1/4	57	18.6	1000	5.2	7.7
2-1/2	64	22.1	1190	6.2	9.2
2-3/4	70	25.7	1380	7.2	10.7
3	75	29.6	1590	8.3	12.4
3-1/2	89	38.2	2050	10.7	15.9
4	100	47.5	2550	13.3	19.8

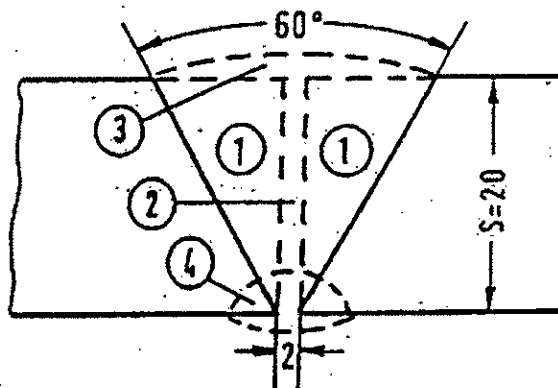
Problema 1

Junta angular "V" 60°

Espesor de plancha (e): 20mm

Deposición de Apertura (a): 2mm

Deposición de refuerzo (h): 2mm



1) Análisis del peso parcial del material aportado en la sección triangular sin rendija.

De TABLA 1 (20mm/60°) $Dep_{\nabla} = 1.813 * 2 = 3.626 \text{Kgf/m}$

2) Análisis del peso parcial de la sección rectangular (a tope).

De la TABLA 2 (20mm/2mm) $Dep_{\parallel} = 0.314 \text{Kgf/m}$

3) Análisis del refuerzo de la soldadura.

De la TABLA 3A (2mm/60°) : $Dep_{\square} = 0.261 \text{Kgf/m}$

Análisis del refuerzo de la soldadura $h = 2\text{mm}$ y $a = 25\text{mm}$.

De la TABLA 3 (25mm/mm) 0.261Kgf/m

Sumatoria de deposición de la soldadura

$3.626 + 0.314 + 0.261 = 2,388 \text{Kgf/m}$

4) Análisis de la deposición de la soldadura de refuerzo inferior:

De la TABLA 4 junta en "V" 60°/20mm 18%

(18% del peso de la junta)

$18\% (2,388 \text{Kgf/m}) Dep_{\square} = 0.430 \text{Kgf/m}$

Deposición total de la soldadura: $2,388 + 0.430 = 2,818 \text{Kgf/m}$

Peso aparente de la soldadura.

$PA = \text{Sumatoria deposición} * \text{longitud a soldar}$

$PA = \Sigma Dep * LT = 2.818 * 3\text{m} = 8.454 \text{Kgf}$

Peso real de la soldadura.

$PR = \frac{PA}{\eta} = \frac{8.454}{0.65} = 13 \text{Kgf}$

Intensidad nominal de la corriente.

$$I_n = \left(K - \frac{d}{10} \right) (d^2 + 4 \cdot d)$$

$$I_n = \left(4 \cdot 1 - \frac{3.175}{10} \right) (.175^2 + 4 \cdot 3.175) = 86A$$

Intensidad de diseño

$$I_d = 1.25 \cdot I_n = 1.25 \cdot 86 = 108A$$

Tiempo hora maquina

$$T_{hm} = \frac{PR}{V_{dep}} = \frac{13}{1.136} = 11.44 \text{ horas}$$

Calculo del costo de la energía

$$C_E = \left[\frac{I_s \cdot U_a}{1000 \cdot f_s \cdot \eta} + N^{\circ} \left(1 - \frac{1}{f_s} \right) \right] \cdot T_H \text{Kwh}$$

Para Cellocord = 3.175mm

$$C_E = \left[\frac{108 \cdot 25}{1000 \cdot 2 \cdot 0.65} + 1 \left(1 - \frac{1}{2} \right) \right] \cdot 11.44 = 7.473 \text{Kwh}$$

$$C_E = \left[\frac{108 \cdot 25}{1000 \cdot 2 \cdot 0.65} + 1 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \right) \right] \cdot 11.44 = 7.473 \text{ Kwh}^*$$

Costo = 1Kwh = \$0.10/kw-h

7.473 Kwh x \$0.10/Kwh = \$0.747

Para supercito 4.0mm

$$C_E = \left[\frac{175 \cdot 25}{1000 \cdot 2 \cdot 0.65} + 1 \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \right) \right] \cdot 11.44 = 44.22 \text{ Kwh}$$

Total : 4.81 + 4.81 = 9.62 kwh .

Costo 1kwh = \$0.10/kw-h

44.22 Kwh x \$0.10/Kwh = \$4.422