



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN
DISPOSITIVO DE SOLDADURA POR
RESISTENCIA PARA FINES DIDACTICOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO
P R E S E N T A:
JOSE ROBERTO MENDIETA ZUÑIGA

DIRECTOR DE TESIS:
M.I. UBALDO EDUARDO MARQUEZ AMADOR

MÉXICO D.F.,

DICIEMBRE 2004





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme dado la oportunidad de finalizar la carrera de Ingeniería y por todo el apoyo que siempre me brindó.

A la facultad de Ingeniería y a todos los profesores, por haberme transmitido sus conocimientos durante mi estancia en ella.

Al M.I. Ubaldo Márquez por haberme transmitido sus conocimientos durante el desarrollo del presente trabajo. Con admiración y respeto, este trabajo es también de usted.

Al laboratorio de Manufactura Avanzada por haberme dado la oportunidad de resguardar el presente trabajo.

A las siguientes compañías que siempre me han brindado la oportunidad de aprender y desarrollar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería:

British Federal de México S.A. de C.V. y
DaimlerChrysler de México S.A. de C.V.

J. Roberto Mendieta Z.

Gracias a mi madre por su amor, paciencia y esfuerzo en el transcurso de toda mi vida.
Por su desempeño y fortaleza de seguir siempre adelante.
Te quiero mucho y te admiro madre.

A mis hermanos Reyna y José por la motivación y apoyo incondicional que siempre
me han brindado, para lograr mis metas.

Gracias a mis hermanos por su apoyo en mi desempeño como estudiante.

A Citlali por su amor y paciencia en el desarrollo del presente trabajo y en mi desempeño
profesional.

A mis amigos: José Estrada, Ramón González, Jorge L. García,
Guadalupe Castro, Thalía Hernández y Dolores Aguilar
por el apoyo y el haber estado conmigo
durante todo este tiempo.

Antecedentes.....	4
Introducción.....	6
Procesos de Manufactura.....	9
CAPITULO 1	
Soldadura por Resistencia.....	10
1.1 Principios básicos de soldadura por resistencia.....	12
1.2 Soldadura de puntos.....	15
CAPITULO 2	
Tipos de máquinas para soldadura por punto.....	19
2.1 Máquinas fijas estacionarias de pedestal.....	20
2.2 Pinzas de soldadura portátiles	23
2.2.1 Pinzas de soldadura con transformador integrado.....	23
2.2.2 Pinzas de soldadura con transformador suspendido.....	25
2.3 Máquinas de multipunto.....	27
CAPITULO 3	
Defectos de Soldadura por resistencia.....	30
3.1 Incompleta unión de penetración.....	33
3.2 Expulsión de material sobre las láminas.....	35
3.3 Impresión demasiado grande del electrodo.....	36
3.4 Material quemado sobre superficies.....	37
3.5 Pérdida de material en la superficie del punto de soldadura.....	38
3.6 Punto demasiado pequeño e incorrecto tamaño de soldadura.....	39
3.7 Apariencia de la superficie.....	41
3.8 Discontinuidades internas.....	43
3.9 Excesiva separación en láminas.....	44
3.10 Manteniendo la consistencia de la calidad de la soldadura por resistencia.....	45
CAPITULO 4	
Proceso de Cedulación.....	47
4.1 Tamaño de punta del electrodo.....	48
4.2 Presión de soldadura.....	54
4.3 Tiempo de soldadura en ciclos.....	54

4.4 Derivaciones del transformador.....	56
4.5 Porcentaje de calor.....	58
4.6 Tiempo de acercamiento.....	58
4.7 Correcta alineación de electrodos.....	59
4.8 Corriente de soldadura.....	61
4.9 Derivaciones de corriente.....	61
CAPITULO 5	
Selección de cables.....	62
5.1 Terminales de cables bipolares.....	67
5.1 Terminales de cables unipolares enfriados por agua.....	69
5.2 Terminales de cables unipolares enfriados por aire.....	71
CAPITULO 6	
Resistencias.....	72
CAPITULO 7	
Diseño y construcción de un dispositivo para soldadura por resistencia.....	76
7.1 Diseño del dispositivo.....	77
7.2 Elementos de dispositivo.....	78
7.2.1 Elementos de la parte mecánica.....	79
7.2.1.1 Circuito secundario.....	79
7.2.1.2 Circuito hidráulico.....	96
7.2.1.3 Construcción de la mesa de trabajo.....	98
7.2.2 Elementos de la parte neumática.....	104
7.2.2.1 Cilindro de soldadura.....	104
7.2.2.2 Válvulas de retracción y soldadura.....	108
7.2.2.3 Charola neumática.....	108
7.2.2.4 Circuito neumático.....	108
7.2.3 Elementos de la parte de control y potencia.....	112
7.2.3.1 Control de soldadura.....	112
7.2.3.2 Transformador de soldadura.....	113
7.3 Descripción de los elementos del dispositivo.....	118
7.4 Descripción del funcionamiento del dispositivo.....	120
7.5 Parámetros de Cedulación.....	122
7.6 Pruebas con material.....	124
7.6.1 Programa 1.....	125
7.6.2 Programa 2.....	126
7.7 Descripción del proceso de soldadura por resistencia.....	127
7.8 Manual de operación.....	132
7.9 Mantenimiento preventivo.....	133

7.10 Verificación de fallas.....	135
CAPITULO 8	
Control de soldadura.....	136
8.1 Generalidades del control de soldadura.....	137
CONCLUSIONES.....	139
GLOSARIO.....	141
ANEXOS.....	144
BIBLIOGRAFIA.....	145

ANTECEDENTES

El proceso de soldadura se considera relativamente nuevo sin embargo, sus orígenes se remontan a épocas antiguas. Aproximadamente en el año 1000 a.C., donde los egipcios y otros pueblos en el área oriental del Mediterráneo aprendieron a obtener la soldadura por forja. Como una alternativa natural de la forja térmica, la utilizaron para fabricar armas, herramientas y otros implementos. Los arqueólogos han recuperado artículos de bronce soldados por la forja de las pirámides de Egipto. Desde estos comienzos hasta la edad media, el comercio de soldadura por forja llevó el arte de la soldadura por martilleo a un alto nivel de madurez. En India y Europa se han encontrado objetos soldados de hierro y otros metales que datan de esos tiempos.

No fue hasta el siglo XIX que se establecieron las bases tecnológicas de la soldadura moderna. Durante este periodo se hicieron dos descubrimientos importantes, ambos atribuidos al científico Sir Humphrey Davy: 1) el arco eléctrico y 2) el gas acetileno.

Alrededor de 1801, Davy observó que podía generarse un arco eléctrico entre dos electrodos de carbono. Sin embargo, fue hasta mediados del siglo XIX, cuando inventó el generador eléctrico, y hasta esta fecha hubo la corriente eléctrica suficiente para sostener una soldadura con arco eléctrico. Fue el ruso Nikolai Benardos, preparando un laboratorio en Francia, quién logró una serie de patentes para el proceso de soldadura con electrodo de carbono (una en Inglaterra y otra en Estados Unidos en 1887). Al terminar el siglo pasado, la soldadura con electrodo de carbono se había convertido en un proceso comercial muy difundido para unir metales.

Los inventos de Bernardos parecen haberse limitado a la soldadura con electrodo de carbono. En 1892, un estadounidense llamado Charles Coffin obtuvo una patente en Estados Unidos para desarrollar un proceso de soldadura con arco eléctrico, utilizando un electrodo de metal. La característica singular fue que el electrodo agregó relleno de metal a la unión soldada (el proceso de soldadura con arco eléctrico de carbono no depositaba un material de aporte). Después se desarrolló la idea de recubrir el electrodo de metal (para proteger el proceso de soldadura de la atmósfera), y después de 1900 se hicieron mejoras al proceso de soldadura con arco eléctrico metálico en Inglaterra y Suecia.

En 1885 y 1900, E. Thompson descubrió varias formas de soldadura por resistencia. Estas incluyen la soldadura de puntos y la soldadura de engargolada, dos métodos de unión que en la actualidad se usan mucho en el proceso de láminas de metal.

Aunque Davy descubrió el gas acetileno al principio del siglo XIX, la soldadura con oxígeno y gas combustible requirió el invento posterior de sopletes para combinar el acetileno y el oxígeno, alrededor de 1900.

Durante la década que inició en 1890, se mezclaron el hidrógeno y el gas natural con el oxígeno para soldadura, pero la flama obtenida con el oxiacetileno obtuvo temperaturas significativamente más altas.

Estos tres procesos de soldadura que constituyen por mucho, la mayoría de las operaciones de soldadura que se realizan en la actualidad que son:

- 1.- Soldadura con arco eléctrico.
- 2.- Soldadura por resistencia.
- 3.- Soldadura con oxígeno y gas combustible

Para este trabajo, nos enfocaremos a la soldadura por resistencia, ya que como se ha comentado, es una de las soldaduras que tiene una importancia considerable en la industria.

Este proceso, la mayoría de la gente ha escuchado hablar de el, sin embargo, la soldadura por resistencia involucra varios parámetros, los cuales desconocemos ya que en la mayoría de los artículos donde se utiliza, el producto ya está terminado y lo único que se distingue es el punto de soldadura que deja después del proceso.

En este trabajo, se describirá con mayor detalle el proceso de soldadura por resistencia, así como los detalles y todos los parámetros que están directamente e indirectamente relacionados con el proceso.

INTRODUCCIÓN

La soldadura es un proceso de ensamble para materiales en el que interviene como elemento fundamental la fusión, ya sea:

- De los propios materiales a soldar, sin intervención de un tercer componente: SOLDADURA AUTOGENA.
- De un componente auxiliar que, al fundirse, hace la unión entre las piezas a soldar: SOLDADURA HETEROGENEA.

El camino para conseguir la fusión, es de muy diversos tipos: soplete, arco eléctrico, fricción y van surgiendo nuevos procedimientos tales como: láser, bombardeo electrónico, entre otros.

La soldadura por RESISTENCIA es un procedimiento de soldadura AUTOGENA que utiliza como fuente de calentamiento la ELECTRICIDAD.

La antigüedad del proceso data del año 1877 en el que, casi por casualidad, durante experimentos que se estaban realizando en el Instituto Franklin, dos extremos de bobina quedaron soldados al paso de la corriente eléctrica, dando los inicios del proceso. Sin embargo posteriormente en 1888 se empezó a usar el proceso de forma industrial en la fijación de asas y mangos de cacerolas. Hacia los años 1915 - 1920, la construcción de carrocerías de automóvil en lámina de acero dio un importante impulso a este tipo de soldadura, sin embargo en ese momento no se contaba con la infraestructura que fuera capaz de desarrollar el proceso en uso masivo como: líneas de distribución de energía insuficientes, la electrónica estaba en sus inicios, etc.

Fue durante la segunda guerra mundial cuando el avance fue espectacular fundamentalmente en Estados Unidos de América: vehículos, armamento y aviación. Como ejemplo, en la aviación el número de puntos soldados sobrepasó en un 30% a los remaches.

Actualmente, el uso masivo de máquinas de soldar por resistencia en la industria automotriz. Una planta de fabricación de coches tiene centenares de máquinas de soldar por resistencia.

En los últimos 20 años se ha producido en la industria automotriz un fenómeno que también se ve reflejado en otros productos: *el número de puntos soldados se va reduciendo*. Como ejemplo: el Renault 12 tenía aproximadamente 11000 puntos de soldadura; el Renault 21 tiene aproximadamente 6500 puntos, esto es debido a dos factores fundamentales:

- El diseño de los componentes que, aprovechando las actuales posibilidades de troquelado permiten obtener piezas unitarias que anteriormente constaban de varios componentes. Se reducen los ensambles.

- La evolución de la electrónica ha permitido con sus posibilidades de auto-corrección, control, etc. garantizar la calidad de los puntos de soldadura.

De esta forma, se dan los puntos necesarios, bien soldados, sin tener que recurrir a colocar otros como precaución.

Ocurre que, paralelamente se ha producido una evolución positiva y selectiva en la soldadura: anteriormente, una máquina de soldar era una “máquina que suelda”.

Actualmente, una máquina de soldar va rodeada de un periférico (a veces más importante que el propio módulo de soldadura) o integrada a un sistema que realiza diversas operaciones y además suelda.

El presente trabajo de Tesis lleva como fin básico, el diseño y construcción de un dispositivo de soldadura por resistencia para punto con fines didácticos, así como el procedimiento que se debe de realizar, cuando se requiere utilizar esta aplicación.

La información proporcionada en el presente trabajo, es utilizada por personas que están involucradas en la producción de soldadura por resistencia, o necesiten tener mayor conocimiento para eliminar e identificar los problemas que se puedan originar, sin embargo también puede ser de gran ayuda para personas que requieran familiarizarse con los conceptos del proceso, y aprender de una forma real como se realiza la soldadura por resistencia en la industrial metalmecánica.

La soldadura por resistencia es un proceso viejo sin embargo con la nueva tecnología que se sea desarrollado se hace un proceso de gran interés y versatilidad ya que se pueden corregir y/o controlar los parámetros involucrados.

Los temas que a continuación se expondrán, proporcionarán un amplio conocimiento y entendimiento de la soldadura por resistencia, partiendo de conceptos básicos, hasta la creación del dispositivo de soldadura así como las recomendaciones que se deben tener para utilizar este proceso.

OBJETIVO

Desarrollar un dispositivo capaz de ayudar al entendimiento del proceso de soldadura por resistencia para punto, con la demostración de los parámetros de soldadura que toman un papel importante en el proceso de soldadura que actualmente se encuentra en la industria metalmecánica, así como la realización de prácticas para el mayor entendimiento.

Objetivos particulares

- 1.- El dispositivo permitirá el entendimiento de la soldadura por resistencia de una forma real, la cual actualmente se encuentra utilizando en la industria metalmecánica.
- 2.- Realizar el estudio de probetas (Weld Cuppons) para verificar que el punto de soldadura sea el correcto, en la elaboración de los ensambles.
- 3.- Realizar el reporte correspondiente, después de los datos obtenidos por el estudio de pruebas destructivas.
- 4.- Hacer los ajustes necesarios en caso de requerirse, después de realizadas las pruebas destructivas.
- 5.- Reportar las modificaciones de los parámetros que están alterando la soldadura por resistencia y realizar el último ajuste para que la soldadura sea la correcta.

PROCESOS DE MANUFACTURA

“Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos tipos básicos los cuales son:

- Operaciones de proceso.
- Operaciones de ensamble.

Una *operación de proceso* transforma un material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto.

Una *operación de ensamble* une dos o más componentes para crear una nueva entidad llamada ensamble, sub-ensamble o cualquier otra manera que se refiera al proceso de unir”.¹

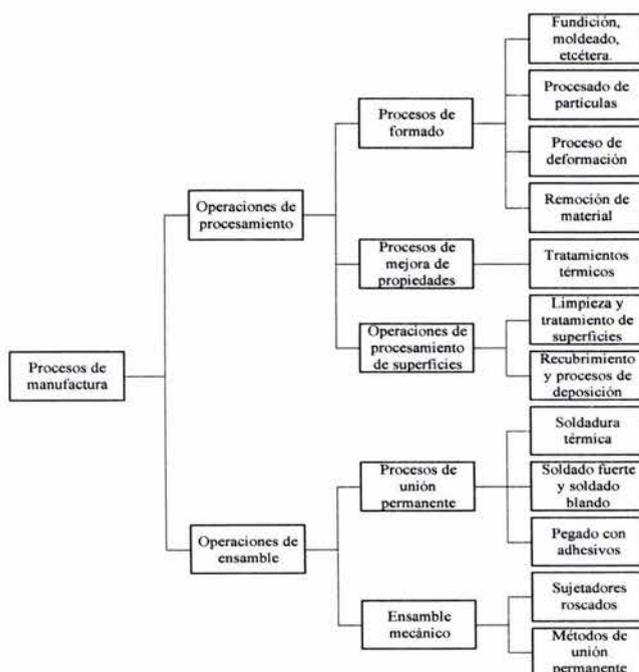


Figura 1.0 Clasificación de procesos de manufactura

En los procesos de manufactura arriba descritos, se considero el proceso de soldadura por resistencia, el cuál será de nuestro interés para el desarrollo del presente trabajo.

¹ Mikell P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna. 1997. p. 12

CAPITULO I
SOLDADURA POR RESISTENCIA

CAPITULO I

SOLDADURA POR RESISTENCIA

El proceso de soldadura por resistencia, esta dentro de un grupo de procesos de soldadura por fusión que utiliza una combinación de calor y presión para obtener una unión en los materiales a soldar, el calor es generado mediante una resistencia eléctrica dirigida hacia el flujo de corriente en la unión que se va a soldar. Los principales componentes en la soldadura por resistencia por punto, se muestran en la Figura 1.0.1, proceso de uso más difundido en el grupo en los diferentes tipos de soldadura por resistencia. Los componentes incluyen las partes de trabajo que se van a soldar (láminas metálicas), dos electrodos opuestos, un medio para aplicar presión destinada a presionar las partes metálicas entre los electrodos, un transformador de corriente alterna desde el cual se aplica una corriente controlada y un control de soldadura para ajustar los valores del proceso, el conjunto de estos elementos se muestra en la Figura 1.1.1. La operación produce una fusión entre las dos partes metálicas, denominada “punto de soldadura” ó “nugget” para soldadura de puntos.

“En comparación con la soldadura de arco eléctrico, la soldadura por resistencia no usa gases protectores, fundentes o metal de aporte y los electrodos que conducen la corriente eléctrica para el proceso no son consumibles. La soldadura por resistencia se clasifica como un proceso de soldadura por fusión por que el calor aplicado provoca la fusión de las superficies empalmadas”²

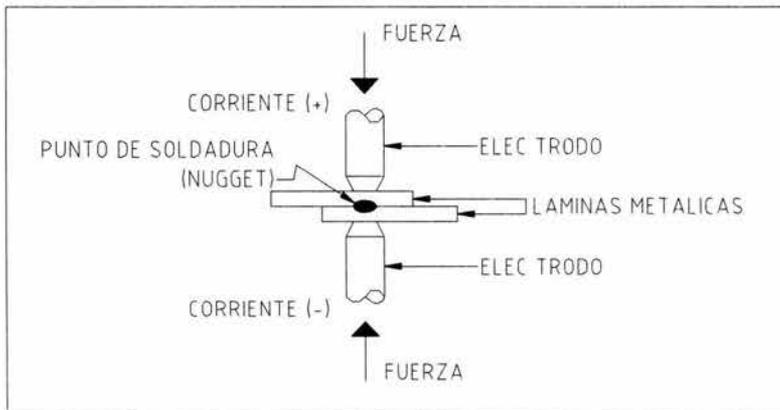


Figura. 1.0.1 Principales componentes del proceso de soldadura por resistencia

² Mikell P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna. 1997. p. 740

1.1 PRINCIPIO BASICO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA

Variables principales

El paso de corriente eléctrica a través de un conductor produce un calentamiento que es proporcional a:

- Intensidad de la corriente $I \propto$
- Resistencia del conductor $R \propto$
- El tiempo en que este circulando la corriente T

La ley de Joule nos dice que:

$$Q(\text{calor}) = (0.24) (R) (I^2) (T)$$

Si en un conductor (cable) se intercalan focos, fusibles, interruptores, etc., los elementos de mayor resistencia eléctrica sufrirán mayor calentamiento que los otros al paso de la misma intensidad de corriente. En este caso los focos serán los elementos con mayor calentamiento.

En el circuito secundario de una máquina de soldar, hay componentes y zonas de diferente resistencia eléctrica: brazos, porta-electrodos, electrodos, láminas a soldar y *contacto entre láminas a soldar* que es precisamente la zona de soldadura.

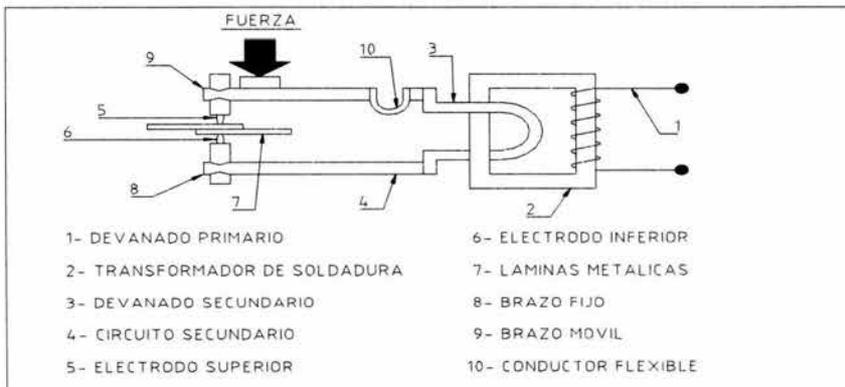


Figura 1.1.1 Esquema básico de una máquina para soldadura por resistencia.

Es exactamente la zona de contacto entre las dos láminas a soldar la de mayor resistencia eléctrica respecto al resto del circuito. La consecuencia es que en esa zona concreta es donde se genera una gran cantidad de calor, fundiéndose una parte de cada lámina a soldar y solidificándose bajo presión se obtiene un punto de soldadura.

Este es el fundamento y el origen de la denominación “por resistencia”.

Uno de los principios de la soldadura por resistencia es generar calor en la zona que se desea soldar, a través de la corriente eléctrica en el menor tiempo posible, y que el calor a su vez sea disipado por convección a través del sistema de enfriamiento (circulación de agua).

Todo el calor que se genera fuera de la zona de soldadura es indeseable y se debe disminuir en la medida de lo posible.

En estos momentos solo hemos considerado elementos eléctricos, pero en el esquema anterior vemos que hay un componente mecánico, que es la fuerza.

Uno de los electrodos (a veces los dos) es móvil para presionar las piezas entre sí. El ciclo de soldadura de un punto será:

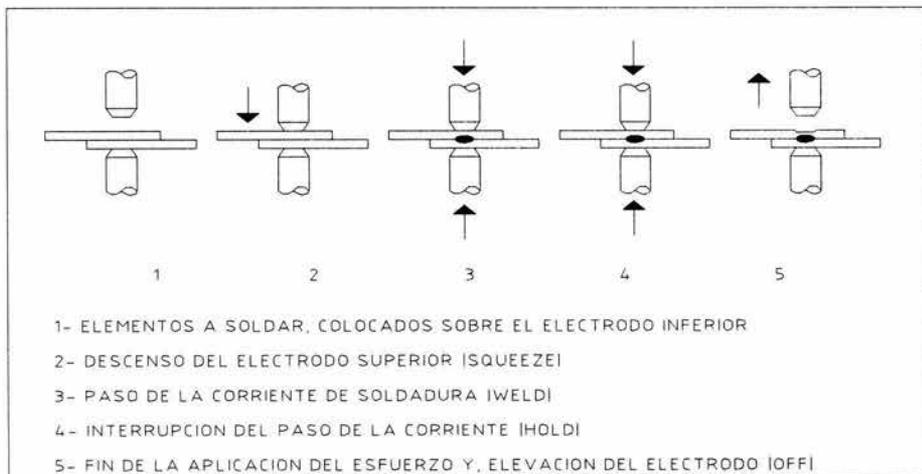


Figura 1.1.2 Secuencia básica de soldadura para soldar un par de láminas.

Este accionamiento (normalmente neumático) para bajar y subir el electrodo pone en escena un parámetro mecánico que es la *presión de soldadura*, está modifica las resistencias eléctricas de contacto aproximadamente en forma inversamente proporcional y ayuda a obtener una mayor o menor resistencia entre las láminas para dar el punto de soldadura (nugget).

Si se coloca una fuerza excesiva es contraproducente ya que oprime demasiado una lámina contra la otra y disminuye la resistencia de contacto, como resultado será necesaria mayor intensidad de

corriente para obtener un buen punto de soldadura. En la figura 1.1.3, se muestra el aspecto superficial del contacto, vista con gran aumento. Crestas y valles caracterizan el estado superficial. Realmente, los contactos entre crestas son los pasos de corriente. Se entiende que cuando la presión ejercida por los electrodos sobre los materiales a soldar es incrementada, también se incrementa el área de contacto efectivo entre las piezas **disminuyendo la resistencia al paso de la corriente**.

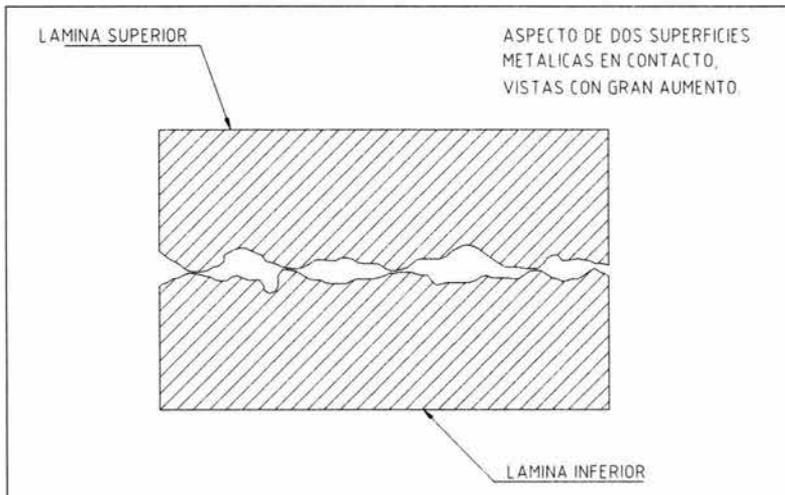


Figura 1.1.3 Aspecto de dos superficies metálicas en contacto, vistas con gran aumento (Sección Transversal).

La presión insuficiente ejercida por los electrodos es perjudicial ya que provoca chispas y expulsión del material fundido que no queda retenido en el punto de soldadura.

Hasta aquí, tenemos ya los parámetros que entran en juego y por lo tanto las características principales que determinan una máquina de soldar por resistencia.

1) **Corriente secundaria** (se mide en KA, esto es, miles de amperes).

- Corriente secundaria de corto circuito: sin piezas.
- Corriente secundaria de soldadura: con piezas.

2) **Potencia** (se mide en KVA, esto es, miles de Volts-Amperes).

- Potencia máxima. Es la máxima potencia puntual que puede dar la máquina independientemente de su calentamiento.

- Potencia al 50%. Determina la potencia a que puede trabajar sin que haya calentamiento excesivo en el transformador, a un ciclo de trabajo (*duty cycle*) del 50%, es decir, el tiempo de paso de corriente es igual al tiempo entre dos soldaduras.

3) **Presión** (se da en lbf/cm², para un suministro de aire a 5 ó 6 Bars de presión).

Por lo que $P(\text{presión}) = F(\text{fuerza})/A(\text{área})$

1.2 SOLDADURA DE PUNTOS

El esquema de este tipo es el representado por las figuras 1.2.1 y 1.2.2 Dos electrodos que presionan las láminas entre sí y canalizan el paso de la corriente de soldadura. Los electrodos son la “herramienta” de la máquina y el elemento de desgaste. Son de material que combine dos características contrapuestas entre sí:

1. **Buena conductibilidad eléctrica:** Para que el calentamiento sea mínimo.
2. **Elevada Resistencia:** Para soportar la deformación causada por la presión ejercido sobre las láminas.

Algunas de las aleaciones más utilizadas en los dispositivos de soldadura por resistencia son:

1. **COBRE-ZIRCONIO.**
2. **COBRE-CADMIO.**
3. **COBRE-CROMO.**
4. **COBRE-CROMO-ZIRCONIO.**

Admiten formas muy diversas en función del acceso al punto de soldadura. Los electrodos van normalmente refrigerados por circulación interior de agua.

La soldadura por puntos es el tipo más utilizado dentro de la soldadura por resistencia, por lo que retomaremos algunos conceptos del tema anterior para explicarlo.

El voltaje aplicado a los electrodos por el transformador de potencia, forzará un flujo de corriente eléctrica a través del material que se pretende soldar, cuando los electrodos ejerzan presión sobre este último. Inmediatamente, la corriente eléctrica producirá calor excesivo principalmente en tres puntos:

- 1) Entre la superficie de contacto del electrodo superior y el material.
- 2) Entre la superficie de contacto de ambos materiales (láminas), que es precisamente la zona de soldadura.

3) Entre la superficie de contacto del electrodo inferior y el material.

El calor generado en las superficies de los electrodos será disipado por un flujo de agua interno en los electrodos, que disipará el calor hacia afuera del sistema por medio de convección.

El calor generado en la superficie de contacto de las láminas que se pretende soldar, se disipa con más dificultad debido a que son, en general, peores conductores de calor comparados con los electrodos. Esto producirá gran calentamiento **hasta fundir las dos láminas juntas**. Así, se forma el punto de soldadura.

El calor generado en la superficie del electrodo inferior se disipa de igual forma que en el electrodo superior. El resto de los elementos que de alguna manera forman parte del circuito secundario, se construyen de cobre y muy robustos para evitar que se calienten demasiado.

La figura 1.2.1, muestra las tres zonas de principal calentamiento cuando la corriente eléctrica empieza a fluir. En la figura 1.2.2, se muestra el punto de soldadura, luego de que la corriente eléctrica ha cesado.

Resumiendo, las variables más importantes que hemos mencionado hasta ahora relacionadas con el proceso son básicamente tres:

- 1) Cantidad de corriente eléctrica que fluye por los electrodos (Weld Current).
- 2) Tiempo durante el cual fluye la corriente eléctrica (Weld time).
- 3) Presión ejercida por los electrodos sobre el material (Pressure).

Nota: Las tres variables que describimos arriba, se supone que deben ser para una máquina en condiciones mecánicas adecuadas, esto es, la superficie de contacto de ambos electrodos (electrodo fijo y móvil) deben ser paralelas entre sí, planas, libres de impurezas y, los electrodos instalados de tal forma que estén alineados (colineales).

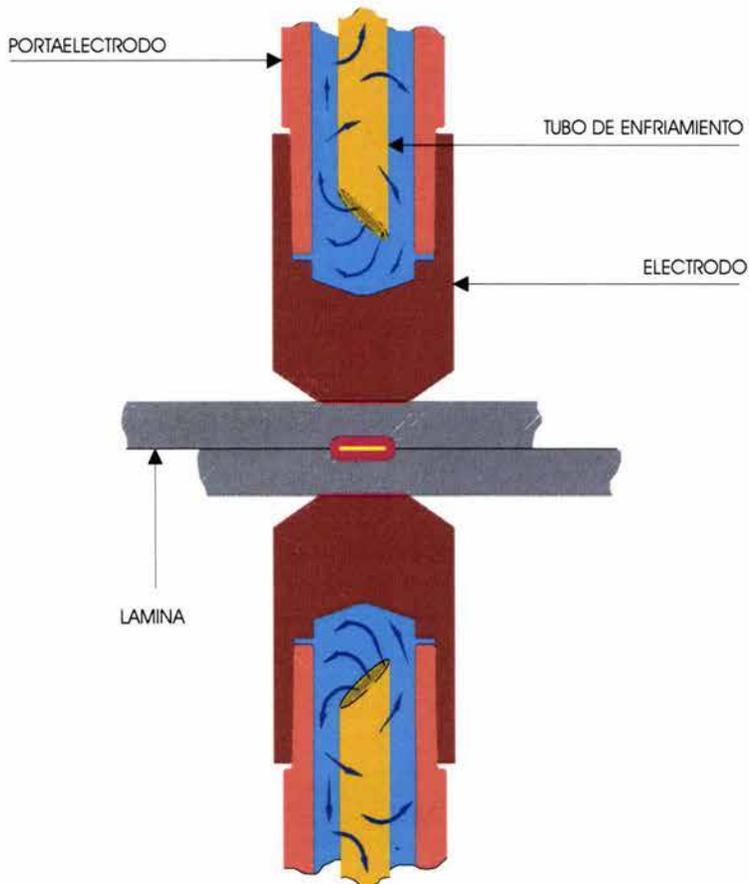


Figura 1.2.1 Nótese mayor calentamiento entre las superficies de contacto de las láminas respecto a la superficie de contacto entre los electrodos y láminas. La resistencia eléctrica de contacto entre los electrodos y el material se deben mantener al mismo, esto se logra de dos maneras: Manteniendo planas y limpias las superficies; y controlando la fuerza de los electrodos.

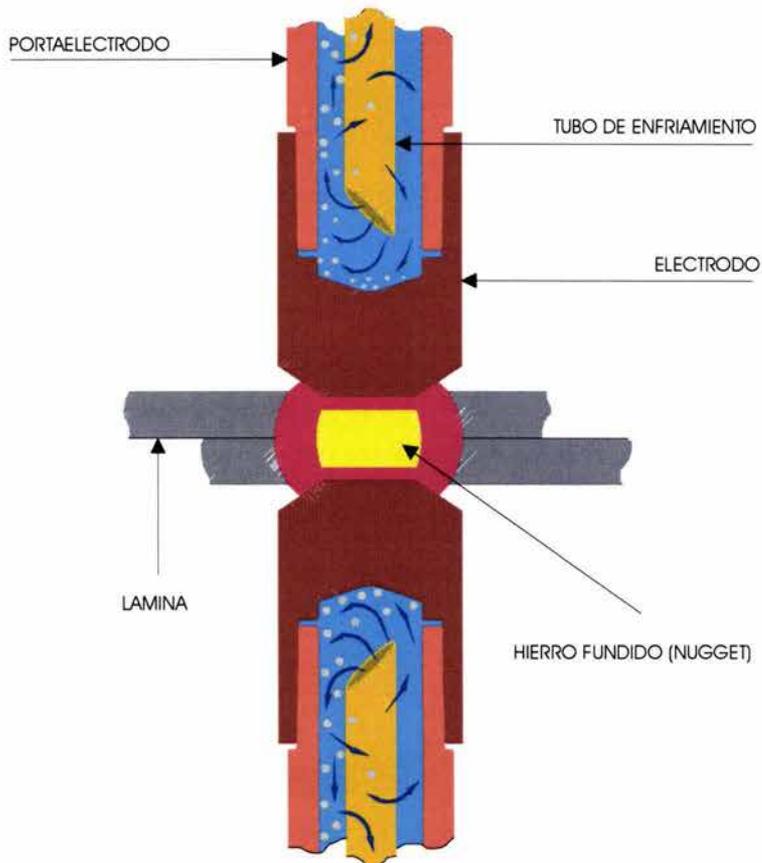


Figura 1.2.2 En esta ilustración, se aprecia el punto de soldadura inmediatamente después de que la corriente eléctrica ha dejado de circular, sólo el material delimitado por la superficie amarilla alcanzó su punto de fusión, dando como resultado un material con las mismas propiedades físicas que poseen las láminas donde se formó, entonces se ha formado un punto de soldadura (Nugget).

CAPITULO II

MAQUINAS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA POR PUNTOS

CAPITULO II

MAQUINAS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA POR PUNTOS

En el mercado de equipos de soldadura por resistencia, hay una gran variedad en configuraciones de máquinas, es dependiendo del proceso al que se le vaya a integrar, así como la forma de pieza a soldar, con lo que se debe elegir el equipo adecuado al proceso. Entre estos equipos tenemos la siguiente clasificación:

- Máquina estacionaria de pedestal
- Pinza de soldadura portátil
- Máquina multipunto

2.1 MAQUINAS FIJAS ESTACIONARIAS DE PEDESTAL

Para este tipo de máquinas, hay a su vez una gran variedad con diferentes denominaciones, dependiendo del fabricante o del cliente, pero el funcionamiento es el mismo, lo que las va a diferenciar son los periféricos que estarán integrados al equipo. La Fig. 2.1.1 nos muestra una máquina típica de Pedestal de accionamiento neumático.

Este tipo de máquina es fija, y se recomienda para altos volúmenes de producción, y pequeñas piezas de ensamble, ya que en caso de colocar piezas de mayores dimensiones, estas podrían sufrir algunos daños debido al manejo del mismo material, por tal razón es recomendable realizar el proceso de soldadura con otro equipo (en el siguiente subtema lo analizaremos con mayor detalle), además es importante mencionar que no solo sirve para soldadura de punto sino que también se puede acondicionar, para proporcionar soldadura de proyección de perno y tuerca, el acondicionamiento para poder soldar tuerca y perno principalmente consta en la modificación los adaptadores de cobre, cilindro de soldadura y la capacidad del transformador, ya que para la soldadura de estos componentes, los principales parámetros que tomarán papel importante serán: la forma de alojar la tuerca o perno, la presión de soldadura y la corriente de soldadura, estas dos últimas requerirán un valor de mayor capacidad.

El uso de la máquina fija estacionaria de pedestal, es precisamente cuando se requiera que la carga sea manual, esto significa que el operario coloque el material a soldar directamente en la máquina con sus propias manos o lo coloque en un herramental (Tooling) unido al equipo. En cualquiera de los dos casos el accionamiento para que se realice la soldadura, será por medio de dos botones o un pedal de pie, que permitirá que de inicio al proceso.

También es bueno mencionar que en varias ocasiones estos equipos se utilizarán para operaciones semi-automáticas, en los cuales, la pieza que va a ser soldada, no necesariamente la coloca el

Máquinas de Soldadura por Resistencia por Puntos

operador, sino puede ser colocada por un Robot, el cuál al colocar la pieza de trabajo en posición de soldar mandará una señal, para dar lugar a que la máquina realice la operación de soldadura.

En cuanto a la capacidad del transformador para este tipo de máquina, éstos están en el rango de los 80 hasta 600 KVA dependiendo de la aplicación que se desee realizar.

Para la presión que realice el desplazamiento del electrodo superior y que de inicio al cierre de los electrodos del equipo para que comience el proceso de soldadura, tenemos 3 formas de proporcionar dicha presión las cuales son:

- Neumático. Es el más común
- Hidráulico. Cuando se requiere gran presión (poco usual)
- Pedal mecánico. Pie del operario. Cada vez menos usual (obsoleto)

El primero es el más común debido a que el sistema es limpio y el mantenimiento es de bajo costo, y se puede tener control en el ajuste de la presión, sin embargo el rango de presiones es limitado debido a las propiedades del aire.

Para el segundo caso, el sistema es un poco sucio por las posibles fugas de aceite que se puedan presentar y el mantenimiento es de más alto costo. Este segundo caso de equipo se recomienda cuando se requieran presiones superiores a las que puede suministrar los cilindros neumáticos, y además a consecuencia de la aplicación que se desee realizar.

Por último, el tercer caso es cada vez más obsoleto, debido que para realizar el cierre de los electrodos se utiliza una palanca que es presionada por el pie, por lo que no tenemos control de la presión, ya que dependiendo del usuario se suministrará la fuerza en el pedal.

Para el descenso del electrodo superior podemos distinguir dos formas que son:

- Vertical (Es el más usual)
- En balancín o tijera (poco usual)

El descenso "*vertical*", se refiere principalmente cuando el brazo de cobre está unido directamente al dispositivo (Cilindro), el cual proporcionará el movimiento de desplazamiento.

El descenso llamado así "*balancín o tijera*", se refiere, a que, entre el dispositivo que proporcionará el movimiento de desplazamiento y el brazo de cobre, habrá un punto de apoyo al realizar dicho movimiento, esta forma de descenso o movimiento es principalmente para pinza de transformador integrado y pinza de transformador suspendido.

Máquinas de Soldadura por Resistencia por Puntos



Figura 2.1.1 “Máquina de soldadura por resistencia por puntos tipo pedestal”³.

³ British Federal Limited, www.britishfederal.com. Marzo 2004

2.2 PINZAS DE SOLDADURA PORTATILES

Cuando la pieza es voluminosa y de dimensiones considerables, la máquina deberá ir donde se encuentre el material a soldar por lo que, para este tipo de aplicaciones se deberá utilizar la pinza de soldadura, la cuál va suspendida de un balancín (mecánico o neumático) y en ocasiones dispone de un sistema giroscópico para facilitar su maniobrabilidad en el momento de soldar.

Es importante considerar que para este tipo de pinza, el balancín (mecánico o neumático) tiene un papel muy importante, en todas las aplicaciones donde la pinza de soldadura requiera un movimiento superior e inferior para colocarse en posición, para realizar el proceso de soldadura, ya que los ensambles se encuentran montados en una herramienta (Tooling) en una posición fija, por lo que la punteadora tendrá que tener la facilidad para ser maniobrada por el operador.

La pinza de soldadura es más complicada en su estructura en comparación con las máquinas estacionarias, debido a la concentración de elementos con los que cuenta en un menor espacio.

Las pinzas de soldadura portátiles se pueden dividir en dos grupos los cuales son:

- a) Pinzas de soldadura portátiles con transformador integrado (Trasngun)
- b) Pinzas de soldadura portátiles con transformador suspendido (Conventional)

2.2.1 Pinzas de soldadura portátiles con transformador integrado (Trasngun)

En la pinza con transformador integrado, como su nombre lo dice, el transformador lo lleva montado en parte trasera de la pinza, además ciertos elementos están también integrados a la misma pinza como son:

- Válvulas de retracción y soldadura
- Cilindro de soldadura
- Partes de transmisión de corriente en el secundario (puentes de laminas y bloques de cobre)
- Mangueras para sistema de enfriamiento y mangueras para suministro de aire
- Mango de botones para operación, etc.

Ventajas y Desventajas

- Resultan pesadas, pero con el balancín y giroscópico (aro de giro) son maniobrables.
- El hecho de tener el transformador de soldadura muy cerca de la pinza ofrece gran ahorro de energía y mejor regulación de corriente.
- Normalmente no son para gran ciclo de trabajo ya que el transformador no puede ser muy grande. Generalmente estos transformadores son del rango de de 36 a 103 KVA.

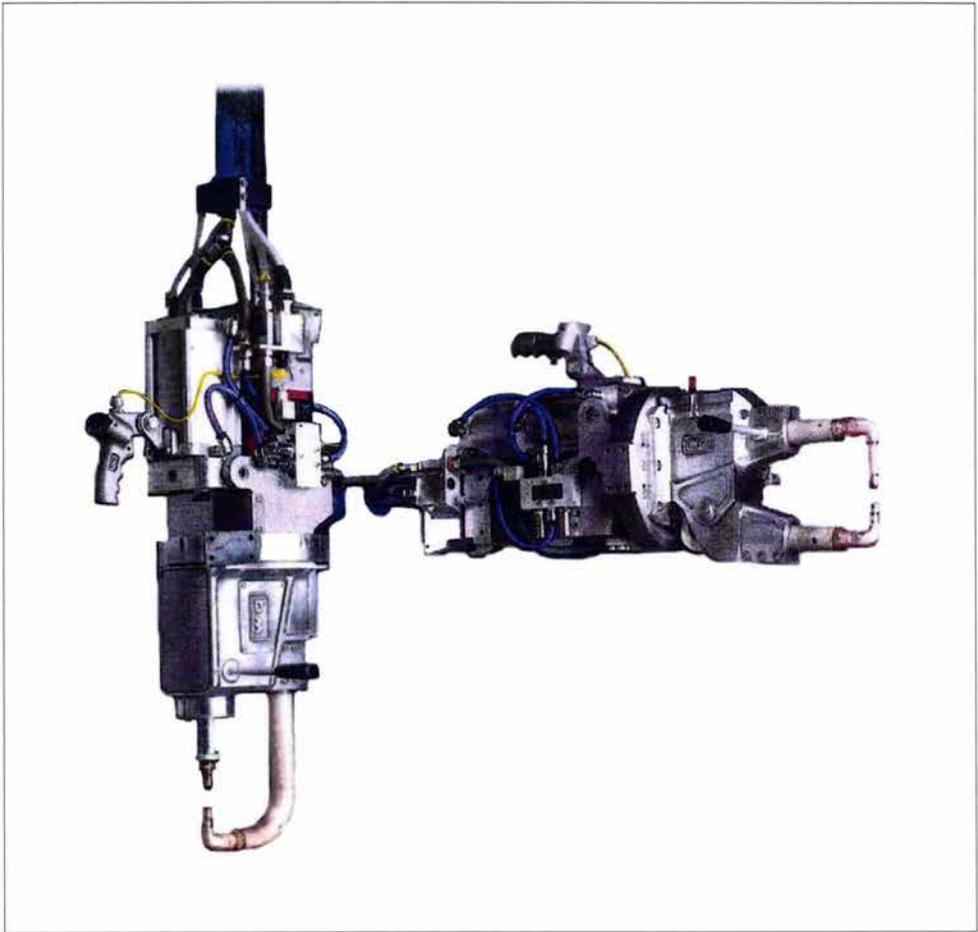


Figura 2.2.1 "Punteadoras con transformador integrado. Estas máquinas, colgadas de un balancín y este a su vez de un arreglo con rieles, es posible moverlas libremente para dar los puntos de soldadura"⁴.

⁴ Portable Welders, www.portablewelders.com. Abril 2004.

2.2.2 Pinzas de soldadura portátiles con transformador suspendido (Convencional)

Para el caso de pinzas con transformador suspendido (también conocido como equipo convencional), el arreglo de la punteadora es más sencillo ya que el transformador no se encuentra directamente en el cuerpo de la pinza, este es conectado por medio de un cable bipolar de conducción (Este cables se explicarán con mayor detalle en el capítulo 5), los cuales se conectan a la pinza en el circuito secundario y del otro extremo se conectan al transformador, este ultimo, suspendido en la parte superior.

La pinza es más compacta ya que solo cuenta con el cuerpo y el cilindro de soldadura, así como esta pinza se utiliza cuando el acceso de la herramienta no permite colocar una pinza con transformador integrado, debido al espacio de los clamps y otros dispositivos que constituyen la herramienta.

Ventajas y Desventajas

- El pequeño volumen que ocupa en comparación con la de transformador integrado, ya que es casi la mitad.
- Normalmente son para gran ciclo de trabajo ya que el transformador puede ser de alta capacidad. Generalmente estos transformadores son del rango de de 100 a 250 KVA.
- La poca maniobrabilidad, esto es a consecuencia del enorme cable bipolar que interconecta el sistema secundario de la punteadora con el transformador.
- Se puede aplicar para altos ciclos de trabajo, donde se requiera dar una gran cantidad de puntos de soldadura en espacios reducidos.
- Resultan menos manejables que las pinzas con transformador integrado debido al enorme cable que conecta la pieza con el transformador, son menos voluminosas
- La pinza puede ser movida o desplazada a cada zona de soldadura manualmente por el operario.

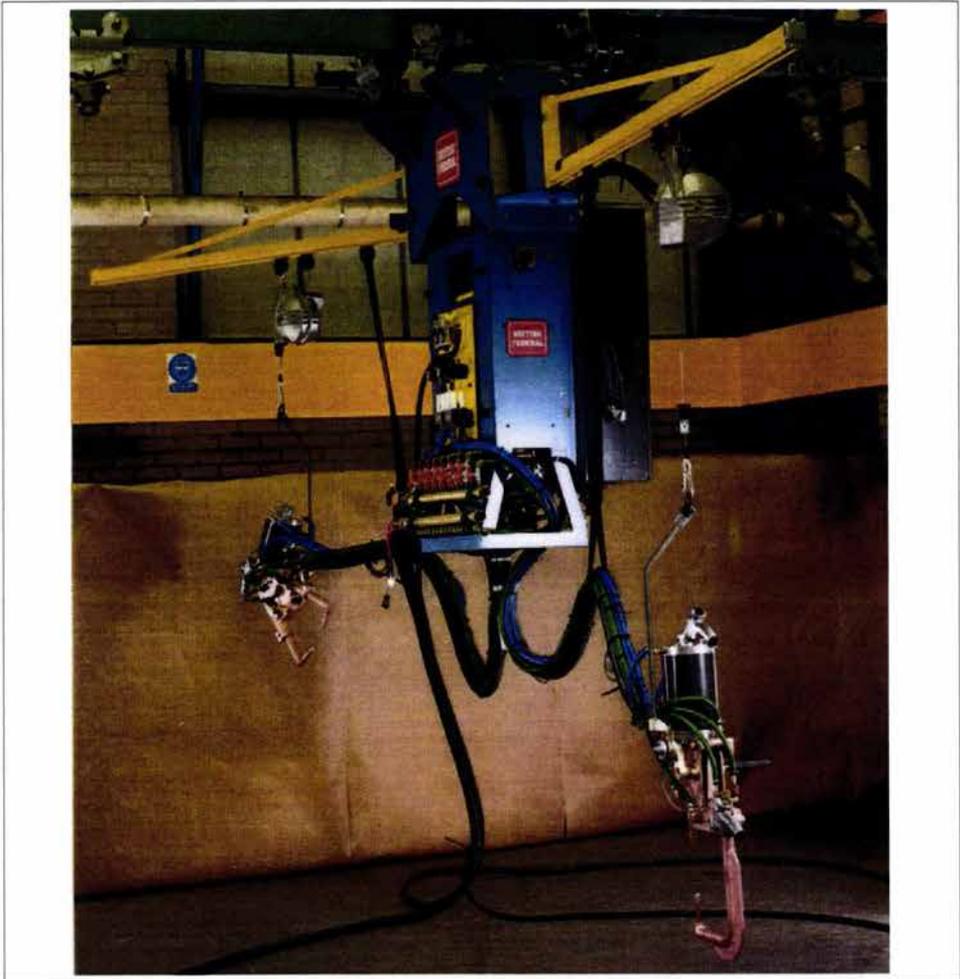


Figura 2.2.2 “Punteadora con transformador colgante. En este caso, las dos pinzas comparten el mismo transformador y control de soldadura (lo cual es una ventaja). Por esta razón, no pueden soldar simultáneamente debido a la regulación de corriente”⁵.

⁵ British Federal Limited, www.britishfederal.com. Marzo 2004.

2.3 MAQUINA MULTIPUNTO

Las máquinas multipunto consisten en un arreglo de módulos de soldadura, unidos en un solo equipo, los cuales pueden funcionar todos a la misma vez, en paralelo o en cascada, todo esto dependerá principalmente del tiempo del ciclo de producción ya que con esto nos podremos basar para seleccionar el mejor control de soldadura, y escoger el sistema secundario que deberán llevar.

Es importante mencionar que este tipo de equipo se utiliza para altos volúmenes de producción, donde las piezas a soldar son colocadas de forma manual en el equipo y después de ser suministrado el material, se acciona para realizar el proceso. Cabe mencionar que en cualquiera de las modalidades en que se realice el proceso, el tiempo ciclo se reduce considerablemente, sin embargo también tiene una desventaja que no es fácil adaptarla a otro proceso de soldadura para otro material, ya que dicha máquina fue fabricada específicamente para el proceso al que fue destinado.

Retomando lo que se mencionó al principio de la forma de operación, cuando decimos que es en cascada, donde los módulos de soldadura *pueden soldar a la misma vez*, nos referimos a que, cuando el material fue colocado en la máquina, todos los módulos de soldadura estarán dando el punto de soldadura, según la ubicación de cada uno, y para esto se debe tener mucho cuidado en la regulación de corriente ya que es de gran importancia tener la misma para cada uno de los puntos. En varias ocasiones cuando la corriente de cada uno de los módulos no es controlada, se vera reflejada en la calidad de los puntos de soldadura.

Las recomendaciones o consideraciones que se pueden sugerir son entre otras, utilizar un transformador para cada uno de los módulos, de este modo evitaremos de que la corriente fluya por el módulo que tuviera menos resistencia, ya que como hemos de comprender cualquier imperfección en la estructura de la pieza o ensamble, nos podría ocasionar este problema.

Uno de los inconvenientes de esta forma de máquinas, es la robustez, debido a los cables de conducción del circuito secundario que conecta al transformador con el módulo (parte móvil y parte fija). Los cables utilizados para este tipo de máquina en su gran mayoría son enfriados por aire, estos ocupan un espacio considerable para su colocación, la selección de ese tipo de cables lo veremos con mayor detalle en el capítulo 5.

Para el caso del funcionamiento de los módulos de soldadura en paralelo, o en cascada, reduciríamos el espacio que ocupan tantos transformadores y cables de conducción en la máquina, ya que el proceso es más sencillo.

El funcionamiento de los módulos en paralelo, se refiere a que por ejemplo si una máquina cuenta con 10 módulos de soldadura y 2 transformadores, el proceso será el siguiente, primero se

Máquinas de Soldadura por Resistencia de Puntos

colocarán 5 módulos de soldadura por transformador, y de esta forma también se colocarán los cables de conducción, para que el proceso sea en paralelo. Debido a que 5 módulos están conectados por cada transformador, estos serán accionados un módulo por cada transformador a la vez, de esta manera no tendremos que preocuparnos por regular la corriente de soldadura, ya que la corriente proporcionada por cada transformador es independiente una de la otra.

Para el caso del proceso en cascada, los cilindros de soldadura se estarán cerrando en secuencia primero uno y después el otro, así sucesivamente hasta concluir todos los módulos de soldadura, nunca dos a la vez.

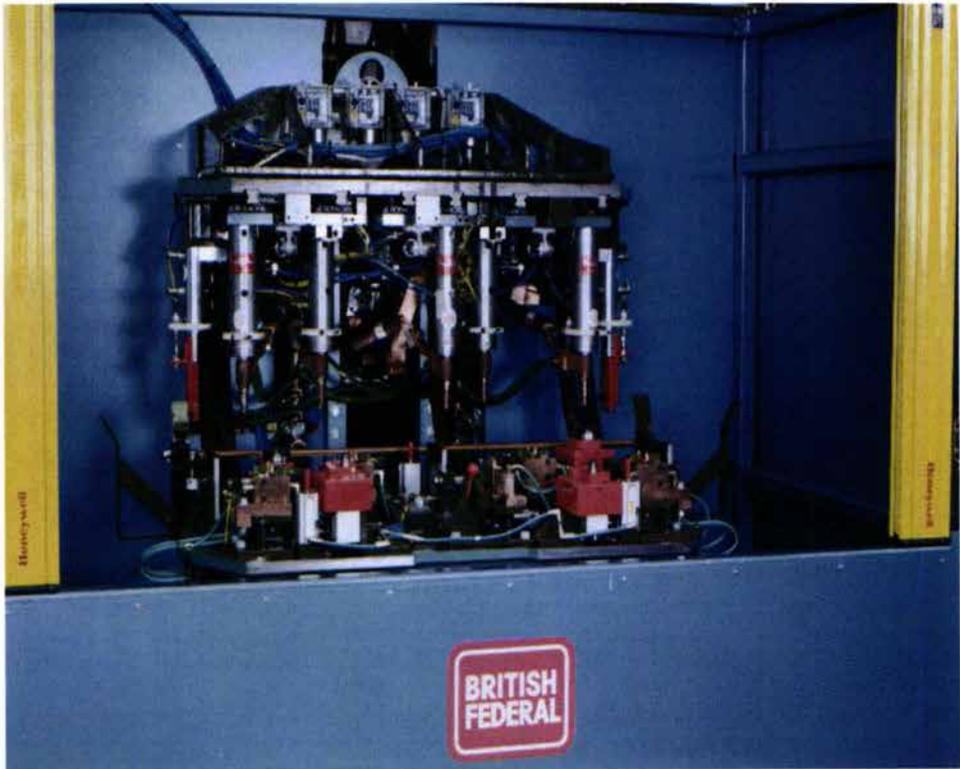


Figura 2.3.1 “Máquina multipunto. El material de trabajo es sujetado con actuadores neumáticos y los electrodos sueldan en cascada de dos en dos.”⁶

⁶ British Federal Limited, www.britishfederal.com. Marzo 2004.

Las máquinas de soldadura vistas en este capítulo, describen los principales procesos de soldadura por resistencia para punto, sin embargo es importante tener en cuenta, que el correcto funcionamiento de estos equipos depende principalmente del mantenimiento y los ajustes necesarios que deban tener, para que proporcionen una soldadura de alta calidad en los productos fabricados.

Sin embargo no hay que dejar a un lado los problemas que puedan ocasionar debido a una mal manejo y/o mal mantenimiento de los equipos, en ocasiones por las personas de mantenimiento o por los propios operadores, ya que numerosas ocasiones, cuando el equipo presenta algún problema, esto se reflejará en la producción por lo que es bueno conocer, las características que presentan cada uno de los defectos de soldadura para poder resolver el problema de una manera segura y eficiente, por parte de las personas destinadas a este servicio.

Por lo que en el siguiente capítulo III, se describirá a mayor detalle, que es lo que ocurre cuando un punto de soldadura presenta algún tipo de imperfección y cuales son los principales parámetros a revisar, para poder identificar inmediatamente el problema y solucionarlo en un menor tiempo.

CAPITULO III

DEFECTOS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA

CAPITULO III

DEFECTOS DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA

Con respecto a la calidad de los estándares de la soldadura por punto, el nivel requerido de la calidad depende principalmente de la aplicación. Por lo tanto, los apropiados códigos y estándares son buenos siempre y cuando los requerimientos deban de ser revisados antes de empezar la producción de soldadura por el cliente. Como algunos códigos y estándares son más exigentes que otros, la selección de los mismos, deberá ser usada para tener un impacto en el costo del proyecto.

Una vez que los códigos y estándares han sido seleccionados, estos deberían de ser especificados en los dibujos o en el contrato. El siguiente paso, envuelve en garantizar la calidad de soldadura, esto es obtenido a través del conocimiento de los requerimientos del cliente. Cuando los requerimientos son desviados para la aplicación de códigos y estándares por parte del cliente, estas desviaciones deberían estar puestas en un documento de contrato. No todas las discontinuidades son consideradas como defectos de soldadura. El documento de contrato debería especificar los requerimientos de códigos y estándares de la calidad de soldadura especificando el criterio de aceptar y rechazar.

Un soldador calificado debería siempre actuar produciendo soldadura, en acorde con un procedimiento de soldadura calificado. Esta asistencia debe asegurar la repetición de la calidad de la soldadura y rendimiento. El trabajo de soldadores y operadores de soldadura es normalmente calificado, usando ambos métodos de prueba destructiva y no destructiva. Un procedimiento de soldadura es normalmente calificado usando método de prueba destructiva.

Los indicadores más importantes de calidad en soldadura por resistencia son los siguientes:

- Apariencia en la superficie,
- Tamaño de soldadura,
- Penetración, o profundidad de fusión,
- Esfuerzo y ductilidad.
- Discontinuidades internas,
- Separación de lámina y expulsión,
- Consistencia de soldadura.

Todos los procesos llegan a tener algunos defectos, este no sería la excepción. Entre los defectos de soldadura por resistencia que podemos encontrar se verán con detalle más adelante.

Es importante analizar todos los aspectos que involucran en los defectos y discontinuidades, para garantizar la calidad de cada uno de los puntos de soldadura.

Especificaciones de un punto de soldadura

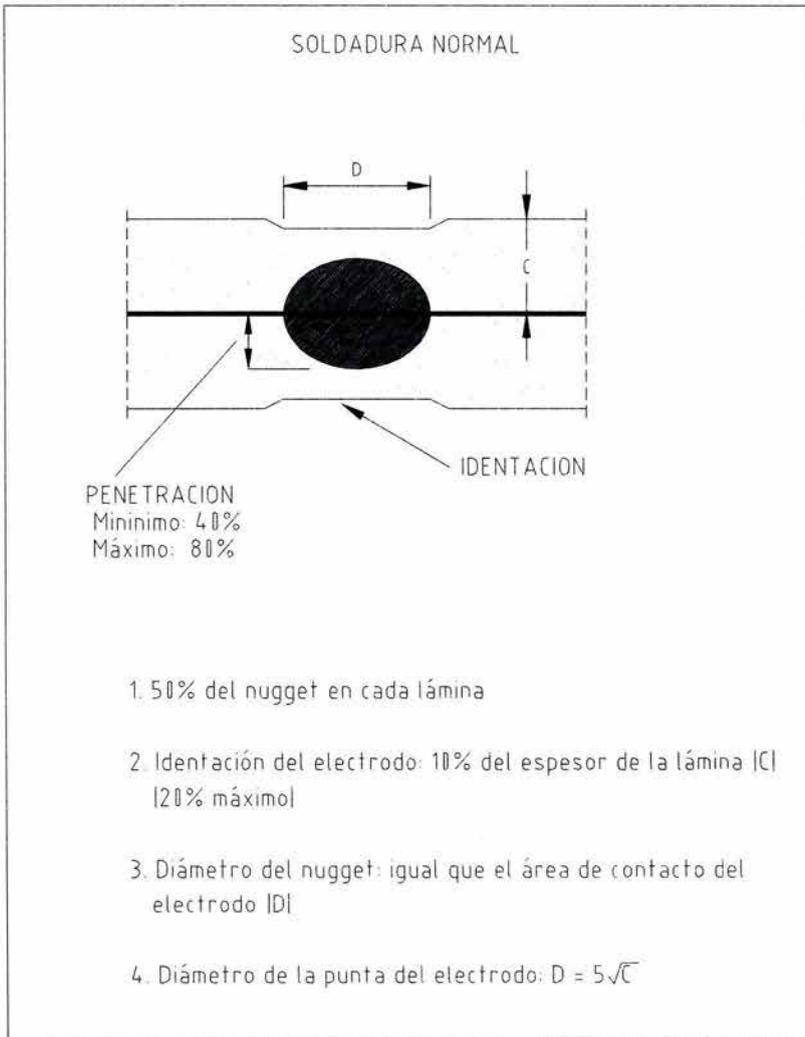


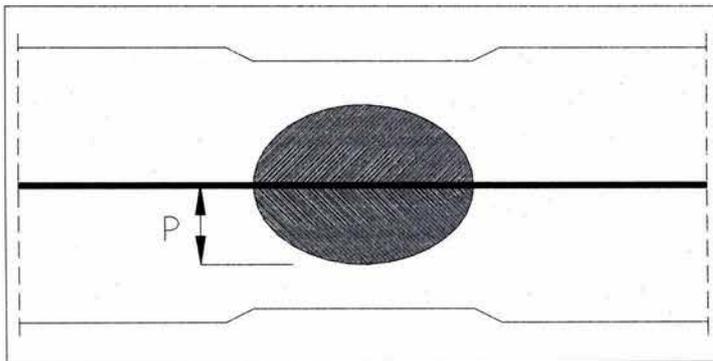
Figura 3.0.1 Especificaciones mínimas para evaluar la dimensión de un punto de soldadura.

3.1 Incompleta unión de penetración o profundidad de fusión

El termino *profundidad de fusión*, se refiere a la distancia de la pepita de soldadura extendida dentro de la base del metal de las piezas de trabajo que van a ser unidas. La mínima profundidad de fusión es generalmente aceptada como 20% del espesor más grande de las piezas de trabajo que van a ser unidas. Si la profundidad de fusión es menos que el 20%, esta es considerada ser incompleta y la soldadura se dice que va a ser “*fría*”, porque el calor generado es la zona de soldadura fue bajo. Variaciones normales en la corriente de soldadura, tiempo, fuerza de electrodos, entre otras, también causa indeseable cambios de esfuerzos en la soldadura. En casos extremos, la pepita de soldadura no puede tener formado.

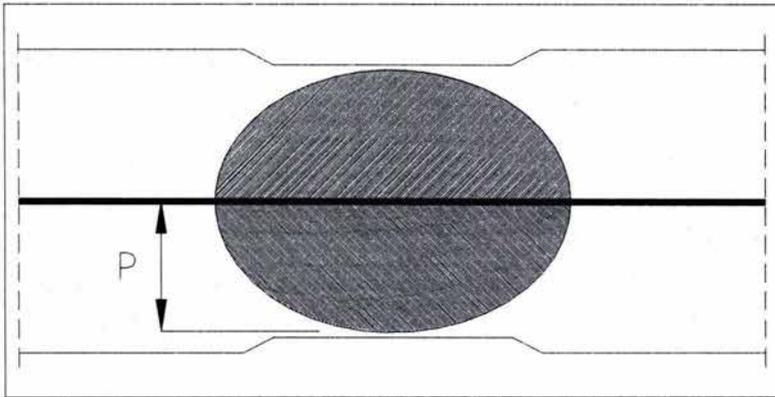
La profundidad de fusión no debería exceder el 80% del espesor menor de los miembros del material base empezando a fundirse. Una gran profundidad tiene como resultado expulsión, indentación excesiva, y rápido uso de electrodos. Normal, excesivo, e insuficiente profundidad de fusión son mostrados en la figura 3.1.1.(A,B,C). La profundidad de fusión de cada soldadura debería de ser aproximadamente uniforme por igual o casi igual en los espesores de las láminas. Para porciones similares de espesores de 3 a 1 y mayores, la profundidad de fusión dentro de la pieza más gruesa necesita no exceder el metal base más delgado del material.

Incompleta penetración de unión y profundidad de fusión da como resultado mala adherencia para los parámetros óptimos de soldadura, la presencia de contaminación en la interfase de la unión, defectos en el equipo, o una combinación de estos. Este defecto puede ser solucionado usando procedimientos propios y uniendo las prácticas de mantenimiento recomendadas.



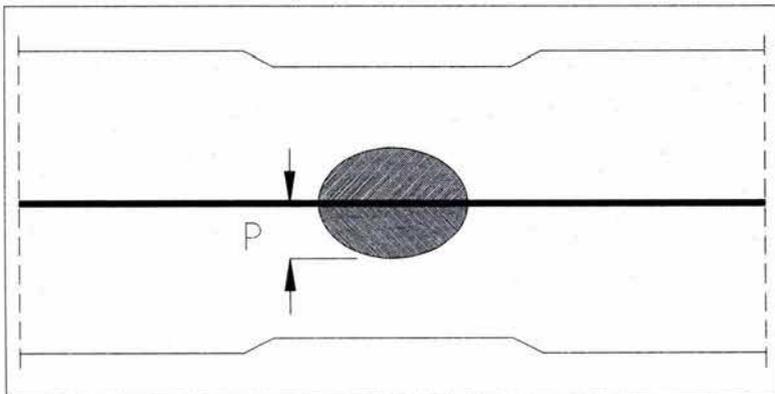
A) NORMAL

Figura 3.1.1 (A) Punto de Soldadura Normal.



B) EXCESIVO

Figura 3.1.1 (B) Punto de Soldadura excesivo.



C) INSUFICIENTE

Figura 3.1.1 (C) Punto de Soldadura insuficiente.

3.2 Expulsión de material sobre láminas

La expulsión envuelve la fuerza total de ejecución de metal derretido, particularmente para el recubrimiento de la superficie de resistencia, de la soldadura de punto. Expulsión del metal soldado es el resultado de sobrecalentamiento, generalmente por el uso excesivo de corriente de soldadura, este es particularmente verdadero cuando la alta corriente es combinada con una inadecuada fuerza de electrodos, impropia cara de electrodos, o inadecuada continuación de los electrodos, este defecto puede también surgir en superficies contaminadas.

La expulsión resulta en cavidades internas, que típicamente reduce la fuerza de soldadura. Esta tendencia también es pronunciada que la máxima corriente es normalmente limitada a un valor para la cual la expulsión no puede ocurrir. Para prevenir la ocurrencia de la expulsión, la apropiada fuerza de electrodos, corriente y voltaje deberían ser usados y la superficie contaminada debería ser eliminada.

Las principales causas para este defecto son:

1. *Tiempo de acercamiento (squeeze)*
2. *Punta del electrodo demasiado pequeña*
3. *Corriente demasiado alta, en relación a la presión*
4. *Impurezas en las superficies*
5. *Electrodo de material inadecuado (resistencia eléctrica demasiado alta)*

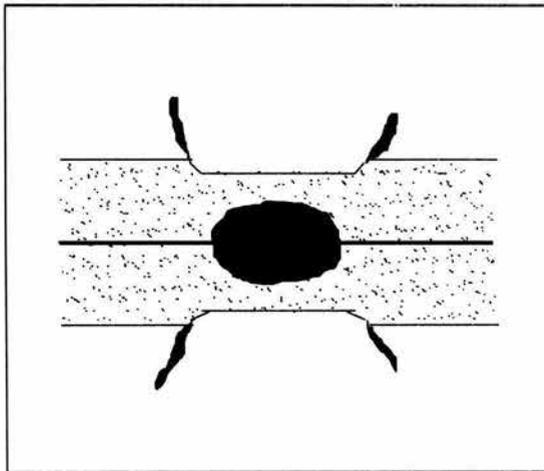


Figura 3.2.1 Soldadura incorrecta con expulsión de material sobre las láminas.

3.3 Impresión demasiado grande del electrodo

La impresión del diámetro de los electrodos es muy importante para fines de calidad (inspección visual), esta causa se presenta cuando es suministrada una excesiva fuerza de los electrodos, combinada con una alta corriente de soldadura, tiempo de soldadura largo e inadecuada punta de electrodo, este defecto será visible cuando se presente una alta penetración de los electrodos en el material. Como ya hemos visto con anterioridad la penetración debe de ser de un 20% como mínimo y como máximo el 80% de la lámina mas delgada, si este porcentaje es mayor se tendrá un defecto de impresión del electrodo sobre el material.

Sus principales causas son:

1. *Fuerza del electrodo inadecuado*
2. *Corriente de soldadura demasiado alta*
3. *Tiempo de soldadura demasiado largo*
4. *Punta del electrodo demasiado pequeña*

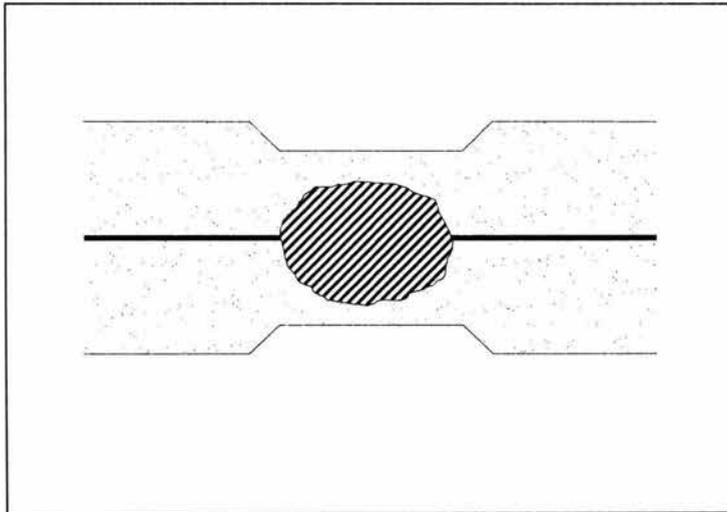


Figura 3.3.1 Soldadura incorrecta, por excesivo penetración de los electrodos.

3.4 Material quemado sobre las superficies

La presencia de un punto de soldadura quemado nos indica que los parámetros de soldadura no están correctamente ajustados, ya que la corriente de soldadura es demasiada, la fuerza del electrodo es baja, mal enfriamiento, etc. Lo que permite que haya una elevada temperatura en el área de soldadura y no tenga correcto enfriamiento, debido a un adaptador inadecuado.

La apariencia es de color negro y con residuos de material en el punto de soldadura.

Las principales causas para este defecto son:

Causas:

1. *Corriente de soldadura demasiado alta*
2. *Fuerza del electrodo demasiado baja*
3. *Tiempo de acercamiento (squeeze) demasiado corto*
4. *Punta del electrodo demasiado pequeña*
5. *Diseño inadecuado del electrodo*
6. *Material del electrodo inadecuado*
7. *Enfriamiento deficiente en la punta del electrodo*
8. *La superficie de contacto de los electrodos no está limpia*
9. *Las láminas no están limpias*

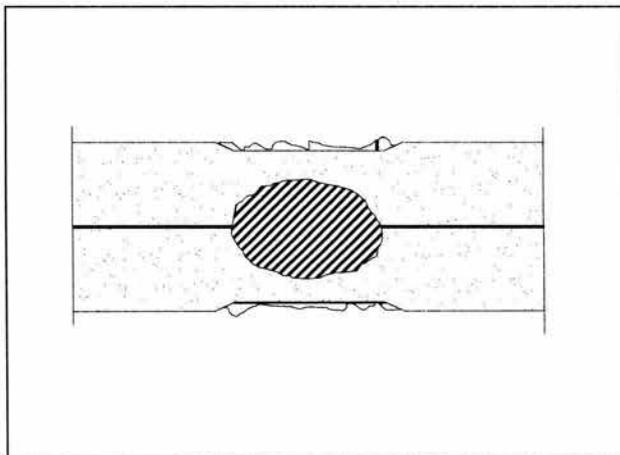


Figura 3.4.1 Soldadura incorrecta con residuos de material quemado en la superficie.

3.5 Pérdida de material en la superficie del punto de soldadura

El defecto de pérdida de material en la superficie del punto de soldadura. Se presenta cuando el tiempo de fraguado (Hold) es demasiado corto, esto quiere decir que el tiempo que permanece los electrodos cerrados enfriando el punto de soldadura después del paso de corriente, es corto lo que provoque que el enfriamiento en las áreas de contacto no esté listo para que los adaptadores abran aún, ya que la temperatura entre los electrodos y el material es alta con lo que en el momento de abrirlos, el material se quede incrustado en los electrodos o viceversa.

Este defecto se puede visualizar, cuando el punto de soldadura esta deforme y/o hay presencia de material del electrodo (color café).

La principal causa para este defecto es:

1. *Tiempo de fraguado (hold) demasiado corto*

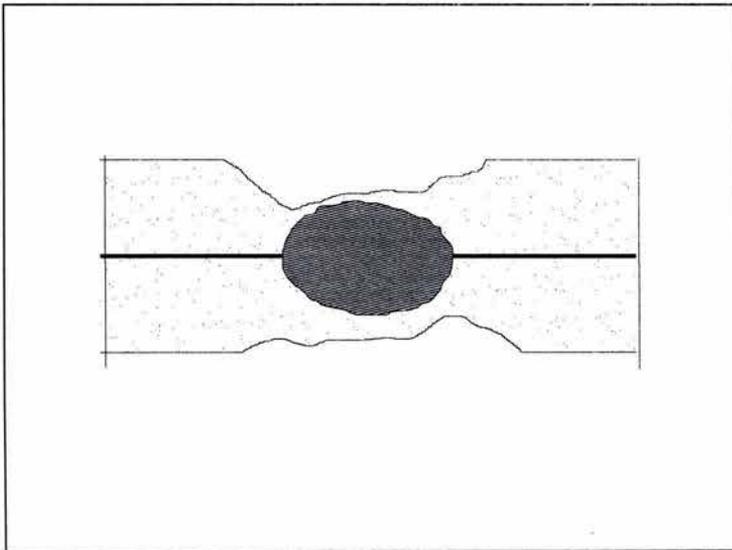


Figura 3.5.1 Soldadura incorrecta, mecánicamente débil por pérdida de material.

3.6 Punto demasiado pequeño e incorrecto tamaño de soldadura

El diámetro o el espesor de la zona fundida en la soldadura, debe conseguir los requerimientos estipulados en el dibujo o en las especificaciones aplicables en el criterio de diseño. En la ausencia de estos criterios de diseño, se podrá aprobar entre el cliente o la compra interna de las prácticas basadas en las siguientes reglas generales que deberán ser usadas.

Primero, soldadura por puntos que son realmente reproducidas sobre condiciones de producción normal, las cuales deberían tener una pepita de diámetro mínimo de 3.5 a 4 veces el espesor de la parte más gruesa de la unión. En casos de 3 o más espesores similares, el diámetro de la pepita entre la partes adyacentes pueden ser ajustadas por la selección de la forma del electrodo, diseño y los materiales a ser unidos. Segundo, las pepitas individuales en una presión ajustada de soldadura por costura deberían coincidir en un mínimo del 25%. El ancho de la pepita debería de ser al menos de 3.5 a 4 veces el espesor más delgado de las partes del material. Tercero, soldadura por proyección debería tener una pepita del mismo tamaño o más grande que el diámetro de la proyección original.

Es importante notar que el tamaño de la pepita de soldadura de punto, costura o proyección tiene un límite máximo. Este límite esta basado en las limitaciones, económico y práctico de producción de la soldadura y las leyes de generación y disipación de calor. El máximo tamaño de pepita acostumbrado es difícil en términos generales de especificar. Sin embargo este límite debería ser establecido en los requerimientos de diseño y procedimiento de soldadura.

Posibles causas de incorrecto tamaño de soldadura son inadecuadas debido al tiempo de soldadura, baja corriente de soldadura, incorrecta fuerza de electrodo (tan alta o tan baja), impropia forma del electrodo, impropio balance de calor debido a espesores similares o combinación de metal, y excesiva fluctuación en la línea de voltaje.

Para el defecto de punto de soldadura (Nugget) demasiado pequeño, es visualizado por el marcado tenue en el material soldado, y las principales causas son:

1. *Corriente de soldadura (demasiada baja)*
2. *Tiempo de soldadura (demasiado corto)*
3. *Fuerza de los electrodos (demasiada alta)*
4. *Punta de los electrodos demasiado grande (electrodos desgastados)*

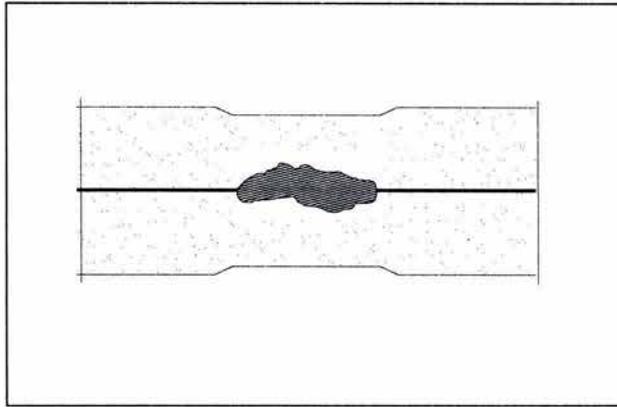


Figura 3.6.1 Soldadura incorrecta, mecánicamente débil debido a que la zona de fusión es muy pequeña.

3.7 Apariencia de la superficie

La apariencia de la superficie de la soldadura por punto, debería ser relativamente lisa. En el caso del trabajo contorneado, las superficies de soldadura deberían también ser redondas u ovaladas. Estos deberían ser libres para la fusión de la superficie, deposito de electrodos, fosas, grietas, profundidad de indentación del electrodo o alguna otra condición que podría indicar impropio mantenimiento del electrodo u operación del equipo. Las causas indeseables en las condiciones de la superficie de la soldadura por punto y sus efectos en la calidad de soldadura y el costo son sumados en la Tabla 1.

La apariencia de la superficie de la soldadura por resistencia no es un indicador infalible de esfuerzo de soldadura, tamaño o seguridad interna. A través de este es un indicador de las condiciones sobre el cual la soldadura fue realizada, este no debería de ser usado como el criterio exclusivo para calificar la producción de la soldadura. Por ejemplo, un grupo de puntos de soldadura en una unión pueden tener apariencia idéntica en la superficie, sin embargo a partir del segundo y los subsiguientes pueden ser más grandes debido a que la resistencia en los siguientes puntos sea mayor con lo que la corriente a través de estos será mayor, a la previa suministrada al primer punto.

Para ilustrar, puntos de soldadura adyacentes de un tamaño de superficie similar son mostrados en la figura 3.7.1 (A). A su vez la figura 3.7.1 (B), revela que el tamaño de soldadura del primer punto es mayor que el segundo. En este caso, la segunda soldadura más pequeña que la primera, por que parte de la corriente de soldadura es pasada a través del primera soldadura. Ambas soldaduras tienen apariencia idéntica en la superficie por que la corriente de soldadura entra a través de la superficie exterior por los electrodos. La diferencia de tamaño es grande por el espacio cerrado de la soldadura, las soldaduras en metales tienen baja resistividad eléctrica y soldaduras en espesor de láminas, por lo que es muy importante.

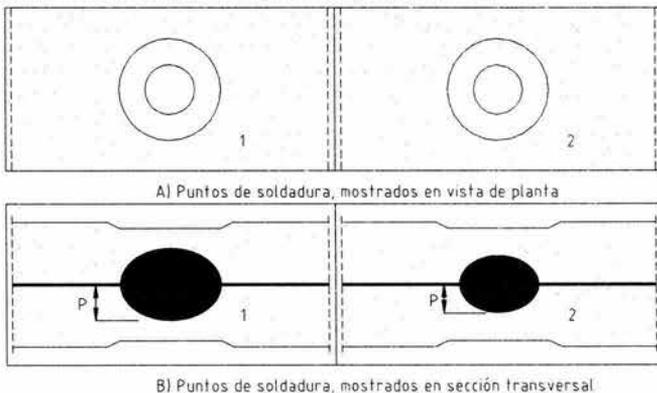


Figura 3.7.1 (A) Apariencia de superficie de 2 puntos sucesivos de soldadura de 1 mm. de espesor en cada lámina.
Figura 3.7.1 (B) Sección transversal de los mismo puntos de soldadura, mostrando el efecto de corriente.

Condiciones indeseables de Superficie en Soldadura por punto		
	Causa	Efecto
Grietas, profundidad de cavidades, o agujero	Removiendo la fuerza de los electrodos antes de que la soldadura este enfriada por líquidos, excesiva generación de calor, resultando en alta expulsión de metal fundido; pobremente partes de conexiones requiriendo más de la fuerza de electrodos para brincar dentro de las superficies en contacto.	Reducción del esfuerzo de fatiga si la soldadura esta en tensión o si la grieta o la imperfección extiende dentro del área perimetral de soldadura; incrementa la corrosión a través de la acumulación de sustancias corrosivas in la cavidad o grieta
Profundidad de indentación de electrodo	Impropia cara del electrodo afilado; falta de control de fuerza en el electrodo; excesiva porción alta de generación de calor a través de alta resistencia de contacto (baja fuerza de electrodo)	Pérdida de esfuerzo de soldadura a través de la reducción del espesor del metal en el área perimetral de la soldadura; mala apariencia.
Deposito de electrodo en trabajo (usualmente acompañado por fusión de superficie)	Material escamoso o sucio; baja fuerza de electrodo o alta corriente de soldadura; impropio mantenimiento de cara del electrodo en contacto; material impropio; Impropia secuencia de fuerza de electrodos y corriente de soldadura	Mala apariencia; reducción de la corrosión de resistencia; reducido el esfuerzo de soldadura si el metal fundido es expulsado; reduce la vida de electrodos
Irregular formado de soldadura	Mal uso de electrodo, impropio afilado de electrodo; mal partes de conexiones; electrodo transportado en el radio de la pestaña; patinado; Impropio limpiado de electrodos	Reduce el esfuerzo de soldadura a través de entre la cara de contacto y la expulsión de metal fundido
Unión de superficie (usualmente acompañado por profundidad indentación de electrodo)	Material escamoso o sucio; baja fuerza de electrodos; mal emparejado de trabajo; alta corriente de soldadura; impropio afilado de electrodos; impropia secuencia de presión y corriente	Grande tamaño de soldadura a través de alta expulsión de material fundido; larga cavidad de soldadura extendida entre la superficie; costo incrementado en remover la cubierta exterior de la superficie de trabajo; vida pobre de electrodo y pérdida de tiempo de producción por mas frecuencia de afilado de electrodos

Tabla 1 Condiciones indeseables de soldadura por punto

3.8 Discontinuidades internas

Discontinuidades internas incluyen grietas, porosidades, cavidades y en algunos casos, inclusiones en la pepita de soldadura. Como una regla, estas discontinuidades no tienen un efecto perjudicial en el esfuerzo estático o fatiga de la soldadura, si ellos son localizados dentro de la porción central de la pepita de soldadura. De otra manera, esto es una causa para tratar cuando un defecto o discontinuidad de esta naturaleza ocurre en la periferia de una soldadura, cuando los esfuerzos de carga son altamente concentrados.

Soldaduras de punto, costura y proyección en espesores de metal de aproximadamente 0.040 in. (1mm) y más grandes pueden tener pequeño encogimiento en disminuciones de cavidades en el centro de la pepita de soldadura. Este esta ilustrado en la figura 3.8.1 (A). Estas cavidades son menos pronunciadas en algunos metales que en otros, por lo tanto la diferencia en la acción de forjado de los electrodos en el material caliente. Tal encogimiento en las cavidades es generalmente no perjudicial en las aplicaciones usuales. Sin embargo, la cavidad que resulta por la alta expulsión de material fundido, esta se muestra en la figura 3.8.1 (B) puede tomar una muy larga parte del área fundida y es perjudicial.

Un número seguro de cavidades de expulsión están sido presenciadas en la producción de soldadura de los más comerciales aceros. La alta expulsión del material derretido es un resultado de condiciones impropias de soldadura. El número aceptable de soldaduras con cavidades de expulsión debería ser limitado por especificación. El mejor método de asumir satisfactoria la adherencia para especificar programas de soldadura por punto, es un programa de control de calidad estadístico estructurado con producción de muestras y pruebas destructivas.

Discontinuidades internas en soldadura por punto, son generalmente causadas por baja fuerza en los electrodos, alta corriente de soldadura u otras condiciones que producen excesivo calor de soldadura. Removiendo la fuerza de los electrodos tan pronto después de parar la corriente de soldadura también causa defectos internos. Cuando esto ocurre, la pepita de soldadura no es propiamente forjada durante el enfriamiento. Este fenómeno puede ocurrir durante una alta velocidad de soldadura de punto. Estas discontinuidades pueden ser prevenidas apegándose a los parámetros de soldadura recomendados.

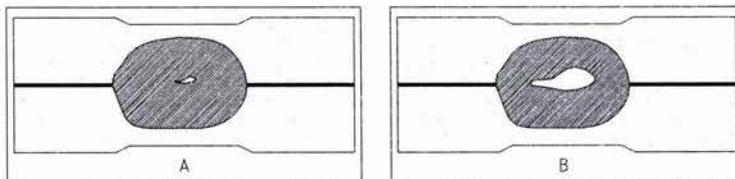


Figura 3.8.1 Cavidades internas en el punto de soldadura: (A) pequeña y (B) Larga.

3.9 Excesiva separación en las láminas

El término excesiva separación en la lámina se refiere a la distancia permanecida entre las superficies adyacentes a la soldadura después de una soldadura de punto, costura u proyección que haya sido realizada. Esta discontinuidad ocurre como un resultado de la expansión y contracción del metal soldado y el efecto de forjado de los electrodos, en el punto de soldadura caliente. La cantidad de variación de separación con el espesor del metal base.

Excesiva separación de lámina, resulta para las mismas causas como la indentación en la superficie o profundidad de indentación del electrodo, a lo cual esta es relacionada. Impropiamente las caras de los electrodos afilados pueden actuar como punzones debajo de la alta fuerza del electrodo. Esto tiende a decrecer la unión de espesores, radicalmente estropea el metal soldado y la fuerza de las láminas sobre alrededor de los electrodos. Esta discontinuidad puede ser causada también por excesiva corriente de soldadura, impropio equipo e inadecuada fuerza de soldadura. Excesiva separación de lámina es ilustrada en la figura 3.9.1 en la cual una hoja es laminada.

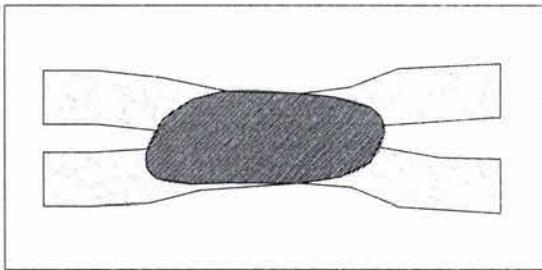


Figura 3.9.1 Excesiva separación de lámina.

3.10 Manteniendo la consistencia de la calidad de la soldadura por resistencia

La consistencia de la calidad de la soldadura por resistencia puede ser mantenida con un propio control de factores que tienden a producir variaciones en el producto final. Estos factores deberán ser desplazados cuando calificamos las especificaciones del proceso de soldadura. Los factores incluidos son los siguientes:

1. Diseño de unión y equipo;
2. Tolerancias en el espesor de los materiales;
3. Composición, temple y condición de superficie del metal base;
4. Material del electrodo y forma;
5. Electrodo y enfriamiento de la soldadura;
6. Variables del ciclo de soldadura;
7. Tratamiento térmico de soldadura.

La importancia del diseño de unión y equipo es otro punto importante, sin embargo no lo profundizaremos, pero es bueno tenerlo en cuenta.

Variaciones largas en espesores de piezas de trabajo, particularmente con 3 o mas espesores, pueden producir equipo inconsistente, que puede afectar la calidad de la soldadura. Cambios en la composición o temple del material base o condiciones de superficie que requieren una revisión de proceso de soldadura para producir soldaduras aceptables.

Soldadura por resistencia de calidad consistente son obtenidas por implementación de apropiado entorno de soldadura y técnicas para mantener estas por la duración de una particular corrida de producción. Factores tales como corriente de soldadura, tiempo de soldadura y fuerza de electrodo deben ser controlados dentro de los límites del proceso. El mejor método de control envuelve las pruebas periódicas de piezas de trabajo o pruebas de ejemplo.

El número de piezas de trabajo probado es tan bueno que el método de prueba puede variar. La prueba de especímenes puede ser examinada no destructivamente, o un número seguro puede ser probado usando métodos de pruebas destructivas. Métodos estadísticos son luego usados para predecir la calidad de la producción total. En algún caso, un inspector puede ser capaz para reconocer condiciones que pueden causar variaciones en la calidad de la soldadura, asegurar que la prueba de especímenes son ejemplos representativos, y verificar que las piezas de producción son fabricadas sobre las mismas condiciones como la prueba de especímenes.

La aplicación de control estadístico para la producción de calidad tiene 3 objetivos principales los cuales son los siguientes:

1. Para reducir el número de rechazos y paro de máquinas porque el rendimiento es pobre.

Defectos de Soldadura por Resistencia

2. Para apoyar en establecer los límites del procedimiento óptimo para una calidad satisfactoria.
3. Para proveer una razonable y confiable medida de la actual calidad de producción.

El logro de estos objetivos deberá de contribuir a la fabricación de productos de alta calidad para un rango económico y con mínimo desperdicio.

CAPITULO IV
PROCEDIMIENTO PARA CEDULACION

CAPITULO IV

PROCEDIMIENTO PARA CEDULACION

Hasta ahora hemos hablado de conceptos básicos que explican el principio de la soldadura por resistencia. Sin embargo en este capítulo nos enfocaremos a determinar la cantidad de corriente eléctrica, correcta presión ejercida por los electrodos, tiempo durante el cual fluye la corriente entre otras. Para esto es necesario realizar el siguiente procedimiento.

- 1) Obtener el tamaño correcto para la punta del electrodo (Tabla 2).
- 2) Ajustar la presión correcta (Tabla 4).
- 3) Ajustar el tiempo de soldadura correcto (Tabla 4).
- 4) Conectar la derivación (*tap*) más bajo del transformador (sí lo tiene).
- 5) Reducir el porcentaje de calor al valor mínimo.
- 6) Ajustar suficiente tiempo de acercamiento (*squeeze*) y fraguado (*hold*).
- 7) Asegurarse de que los electrodos sean planos en la punta y están bien alineados (Figura 4.7.1)
- 8) Incrementar el porcentaje de calor y/o tap hasta obtener la soldadura deseada.
- 9) Revisar derivaciones de corriente.

La manera más práctica de obtener los parámetros de corriente, presión y tiempo para algún proceso de soldadura en particular, es auxiliándose de tablas que relacionan las características del material (tipo de material, espesor y recubrimiento) con los parámetros de soldadura. Dichas tablas, son un extracto de las más usadas en la industria metalmecánica, con el propósito de tratar de cubrir las aplicaciones más comunes y se muestran en las siguientes páginas.

Retomaremos el procedimiento indicado arriba para dar una explicación más amplia.

4.1 Tamaño de punta del electrodo

El tamaño de la punta del electrodo se expresa generalmente en términos del diámetro. La Tabla 2, relaciona dieciséis diferentes calibres de láminas con las dimensiones del electrodo más adecuado para soldar alguna de ellas. Estas dimensiones son básicamente dos: el diámetro mayor

del electrodo y el mínimo diámetro para la punta del mismo, la figura 4.1.1, muestra un electrodo macho con estas dimensiones indicadas.

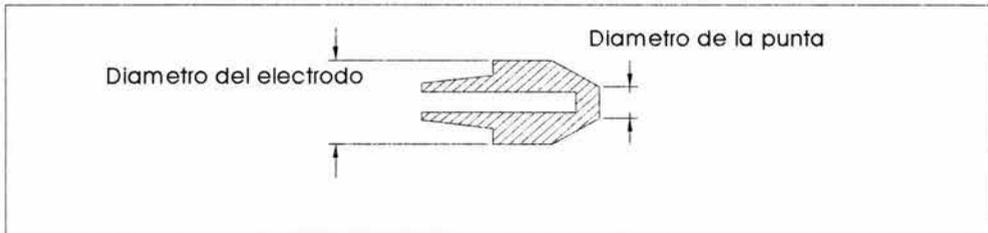


Figura 4.1.1 Sección longitudinal de un electrodo macho señalando dos acotaciones distintas.

En la misma tabla se encuentran tres datos más que pueden ser de gran utilidad:

- a) Mínimo ancho del borde en el dibujo adjunto a la **Tabla 2** se encuentra esta dimensión indicada con la letra **L**. Cuando algún punto de soldadura se realiza muy cerca de la orilla del material, no hay suficiente material para confinarlo y puede haber expulsión del mismo en el momento de la soldadura.
- b) Mínimo espacio entre cada punto de soldadura en el dibujo adjunto a la tabla se encuentra esta dimensión indicada con la letra **S**. Cuando un punto de soldadura se da muy cercano a otro(s) punto(s) gran cantidad de corriente se deriva a través de esos puntos vecinos, ya como hemos comentando en la sección anterior, la corriente se desplaza por los lugares de menor resistencia.
- c) Esfuerzo cortante (Shear strength). Es el máximo esfuerzo cortante capaz de soportar un punto de soldadura.

La manera de realizar una prueba de esfuerzo cortante al punto de soldadura se indica en la figura 4.1.4. El procedimiento permitirá asegurarse de que la calidad del punto de soldadura es correcta.

Nota 1: Cuando el calibre de los materiales no es igual, la información de esta tabla se debe considerar en relación al mínimo espesor, excepto la variable **S**. (**ver la Tabla 2**)

Nota 2: Cuando se sueldan 3 láminas de igual o diferente calibre, las variables **S**, **L** y el diámetro de la punta del electrodo (*tip diameter*) se obtienen tomando como espesor el 50% de la suma del espesor de las tres láminas. (**ver la Tabla 2**)

Espesor de Lámina (T) mm	Diámetro del electrodo	Mínima punta de electrodo	Mínima ancho de borde (L)	Mínimo espacio entre soldaduras (S)	Esfuerzo Cortante kg/mm ²
0.63	13	5	13	10	190
0.71	13	5	13	10	230
0.79	13	5	13	13	260
0.87	13	5	13	13	320
0.99	13	5	13	19	420
1.12	13	5	13	19	500
1.22	13	5	13	22	570
1.41	16	6	16	22	710
1.59	16	6	16	25	840
1.78	16	6	16	28	1040
1.98	16	6	16	32	1220
2.24	16	6	16	25	1410
2.51	19	8	19	28	1500
2.64	19	8	19	41	1590
2.82	19	8	19	43	2040
3.17	19	8	19	46	2270

Tabla 2 Lista de materiales con especificaciones para el diámetro del electrodo.

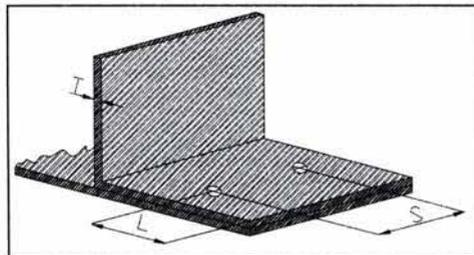


Figura 4.1.2 Parámetros importantes a considerar.

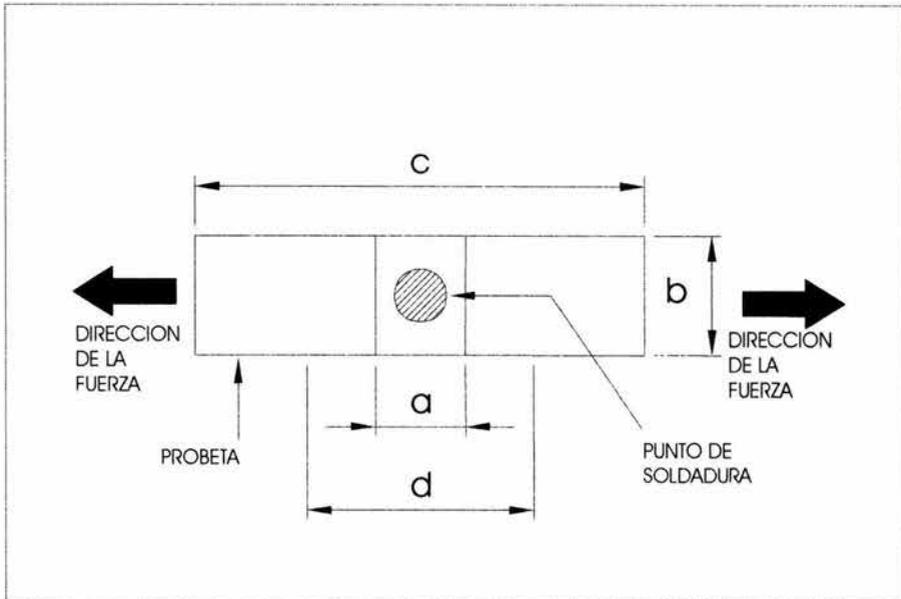


Figura 4.1.3 Esfuerzo cortante aplicado a un punto de soldadura.

Las dimensiones de la probeta (trozo de lámina destinado a ensayos) son proporcionales a su calibre. A continuación encontraremos una tabla con dimensiones para diferentes calibres de probetas.

Es importante que las probetas sean de acuerdo al espesor que se va a soldar debido a que con estas se realiza la inspección visual y destructiva de los puntos de soldadura para la producción en planta.

Se debe tener mucho cuidado en la inspección visual así como en la destructiva ya que los parámetros de soldadura (corriente, presión, tiempo, etc.) juegan un papel importante en la producción y estos quedarán fijos para llevarlos a la fabricación del ensamble final, cabe mencionar que la verificación de cada uno de los puntos de soldadura tanto destructiva como en inspección visual sería de alto costo, por lo que esta inspección se debe realizar de una forma controlada.

Procedimiento para Cedulación

Dimensiones de la probeta para someter un punto de soldadura a esfuerzo cortante, (la siguiente figura muestra las dimensiones de probeta que se utilizan actualmente la industria metalmeccánica).

Calibre mm	Traslape (a) mm	Ancho (b) mm	Longitud (c) mm	Longitud sin Sujetar (d) mm
0.4 a 1.5	35	45	175	95
1.5 a 3	45	60	230	105
3 a 5	60	90	260	120
5 a 7.5	80	120	300	140
7.5 a 12	100	150	320	160

Tabla 3 Tamaño de probetas, según espesor.

Cuando se quiere medir el diámetro del punto de soldadura (*nugget*) será necesario efectuar una prueba destructiva como se indica abajo (Figura 4.1.4)

De esta forma podremos garantizar que el punto de soldadura cumple con las dimensiones específicas para el espesor del material en cuestión.

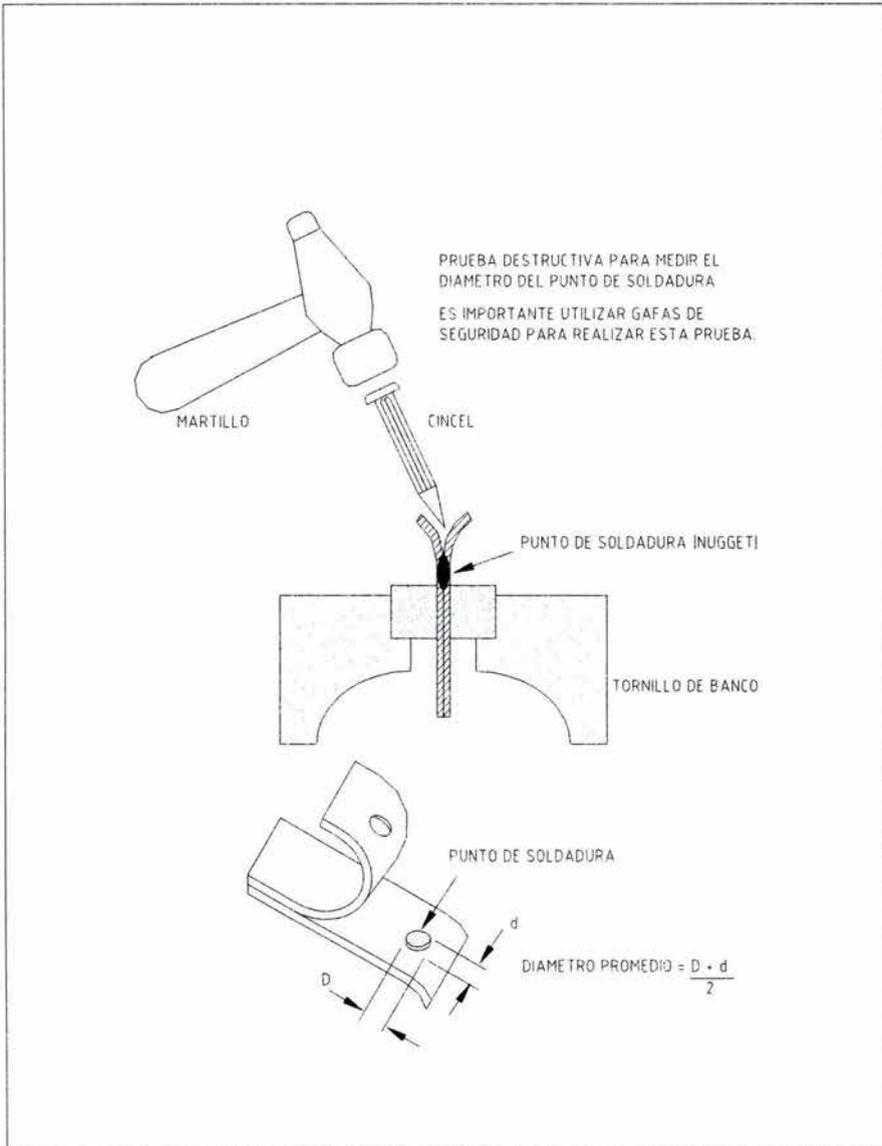


Figura 4.1.4 Prueba destructiva para medir el diámetro del punto de soldadura (es importante utilizar gafas de seguridad para realizar esta prueba).

Es importante efectuar pruebas visuales y de resistencia para asegurarse que los puntos de soldadura sean consistentes y su calidad es aceptable para producción. Se recomienda hacer estas pruebas en cada una de las siguientes ocasiones:

- En cada inicio y fin de turno
- Inmediatamente antes y después de que se reemplaza un electrodo.
- Cada vez que alguno de los servicios de la máquina se ha alterado o alguno de sus sub-ensambles ha sido cambiado.
- Inmediatamente después de cambiar cualquier elemento o material relacionado con el suministro de energía eléctrica.

4.2 Presión de soldadura

La presión ejercida por electrodos se puede obtener de la **Tabla 4** Ahí, se encuentra la presión en función del calibre de las láminas y el material que se pretende soldar. Se dispone de información para cuatro materiales distintos: acero dulce o suave (*mild steel*), acero galvanizado (*galvanized steel*), acero inoxidable (*stainless steel*) y aluminio (*aluminium*). Esta presión proporcionada es como punto de inicio, sin embargo, no necesariamente deberá ser este valor.

4.3 Tiempo de soldadura en ciclos

El tiempo durante el cual fluye la corriente (*weld time cycles*). También lo obtenemos de la **Tabla 4** y está en función del calibre de las láminas. Ver apéndice A para definición de ciclo.

NOTA:

En la práctica, la corriente de soldadura (*weld current*) recomendada en la **Tabla 4** no necesariamente tiene que ser ese valor, pues en cada aplicación existen derivaciones de corriente inevitables, no obstante, es una buena aproximación para valor de partida.

PROCESO DE SOLDADURA POR PUNTO ESTANDAR PARA 2 ESPESORES

Espesor de material		S.W.G.	Diámetro del electrodo		Presión de soldadura		Ciclos de soldadura	Corriente de Soldadura Amperes (A)
in	mm		in	mm	lbs/cm ²	Kg/cm ²		
Acero Dulce								
0.020	0.508	26	1/8	3.175	140	65	5	5000
0.025	0.635	24	5/32	3.969	170	75	5	5500
0.029	0.767	22	3/16	4.763	220	100	7	6000
0.039	0.99	20	3/16	4.763	280	125	9	7000
0.049	1.244	18	7/32	5.556	350	160	12	8000
0.062	1.575	16	1/4	6.350	550	250	18	10000
0.078	1.981	14	5/16	7.938	680	310	22	11000
0.099	2.515	12	5/16	7.938	880	400	25	12500
0.125	3.175	10	11/32	8.731	950	430	30	14000
0.198	5.029	6	7/16	11.113	1900	860	60	17500
Acero Galvanizado								
0.025	0.635	24	5/32	3.969	400	180	8	9000
0.029	0.767	22	3/16	4.763	450	205	10	10000
0.039	0.99	20	3/16	4.763	550	250	12	11000
0.049	1.244	18	7/32	5.556	725	330	15	12000
0.062	1.575	16	1/4	6.350	1050	475	20	15500
0.078	1.981	14	5/16	7.938	1400	635	24	20000
0.099	2.515	12	5/16	7.938	2000	905	30	24000
0.125	3.175	10	11/32	8.731	2750	1245	40	30000
Acero Inoxidable								
0.025	0.635	24	5/32	3.969	400	180	4	4600
0.029	0.767	22	3/16	4.763	650	295	5	6000
0.039	0.99	20	3/16	4.763	750	340	6	7000
0.049	1.244	18	7/32	5.556	1200	545	8	9500
0.062	1.575	16	1/4	6.350	1500	680	10	11000
0.078	1.981	14	5/16	7.938	1900	860	14	14000
0.099	2.515	12	5/16	7.938	2400	1090	16	16000
Aluminio								
0.012	0.305	30	1/8	3.175	200	90	3	9000
0.025	0.635	24	1/8	3.175	325	150	4	11000
0.029	0.767	22	5/32	3.969	400	180	5	13000
0.039	0.99	20	5/32	4.763	500	225	6	15000
0.049	1.244	18	3/16	4.763	550	250	8	18000
0.062	1.575	16	7/32	5.556	700	315	10	20000
0.078	1.981	14	1/4	6.350	850	385	12	22000
0.099	2.515	12	9/32	7.144	1000	450	15	24000
0.125	3.175	10	5/16	7.938	1300	590	20	28000

Tabla 4 Lista de 10 calibres diferentes de láminas y parámetros básicos para soldadura por puntos.

4.4 Derivaciones del transformador

En algunos casos, el transformador de soldadura tiene derivaciones (*taps*) en el devanado primario con el fin de ajustar el voltaje entregado por el devanado secundario del mismo (ver figura 4.4.1). Tal ajuste, puede ser necesario cuando:

- a) Se han modificado las dimensiones de los brazos de la punteadora, (dispositivo).
- b) Es necesario soldar materiales cuyos requerimientos de corriente difieren demasiado de los actuales. Luego el ajuste fino de corriente será por medio del controlador de soldadura.

Se entiende que cuando las dimensiones de los brazos son modificadas, la caída de tensión a través de ellos será mayor conforme se incremente su longitud y viceversa. Por ello, la mayoría de las máquinas de pedestal incluyen transformadores de potencia con dos o más derivaciones en el devanado primario. La figura 4.4.2, muestra precisamente la relación entre longitud de brazos, voltaje y derivaciones.

Cuando iniciamos la etapa de puesta en marcha, se recomienda conectar el tap más bajo y posteriormente reajustarlo según las necesidades de corriente.

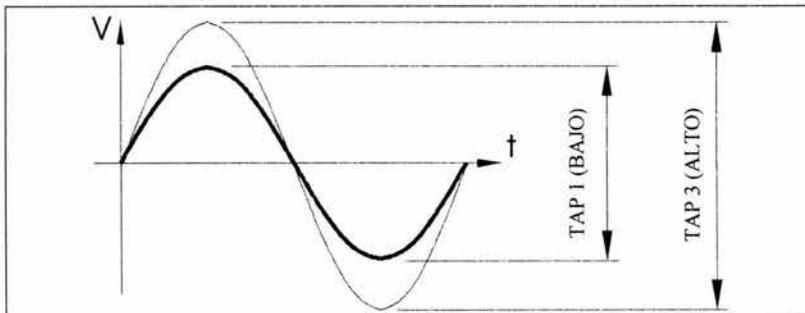


Figura 4.4.1 Voltaje en el devanado secundario de un transformador de acuerdo con el tap conectado.

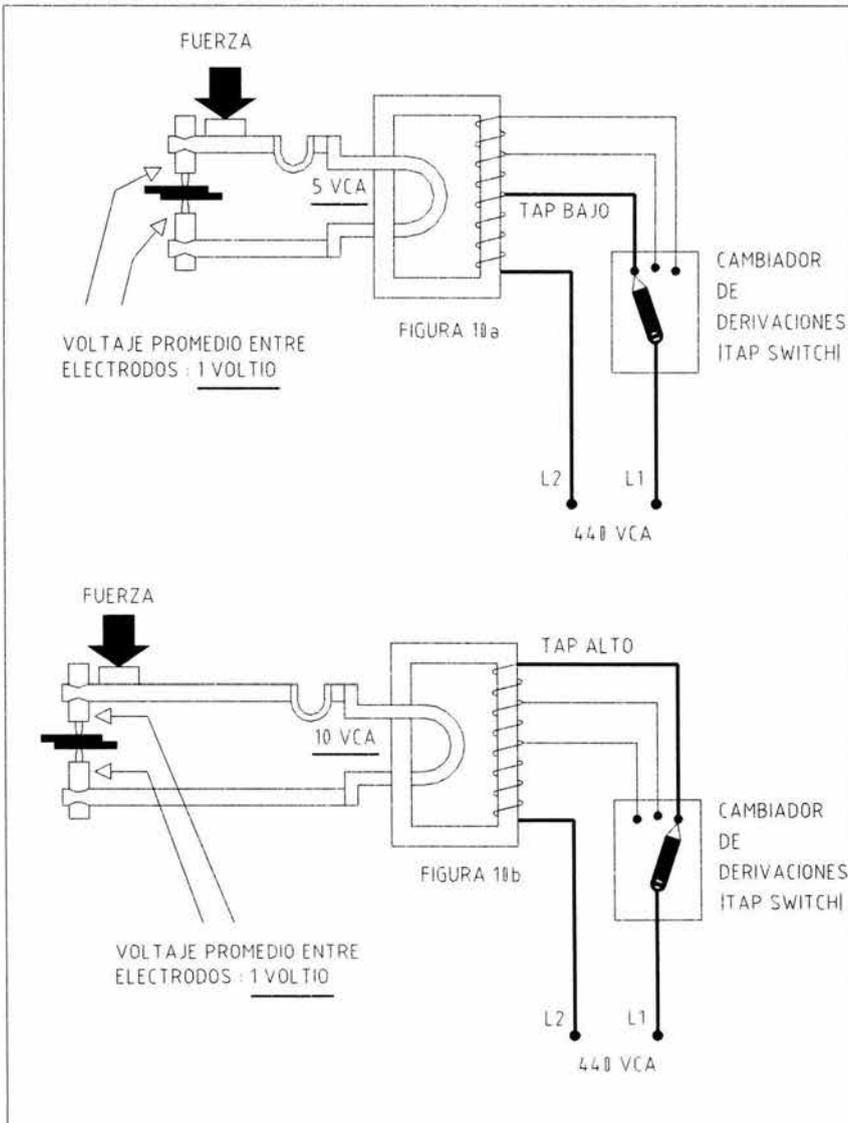


Figura 4.4.2 Es necesario incrementar el voltaje del devanado secundario para compensar la caída de tensión a través de los brazos.

4.5 Porcentaje de calor

Ajustar el porcentaje de calor al valor mínimo, esto es, disminuir la corriente de soldadura a un valor bajo. La razón de esto, es prevenir posibles daños en el material y/o electrodos por exceso de corriente.

4.6 Tiempo de acercamiento

Ajustar suficiente tiempo de acercamiento (squeeze) y fraguado (hold). Recordemos que el tiempo de acercamiento es el tiempo permitido desde el inicio de la secuencia para que los electrodos se muevan, entren en contacto con la pieza de trabajo (láminas) y se restablezca la caída de presión antes de que la corriente empiece a fluir.

El tiempo de fraguado algunas veces se conoce como tiempo de forja, y es el periodo de tiempo en el cual la presión permanece aplicada después de que la corriente ha cesado. Una vez que la soldadura ha sido formada, el punto de soldadura (nugget) semi-fundido requiere presión para forja mientras se enfría (Ver figura 4.6.1).

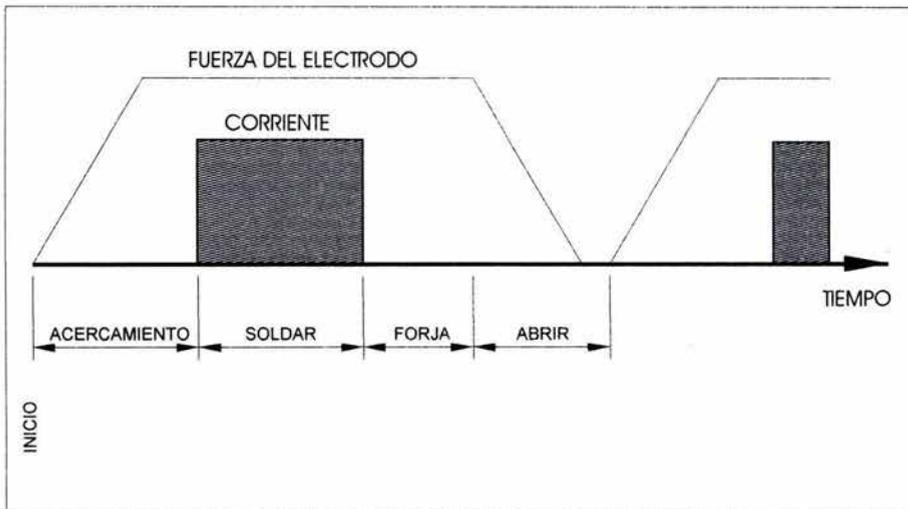


Figura 4.6.1 Diagrama de tiempos para una secuencia de soldadura básica.

4.7 Correcta alineación de electrodos

Asegurarse de que los electrodos son planos y están bien alineados. A continuación se muestran tres situaciones típicas en los electrodos que afectan el proceso de soldadura.

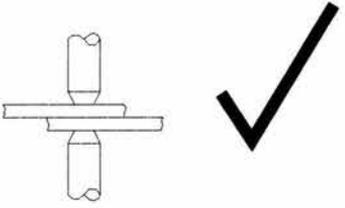
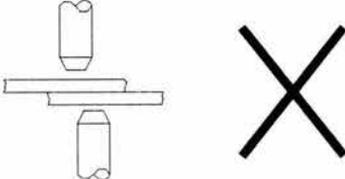
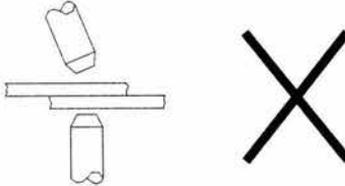
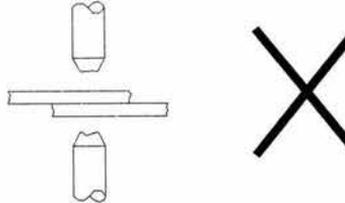
	ELECTRODOS PLANOS, BIEN ALINEADOS Y SIN PROBLEMAS DE ACENTAMIENTO
	ELECTRODOS DESALINEADOS
	ELECTRODOS CON PROBLEMAS DE ASENTAMIENTO
	ELECTRODOS CON SUPERFICIES DE CONTACTO DETERIORADAS

Figura 4.7.1 Errores típicos cuando los electrodos no se han instalado correctamente en la máquina.

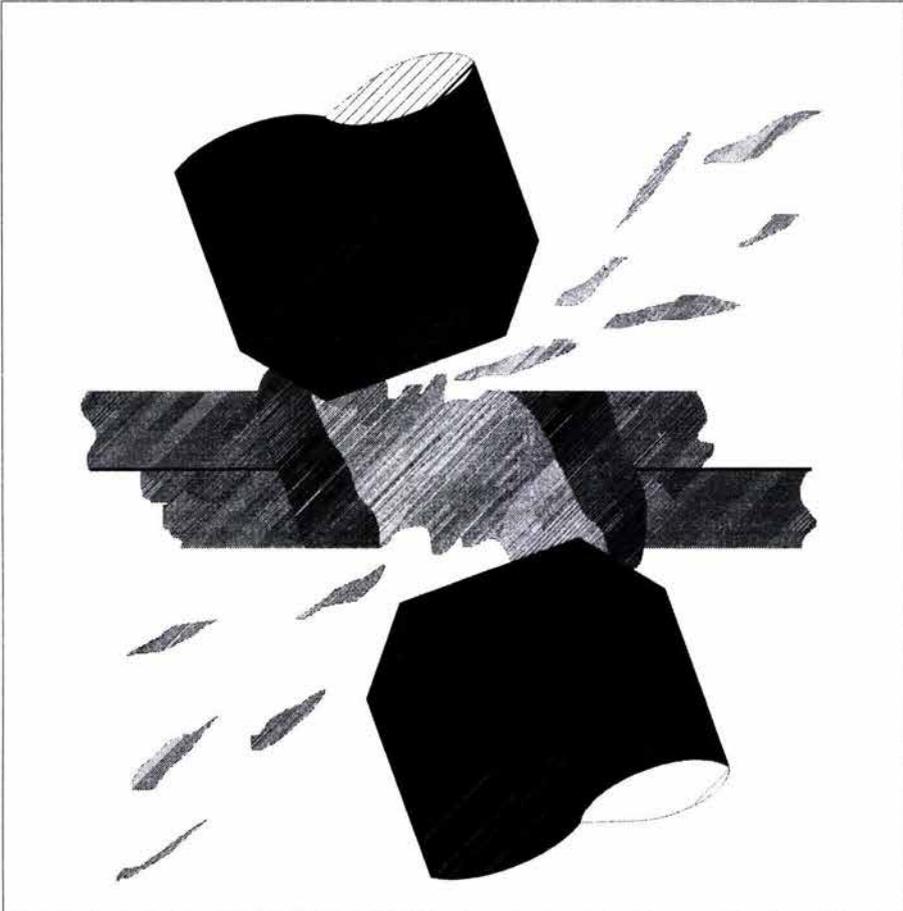


Figura 4.7.2 En particular, cuando hay problemas de asentamiento entre los electrodos, se producirá gran expulsión de material fundido (chispas). La zona que no tiene contacto directo con los electrodos acumulará más calor debido a que es más difícil disiparlo a través del aire. Cuando el material que se suelda alcance su punto de fusión, el campo magnético producido por el flujo de corriente expulsará parte del mismo.

4.8 Corriente de soldadura

Incrementar la corriente y/o derivación del transformador hasta obtener la soldadura deseada.

Es conveniente programar el sistema de control para que circule muy poca corriente cuando se realice el primer punto de soldadura. Posteriormente, se incrementará la corriente en forma gradual hasta obtener un punto de soldadura consistente, sin olvidar la corriente que se propone en la tabla 4.

Cuando la máquina no pueda suministrar suficiente corriente y su transformador cuente con derivaciones en el circuito primario, puede ser necesario conectar un tap más alto e intentar ajustar nuevamente la corriente de soldadura, comenzando con el valor más bajo para no dañar el material

4.9 Derivaciones de corriente

Es importante observar cuidadosamente cuando la punteadora va hacia el material o viceversa, porque en numerosas ocasiones el circuito secundario, principalmente los brazos, tienen contacto con alguna pieza metálica y la derivación de corriente puede ser tan grande que afecte la consistencia del punto de soldadura. La figura 4.9.1, muestra un ejemplo de este problema.

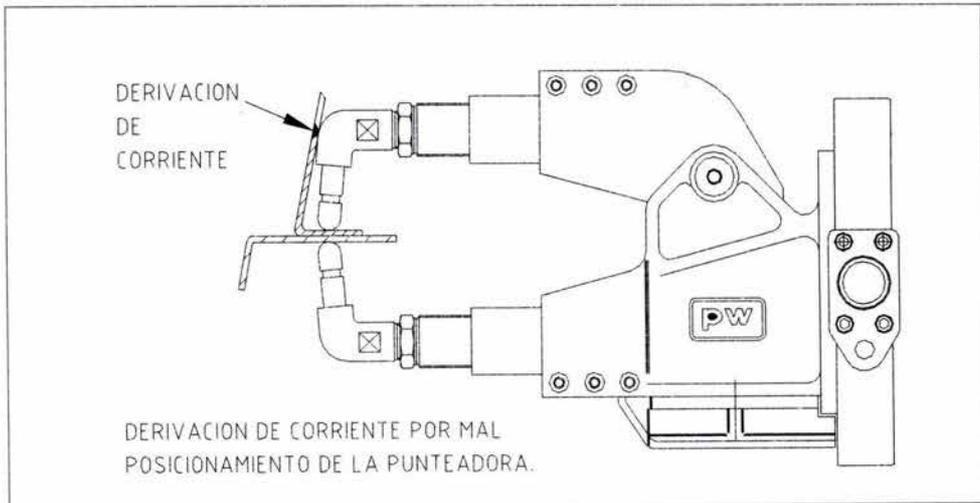


Figura 4.9.1 Derivación de corriente por mal posicionamiento de la punteadora.

CAPITULO V
SELECCION DE CABLES

CAPITULO V

SELECCION DE CABLES

Las características de los cables de conducción en el sistema secundario, son un punto de gran interés por lo que en este capítulo nos enfocaremos en la selección correcta de los mismos, ya que en la industria metalmecánica donde haya un proceso de soldadura por resistencia estarán presente este tipo de cables.

La siguiente información esta basada para un cable de conducción de corriente y se demostrara el correcto método para determinar los requerimientos de la capacidad que deberán tener. Los cables de conducción de corriente en el secundario se pueden catalogar en 3 tipos, los cuales son:

1. *Cable unipolar enfriado por aire (Air cooled jumper)*
2. *Cable enfriado unipolar por agua (Water cooled jumper)*
3. *Cable bipolar (Kickless cable)*

Las figuras de abajo, muestran la forma de cada uno.



Figura 5.0.1 Cable unipolar enfriado por agua (Water cooled jumper).

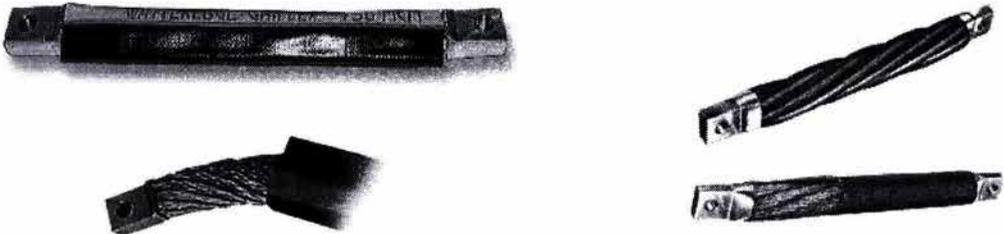


Figura 5.0.2 Cables unipolares enfriador por aire (Air cooled jumper).



Figura 5.0.3 Cables bipolares (Kickless cable).

Antes de realizar el procedimiento para la selección de la capacidad de los cables es importante conocer la aplicación en donde se desea colocar los mismos. Ya que en numerosas ocasiones una mala selección del tipo de cable, traerá consigo fuertes consecuencias en el proceso de soldadura, tales como: Calentamiento y desgaste excesivo en los cables, desgaste prematura del sistema secundario (Electrodos, adaptadores y barras de conducción), por lo la siguiente información de acuerdo a la experiencia adquirida será de gran ayuda según sea la aplicación.

Uso de los cables en aplicaciones.

- Cable unipolar enfriado por aire (Air cooled jumper). Aplicaciones de herramientas y punteadoras donde la corriente de soldadura no sea excesiva.
- Cable unipolar enfriado por agua (Water cooled jumper). Aplicaciones de máquinas de pedestal, punteadoras tipo Robot, donde se necesite de alto consumo de corriente de soldadura, pero es recomendable en longitudes cortas como máximo de 1mts, ya que a medida que incrementa la longitud será necesaria una capacidad mayor para compensar las pérdidas.
- Cable bipolar (Kickless cable). Aplicaciones punteadoras con transformador suspendido (descrito en el capítulo 2) el uso de este tipo de equipo cada vez es más obsoleto, punteadoras tipo Robot con transformador remoto (El transformador se encuentra en la base del robot), es recomendable para longitudes mayores a un 1 metro.

Ahora bien después de seleccionada la aplicación se proseguirá a la selección correcta de capacidad del cable.

Los principales parámetros para realizar el proceso de soldadura, y los cuales se podrán obtener en las hojas de proceso para realizar la selección del cable será:

- Ciclos de corriente “en tiempo” por soldadura (Cycles of current “on time” per weld)
- Número de soldaduras por minuto (Number of welds per minute)
- Corriente por soldadura (Amperes per weld)
- Longitud del cable (Cable length)

Después de obtenida la información de arriba proporcionada, comenzaremos con la descripción de cada uno de los pasos a seguir.

1. Ubicar en la columna de mano izquierda de la figura 5.0.4, el número de ciclos de corriente por soldadura, de la información arriba obtenida.
2. Ubicar en la columna de mano derecha de la figura 5.0.4, el número de soldaduras por minuto, de la información arriba obtenida.

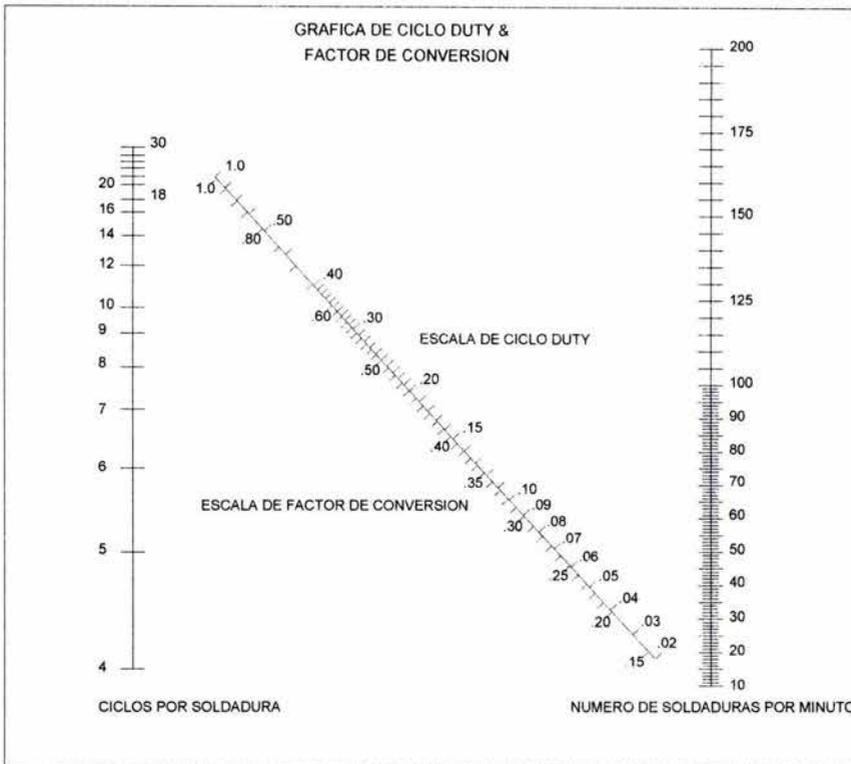


Figura 5.0.4 “Escala de factor de conversión”⁷.

3. Después de seleccionar en las columnas, el número de ciclo de corriente por soldadura y el número de soldaduras por minuto, se traza una línea de lado a lado para unir ambos valores, e interceptará con la diagonal de en medio, en la cuál obtendremos dos valores, la escala de factor de conversión en la parte inferior y el ciclo de trabajo (duty cycle) que esta definido en la parte superior de la diagonal, para este caso el único valor que será de nuestro interés será el factor de conversión.
4. Multiplicando la corriente por soldadura en Amperes por el factor de conversión nos dará la corriente continua de trabajo (Continuous duty Current).
5. El siguiente paso será dependiendo del tipo de cable que se requiera usar (bipolar, cable enfriado por agua ó cable enfriado por aire), el cual determinará que gráfica se deberá

⁷ Watteredge Uniflex, www.watteredgeuniflex.com. Abril 2004.

usar. De acuerdo al valor obtenido de corriente continua de trabajo, este valor será colocado en la columna de mano izquierda de gráfica seleccionada, y se trazará una línea horizontal a partir de ese punto.

6. Después de seleccionada la gráfica del cable y colocado el valor en la columna de mano izquierda, se deberá de colocar el valor de la longitud del cable en la parte horizontal inferior de la gráfica y se dibujará una línea vertical a partir de ese punto.
7. La intersección de ambas líneas de los pasos 5 y 6, seleccionarán una de las diagonales de la gráfica, la cual no proporcionará la capacidad recomendada para estos valores ó el rango de la capacidad del cable a utilizarse.

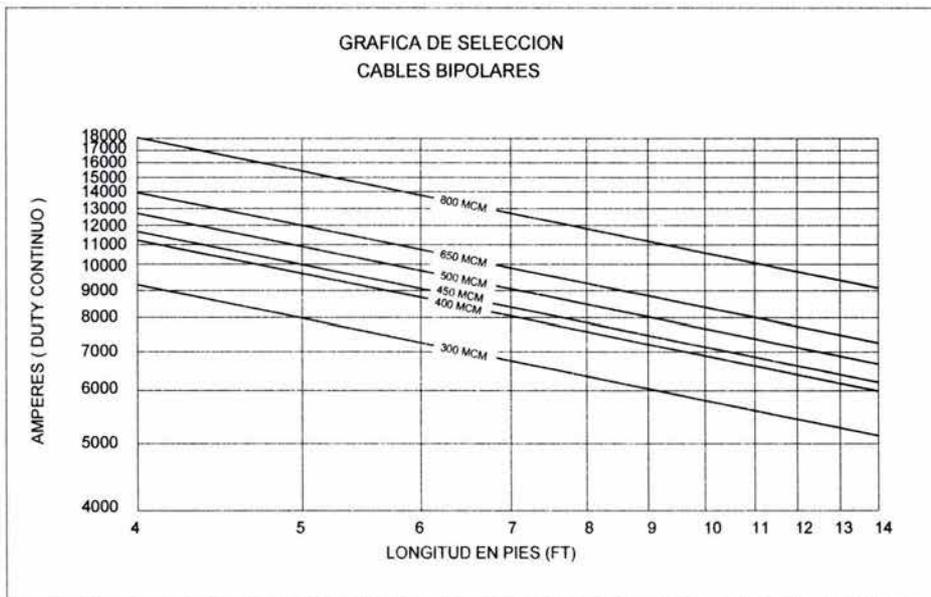


Figura 5.1.1 “Gráfica para cables bipolares”⁸.

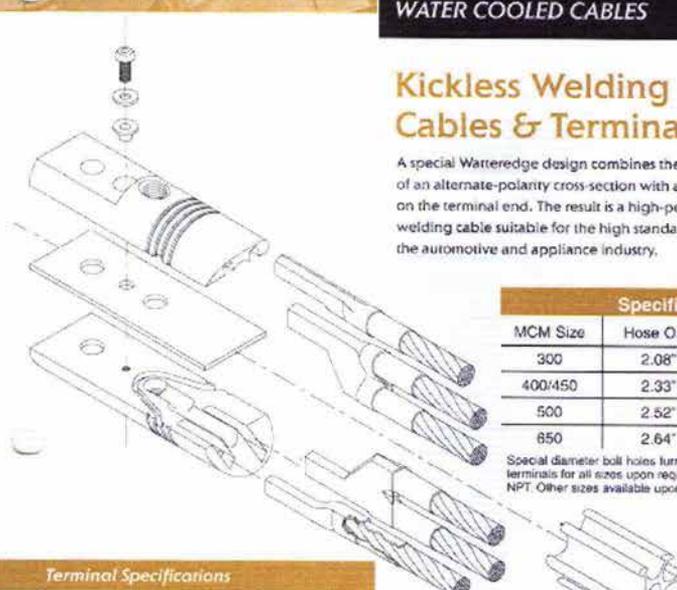
En la venta de cables bipolares (Kickless cable), hay una gran variedad de terminales de sujeción, sin embargo las terminales estándares que se muestran en la figura 5.1.2, son las más comerciales.

⁸ Watteredge Uniflex, www.watteredgeuniflex.com. Abril 2004.



Kickless Welding Cables & Terminals

A special Watteredge design combines the low-reactance feature of an alternate-polarity cross-section with a unique connection on the terminal end. The result is a high-performance, long-life welding cable suitable for the high standards and demands of the automotive and appliance industry.

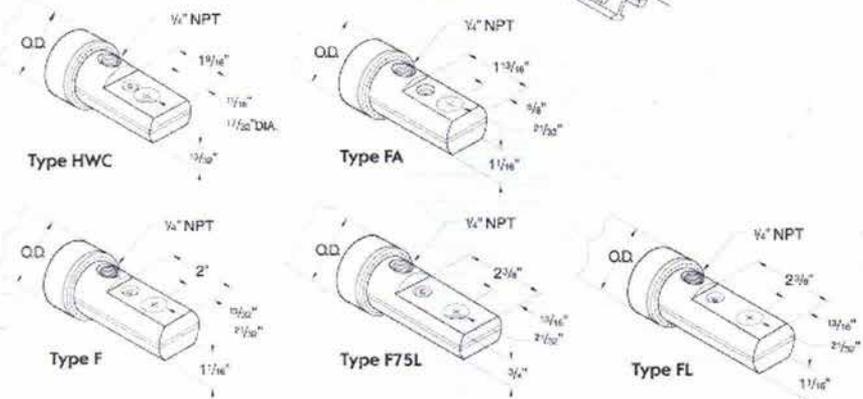


Specifications

MCM Size	Hose O.D.	Terminal O.D.
300	2.08"	1 1/8"
400/450	2.33"	1 3/16"
500	2.52"	1 3/8"
650	2.64"	1 31/32"

Special diameter bolt holes furnished upon request. Special terminals for all sizes upon request. Water inlet standard is 1/4" NPT. Other sizes available upon request.

Terminal Specifications



© 2003 Watteredge, Inc. • 567 Miller Road • Avon Lake, Ohio 44092 • Phone: (440) 933-6110 • Fax: (440) 933-6276

Figura 5.1.2 "Terminales estándar de los cables bipolares (Kickless cable) (Cortesía de Watteredgeuniflex)"⁹

⁹ Watteredge Uniflex, www.watteredgeuniflex.com. Abril 2004.

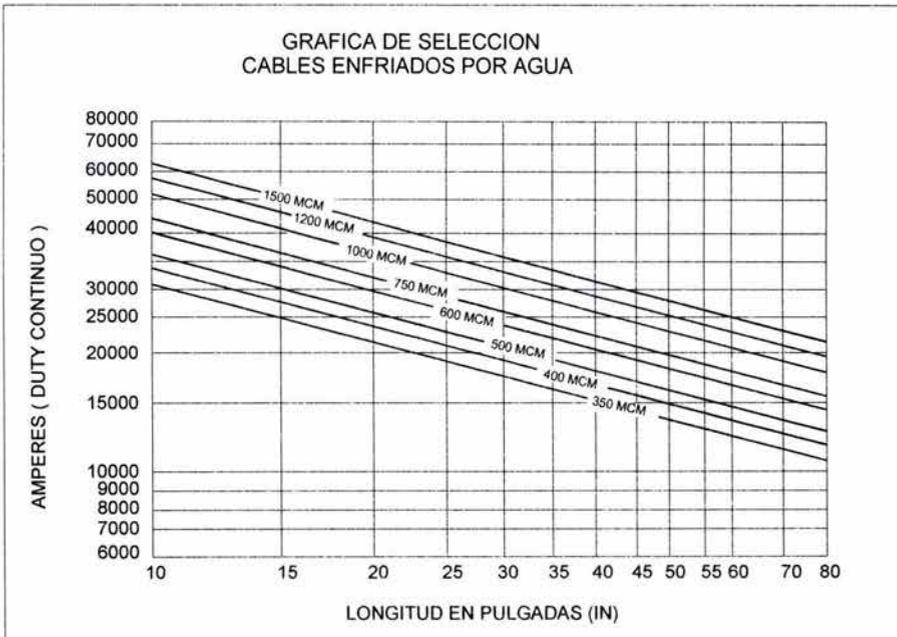


Figura 5.2.1 "Gráfica para cables enfriados por agua"¹⁰.

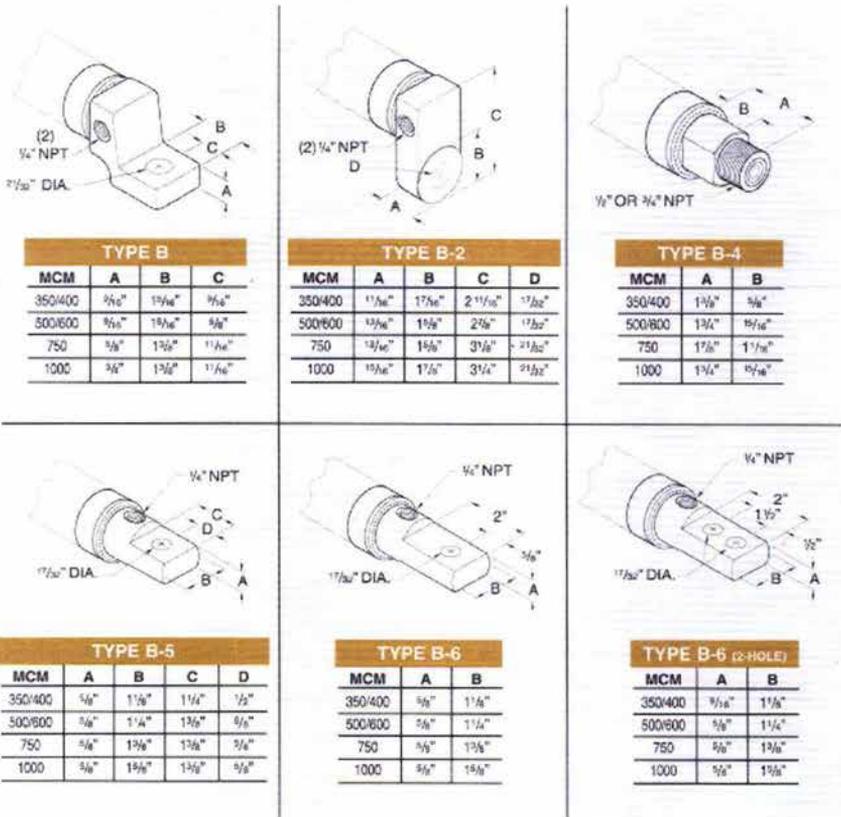
En la venta de cables unipolares enfriados por agua (Water cooled jumper), hay una gran variedad de terminales de sujeción, sin embargo las terminales estándares que se muestran en la figura 5.2.2, son las mas comerciales.

¹⁰ Watteredge Uniflex, www.watteredgeuniflex.com. Abril 2004.



Terminal Types

Every Watteredge water cooled jumper comes equipped with full-length filter tubes that insure free-flow water passage throughout the entire system. Extreme bending or kinking of the cable will not reduce the water flow.



© 2003 Watteredge, Inc. - 567 Miller Road - Avon Lake, Ohio 44022 - Phone: (440) 933-6110 - Fax: (440) 933-6348

Figura 5.2.2 "Terminales estándar cables unipolares enfriados por agua (Water cooled jumper)"¹¹.

¹¹ Watteredge Uniflex, www.watteredgeuniflex.com. Abril 2004.

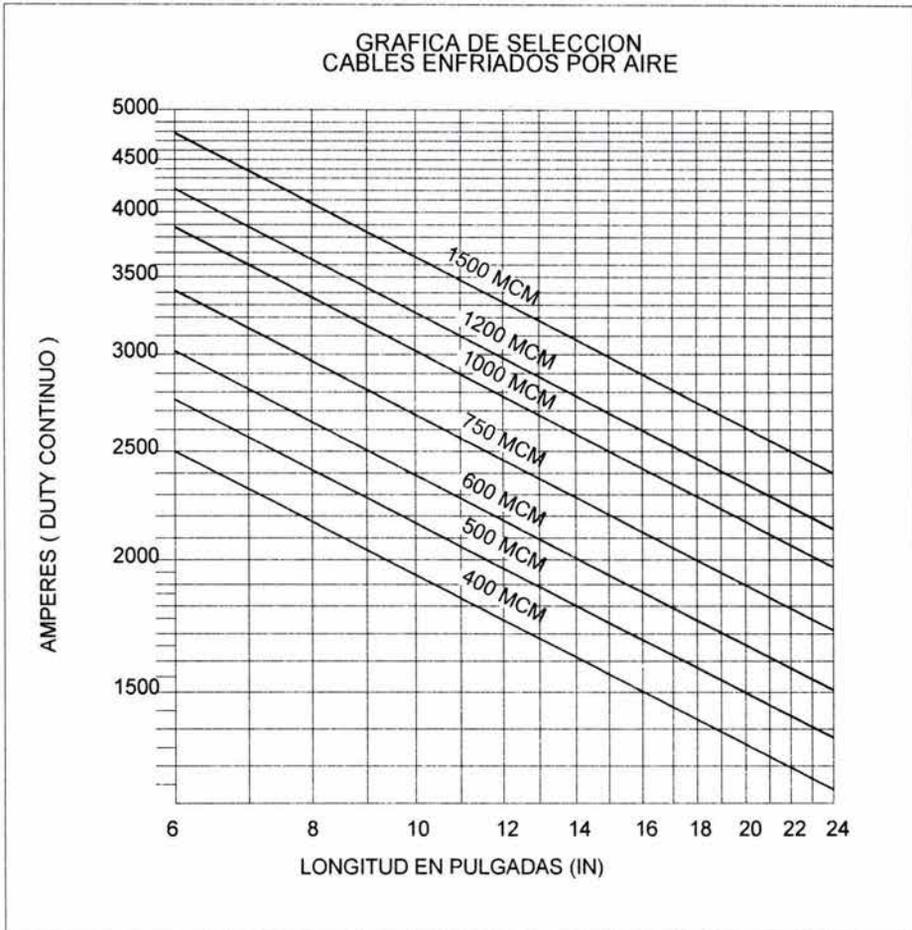


Figura 5.3.1 “Gráfica para cables enfriados por aire”¹².

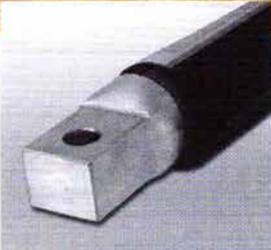
En la venta de cables unipolares enfriados por aire (Air cooled jumper), hay una gran variedad de terminales de sujeción, sin embargo las terminales estándares que se muestran en la figura 5.3.2, son las mas comerciales.

¹² Watteredge Uniflex, www.watteredgeuniflex.com. Abril 2004.



WATTEREDGE
watteredge.com

AIR COOLED JUMPERS



Type DJ Air Cooled Jumpers

The Watteredge Air Cooled type Dry Jumper is identified by "DJ". The terminals are available in lengths up to 3 3/4" for special applications.

MCM	1.250" Wide	1.375" Wide	1.500" Wide
500	0.510"	0.465"	0.425"
600	0.540"	0.490"	0.450"
750	0.650"	0.590"	0.545"
1000	0.825"	0.750"	0.690"
1200	0.965"	0.880"	0.805"
1500	1.165"	1.060"	0.975"
2000		1.575"	1.440"

Note: The standard terminal width is 1 1/4"; if a 1 3/8"-1 1/2" wide terminal is required, please specify when ordering.

How To Order: Type DJ Dry Jumper

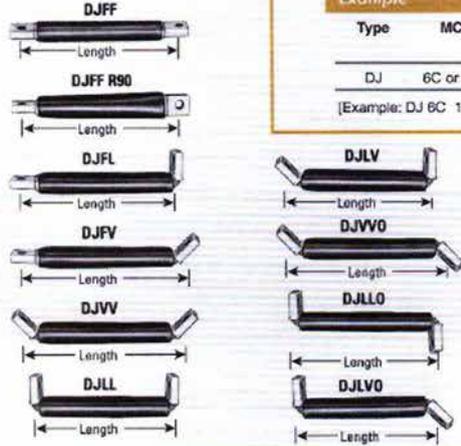
The length is measured from the bolt hole centers at each end of the cable on straight or 45° terminals. It is measured from the extreme ends of 90° terminals. On terminals with two holes, measure from the centers of the outer holes. The following information should be provided:

Example

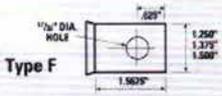
Type	MCM Size	Length	Terminals	
			1st End	2nd End
DJ	6C or 600 MCM	16"	F	V

[Example: DJ 6C 16" F V]

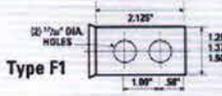
How To Check Lengths of Jumper - Terminal Connections



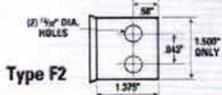
Type F



Type F1



Type F2



© 2003 Watteredge, Inc. • 567 Miller Road • Avon Lake, Ohio 44022 • Phone: (440) 933-0170 • Fax: (440) 933-8248

Figura 5.3.2 "Terminales estándar de cables unipolares enfriados por aire (Air cooled jumper)"¹³.

¹³ Watteredge Uniflex, www.watteredgeuniflex.com. Abril 2004.

CAPITULO VI

RESISTENCIAS

CAPITULO VI

RESISTENCIAS

Si en un conductor (cable) se intercalan focos, fusibles, interruptores, etc., los elementos de mayor resistencia eléctrica sufrirán mayor calentamiento que los otros al paso de la misma intensidad de corriente. En este caso los focos serán los elementos con mayor calentamiento.

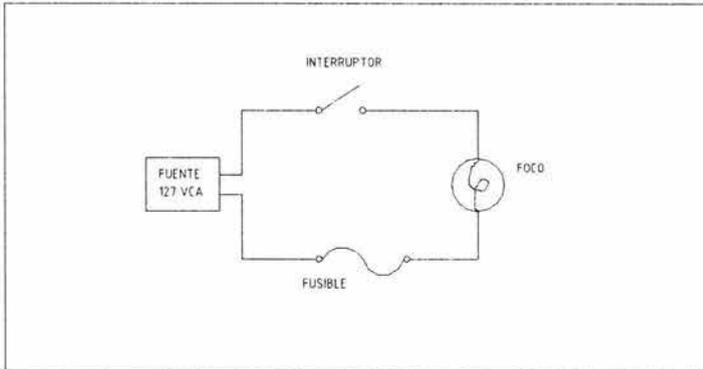


Figura 6.1. En este circuito el foco presenta mayor resistencia al paso de corriente y por ello se calentará más que el resto de los elementos.

Sobre el circuito anterior es conveniente recordar algunos conceptos básicos de circuitos eléctricos.

Sea $I = V / R$ Ley de Ohm

Donde: I = Corriente a través del foco medida en amperios (Amperios)

V = Voltaje en las terminales del foco (Voltios)

R = Resistencia que ofrece el foco al paso de la corriente (Ohms)

Luego, la potencia eléctrica (W) que el foco demanda es:

$$W = I^2 * R$$

Conociendo la potencia eléctrica que el foco demanda, determinar la energía (E) que este consume es muy sencillo ya que por definición la energía potencial demandada por unidad de tiempo (t).

$$E = W * t$$

En otros términos:

$$E = I^2 * R * t$$

Prácticamente podemos decir que la energía suministrada por la fuente de corriente alterna al foco depende de tres variables fundamentalmente:

- La cantidad de corriente que circula.
- La resistencia al paso de la corriente.
- El tiempo que circula la corriente.

La corriente eléctrica consumida generalmente en soldadura por resistencia es de 3000 a 100,000 amperes o más con un voltaje que va desde 0.5 hasta 35 volts dependiendo de la aplicación particular. Esta corriente se obtiene de un transformador instalado dentro de la máquina de soldar alimentado generalmente con un voltaje en el rango de 220 a 440 voltios de corriente alterna a través de un *interruptor-temporizador* especialmente diseñado para controlar el tiempo y la cantidad de corriente.

Es conveniente mencionar que todas las máquinas de soldadura por resistencia las constituyen tres elementos fundamentales:

- Un transformador que provee corriente de soldadura.
- Un medio para controlar la corriente.
- Un elemento mecánico que provee presión de soldadura entre materiales.

En el circuito secundario de una máquina de soldar, hay componentes y zonas de diferente resistencia eléctrica: brazos, porta-electrodos, electrodos, láminas a soldar y *el contacto entre estos*.

Es precisamente la zona de contacto entre las dos láminas a soldar la de mayor resistencia eléctrica con gran diferencia respecto al resto del circuito.

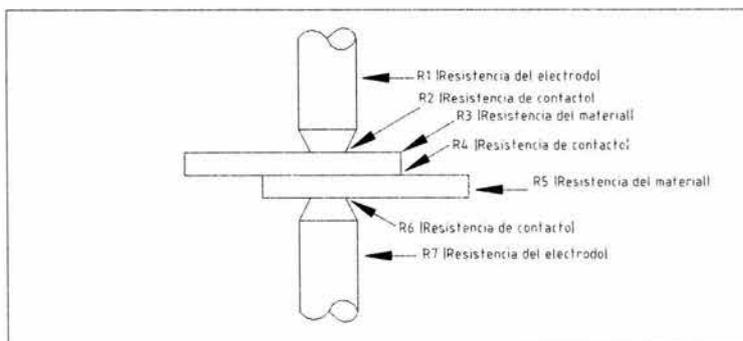


Figura 6.0.1 Resistencias de contacto notablemente mayores respecto a la resistencia de electrodos y materiales.

La consecuencia es que en esa zona concreta (resistencia de contacto entre láminas) es donde se genera gran cantidad de calor, debido a la resistencia eléctrica y el flujo de corriente, fundiéndose una parte de cada lámina y solidificándose bajo presión de los electrodos se obtiene un punto de soldadura. Este es el fundamento y el origen de la denominación “por resistencia”.

Uno de los principios de la soldadura por resistencia es generar el calor en la zona de soldadura en el menor tiempo posible, a fin de que el calor disipado por convección a través del sistema de enfriamiento (circulación de agua) sea el menor.

Todo el calor que se genera fuera de la zona de soldadura es indeseable y se debe disminuir en la medida de lo posible. Para ello se instalan sistemas de enfriamiento a base de agua y se utilizan materiales con baja resistencia eléctrica en la construcción del circuito eléctrico tales como latón, bronce y cobre.

CAPITULO VII

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA

CAPITULO VII

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA

El siguiente dispositivo de soldadura por resistencia que desarrolle en el presente trabajo, y que se describirá en este capítulo, es para el aprendizaje de una forma más real al que se imparte en la facultad, ya que es importante conocer, el desarrollo en que se realiza el proceso de soldadura por resistencia en la industrial metalmecánica en la actualidad, no obstante es un prototipo de configuración totalmente diferente a los equipos que se encuentran actualmente en el mercado, sin embargo el concepto y funcionamiento es muy similar.

7.1 Diseño del dispositivo

Retomando conceptos de los capítulos anteriores, ahora nos enfocaremos en este capítulo, al diseño, construcción y pruebas de soldadura con material para verificar el buen desempeño de equipo de soldadura con sus parámetros correspondientes para soldar lámina, así como se corroborará que la información vista es los capítulos anteriores, es correcta para el proceso. En algunos casos se requerirán pequeños ajustes para dejar el equipo en óptimas condiciones, sin embargo serán mínimos.

El dispositivo cuenta con varios componentes que conformar la configuración ideal para realizar el proceso de soldadura por resistencia, cada uno de los elementos, juega un importante papel en el óptimo desempeño del proceso de soldadura, por lo que el diseño y construcción, deberán de ser los ideales para que el equipo funcione como se planeo.

El dispositivo está diseñado para realizar el proceso de soldadura por resistencia por punto y tuerca, el cual cuenta con 2 módulos de soldadura, sin embargo, para el caso de este trabajo, solo se realizará el proceso de soldadura por punto, por lo que el proceso de soldadura por resistencia para tuerca, puede ser retomado, para una continuación del presente trabajo ya que la mayoría de las necesidades que se requieren para realizar este último, están consideradas en la mesa de trabajo para la etapa final del segundo módulo de soldadura por resistencia para tuerca .

Para realizar el diseño y construcción del presente dispositivo de soldadura por resistencia por punto, se consideraron varios aspectos, que de acuerdo con la experiencia laboral en tema del este presente trabajo, fueron los más adecuados para el desarrollo y construcción del siguiente dispositivo.

Todos los elementos que constituyen el dispositivo de soldadura están conformados en tres grupos, los cuales son:

- A) Elementos de la parte mecánica**
- B) Elementos de la parte de control y potencia**
- C) Elementos de la parte neumática**

Estos cubrirán todos los elementos empleados para el desarrollo de la construcción del dispositivo de soldadura por resistencia por punto.

7.2 Elementos del dispositivo

Como se comentó en capítulos anteriores, en ocasiones los periféricos que acompañan al proceso de soldadura, son algunas veces más importantes que el propio equipo al que fue diseñado, por lo que en este subtema mencionaremos todos los elementos involucrados para el desarrollo y fabricación del dispositivo de soldadura, los cuales son:

A) Elementos de la parte mecánica.

- Brazo de cobre superior e inferior
- Adaptador de cobre superior e inferior
- Electrodo (cap) superior e inferior
- Barra de cobre para conducción
- Puente de lanas móvil y fijo
- Base de sujeción de cobre para conducción
- Soporte de montaje para brazo fijo
- Aislante de sujeción (Nylamid)
- Aislante de sujeción (Nylamid) entre base de cobre y soporte de montaje
- Tornillos y roldanas de diferentes tamaños
- Manguera de 3/8" , para suministro y retorno de agua
- Vigas de acero de diferentes tamaños
- Placa de acero para montaje de partes fijas
- Placas de acero para montaje de cilindros
- Ángulos de acero para soporte en el piso
- Distribuidor de agua (Manifold)

B) Elementos de la parte de control y potencia

- Control de soldadura (Armado)
- Transformador de soldadura
- Cable de potencia
- Botón de retracción
- Botón de soldadura

- Selector de 2 posiciones para (soldad y no soldar)
- Selector de 2 posiciones para (Programa 1 y Programa 2)
- Botón tipo hongo para paro de emergencia
- Cable de 5 hilos blindado
- Cable para regulador proporcional
- Cable para switch de presión
- Cable de 3 hilos para válvulas neumáticas

C) Elementos de la parte neumática

- Cilindro de soldadura de con cámara de retracción y cámara de soldadura
- Válvula de retracción
- Válvula de cierre
- Bobinas de 24 V
- Charola neumática con: regulador proporcional, filtro de impurezas y bloque apertura
- Manguera de aire de 10mm
- Manguera de 3/8" , para suministro principal de aire

Como se mencionó anteriormente, todos los elementos se separaron en tres grupos los cuales, en el siguiente tema, se estarán explicando cada uno y la función que desempeñan en el dispositivo de soldadura por resistencia por punto.

7.2.1 Elementos de la parte mecánica

7.2.1.1 Partes del circuito secundario

Las partes del circuito secundario de conducción, tales como: brazo superior e inferior, adaptador superior e inferior, electrodos, bloques de conducción, puente de lanas y base de sujeción del brazo son de Cobre-Cromo-Zirconio, estos elementos son los que se utilizan los fabricantes para la fabricación de maquinas de soldadura por resistencia, ya que proporcionan las dos características principales para este proceso que son *elevada dureza y buena conductibilidad*. Estos elementos nos proporcionarán la facilidad de transmitir la corriente eléctrica que va desde el transformador hasta el material a soldar. Es importante que el sistema de conducción cuenten con sistema de enfriamiento el cual puede ser agua y/o aire, ya que como debemos tener conocimiento, el paso de corriente eléctrica proporciona un calentamiento en los materiales como ya lo comentamos en el capítulo 1 (Ley de Joule), y para este caso, en el dispositivo, utilizaremos dos formas de enfriamiento, las cuales consisten básicamente en el suministro de agua interno y/o aire del medio ambiente de cada uno de los elementos, por otro lado, se considero colocar todo el sistema secundario en partes independientes, para que el sistema fuese flexible a cambios en mediano o largo plazo. A continuación estaremos describiendo cada una de las partes que integran este sistema secundario del dispositivo.

Retomando conceptos del capítulo 1. Se debe considerar que estos elementos que integran el sistema secundario, cuentan con las 2 propiedades básicas e importantes para su construcción que son:

1. Buena conductibilidad eléctrica.
2. Elevada resistencia.

Ya algunas o todas las partes del sistema secundario estarán propensas a calentamiento debido al paso de corriente eléctrica y a la constante presión ejercida por el cilindro.

Barras de conducción. Estas barras se localizan en las terminales del transformador al puente de laines, para este caso tenemos tres barras de conducción, las cuales son representadas por las figuras 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3 y 7.2.4, como hemos comentado es importante que se cuente con un suministro de agua interno por lo que para este tipo de barras de conducción, se esta considerando un barreno en la parte interior, el cual proporcionara un flujo interno de agua, en cada uno de los bloques, logrando así, disipar por medio de convección el flujo de calor generado por la corriente eléctrica.

Puente de laines. El puente de laines, se encuentra posicionado al termino de la barra conducción, para este caso, se esta considerando este tipo el elemento, ya que será necesario ajustar el brazo fijo del dispositivo, siendo una de sus características la flexibilidad, sin embargo para el puente de laines que se ubica en el brazo superior, este elemento también es considerado con las mismas características, ya que se debe de contar con movimiento, para el desplazamiento del brazo superior que va montado en el cilindro, el cual proporcionará el cierre del circuito de conducción para el proceso de soldadura (ver figura 7.2.5).

Buje de brazo fijo. Esta parte se encuentra ubicada, entre el puente de laines y el brazo fijo, y ofrece, la característica conectar el puente de laines con el brazo, el cual será colocado para además de realizar la conexión, proporcionar el suministro de agua al dispositivo (ver figura 7.2.6)

Adaptadores. El adaptador es el elemento que deberá de estar bien enfriado, al igual que el electrodo, ya que se encuentra directamente en la etapa final del proceso, y donde se origina una gran cantidad de calor debido al paso de corriente, el cual tendrá la misión de disiparlo inmediatamente, este elemento conecta el brazo al electrodo (ver figuras 7.2.7 y 7.2.8).

Brazos. Estos elementos son robustos para alojara el adaptador que llevara el electrodo (cap), para el proceso final, este también debe de ser enfriado por agua, ya que se localiza en la parte cercana al proceso y requiere disipar el calor generado por la corriente eléctrica (ver figuras 7.2.9 y 7.2.10).

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

Electrodo (cap). El electrodo es el elemento de mayor calentamiento en el proceso ya que es el que estará proporcionado la corriente necesaria, para realizar el punto de soldadura correcto, y debe de ser enfriado por agua, para garantizar la correcta calidad de soldadura (ver figura 4.1.1).

Base fija de montaje para brazo fijo. El soporte estará colocado en el brazo fijo, el cual nos proporcionara la sujeción del mismo sobre la mesa de trabajo, para ajustarlo y no permitir ningún desplazamiento del brazo, este elemento tiene como principal función la sujeción del brazo inferior (ver figura 7.2.11).

Aislantes. Para el proceso de soldadura por resistencia, es de suma importancia tener algunos elementos aislado, para que la conducción de corriente eléctrica no se desplace por un camino que no sea de nuestro interés, por tal motivo es este dispositivo se están considerando dos tipos de aislamientos en el sistema secundario, para prever estos problemas, y evitar defectos de soldadura en el proceso.

Buje cilindro-brazo. Este aislante corresponde al colocado entre el cilindro de soldadura y el brazo móvil, ya que debemos prevenir posibles daños, que se podrían ocasionar en la parte interna del cilindro, el material que se esta utilizando es Nylamid, ya que es un dieléctrico utilizado en la industria metalmecánica para aislar los dispositivos de soldadura por resistencia, el cual no permite la conducción entre los elementos (ver figura 7.2.12).

Buje aislante. Este aislante se localiza entre el buje del brazo fijo y el soporte de montaje a la placa de trabajo, ya que el soporte de montaje a la placa estará conectado directamente a la mesa con lo que se deberá de aislar para prever conducción del sistema secundario y la mesa de trabajo, siendo esta ultima de acero, para este aislante también considero de material Nylamid (ver figura 7.2.13).

Tornillos y rondanas. Los tornillos y roldanas que se utilizaron para el dispositivo, fueron de diferentes medidas, su principal función fue ensamblar los elementos del dispositivo de soldadura.

Manguera de 3/8". La manguera nos permitirá suministrar el agua al sistema secundario, tanto para la entrada como para el retorno.

Distribuidor de agua (Manifold). El distribuidor de derivaciones de agua nos permitirá distribuir el sistema de enfriamiento tanto para la entrada como para la salida, para tres derivaciones que son: enfriamiento del transformador, el sistema secundario y el enfriamiento del control de soldadura (ver figura 7.2.14).

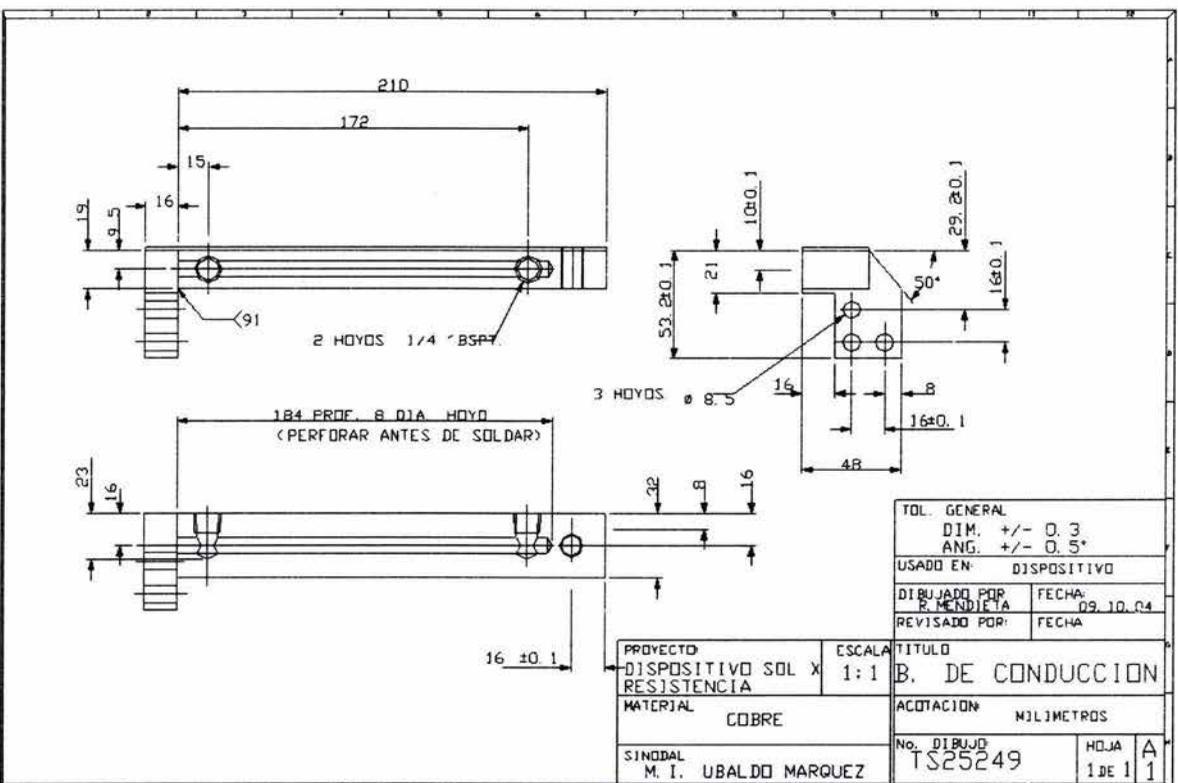


Figura 7.2.1 Barra de conexión.

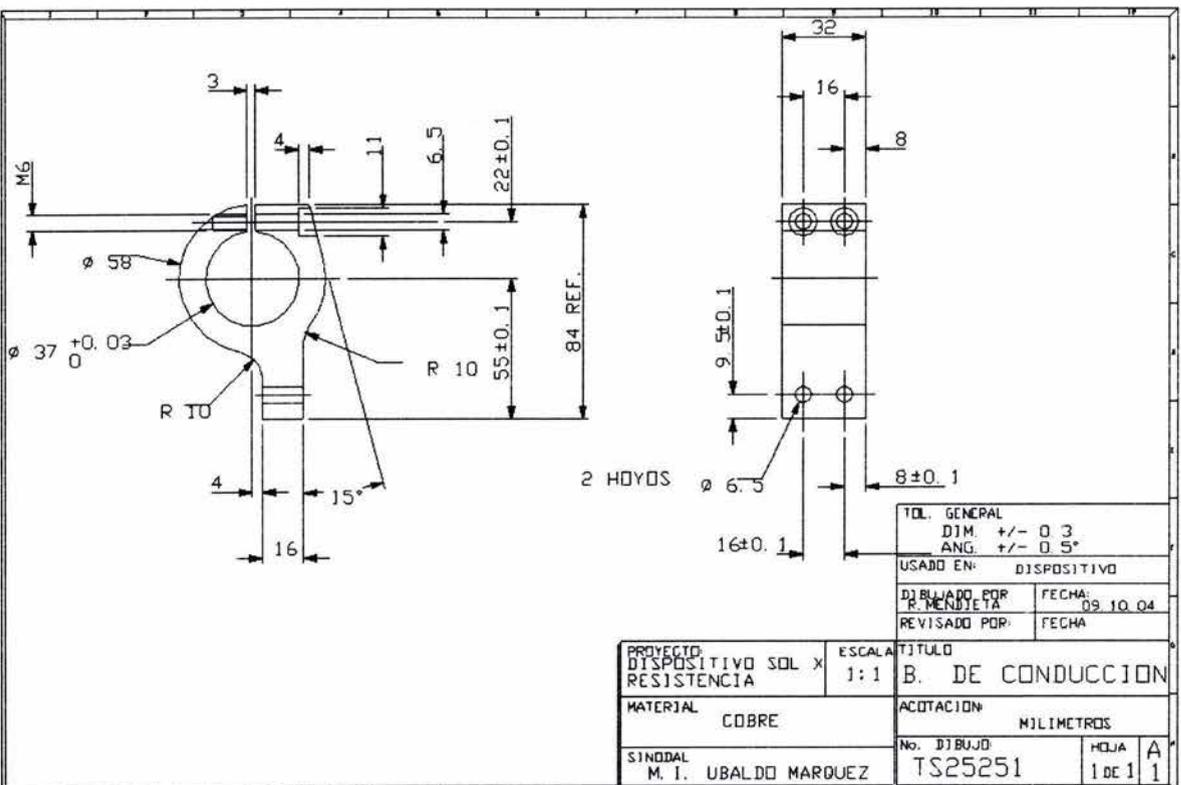


Figura 7.2.3 Barra de conexión.

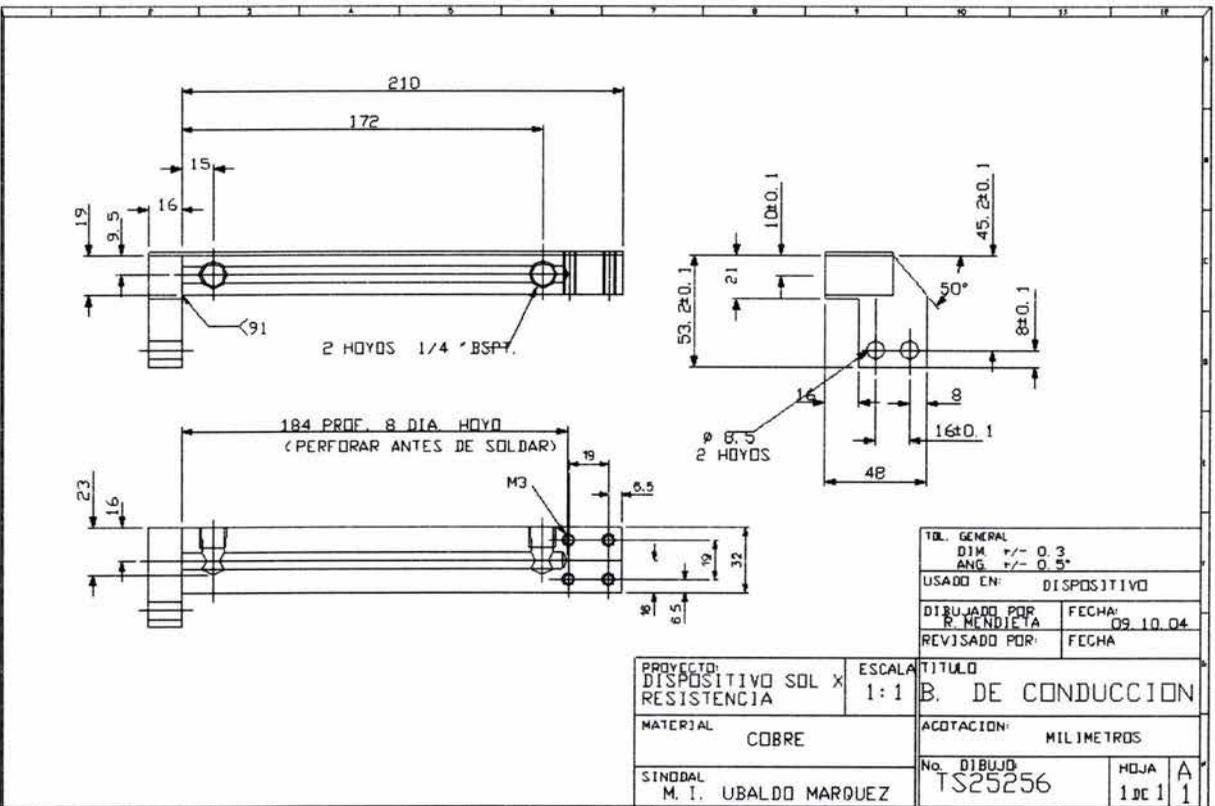


Figura 7.2.4 Barra de conexión.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

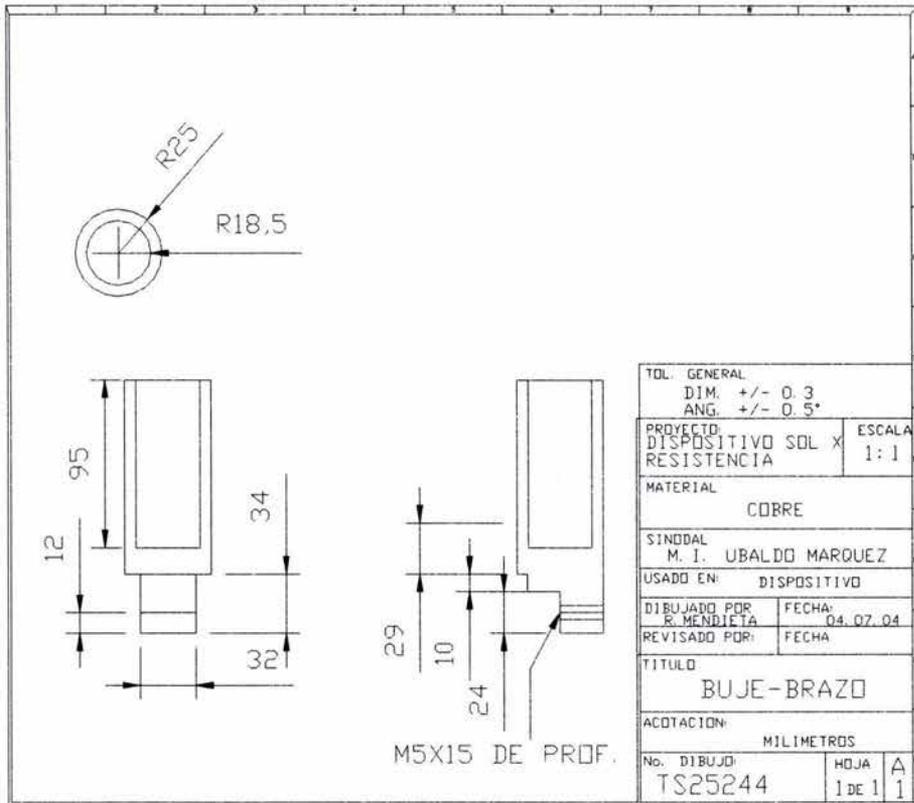


Figura 7.2.6 Buje del brazo fijo, que servirá de conductor para realizar el punto de soldadura, en el cual, en la parte inferior se conectara el puente de lanas que estará trasmitiendo la corriente.

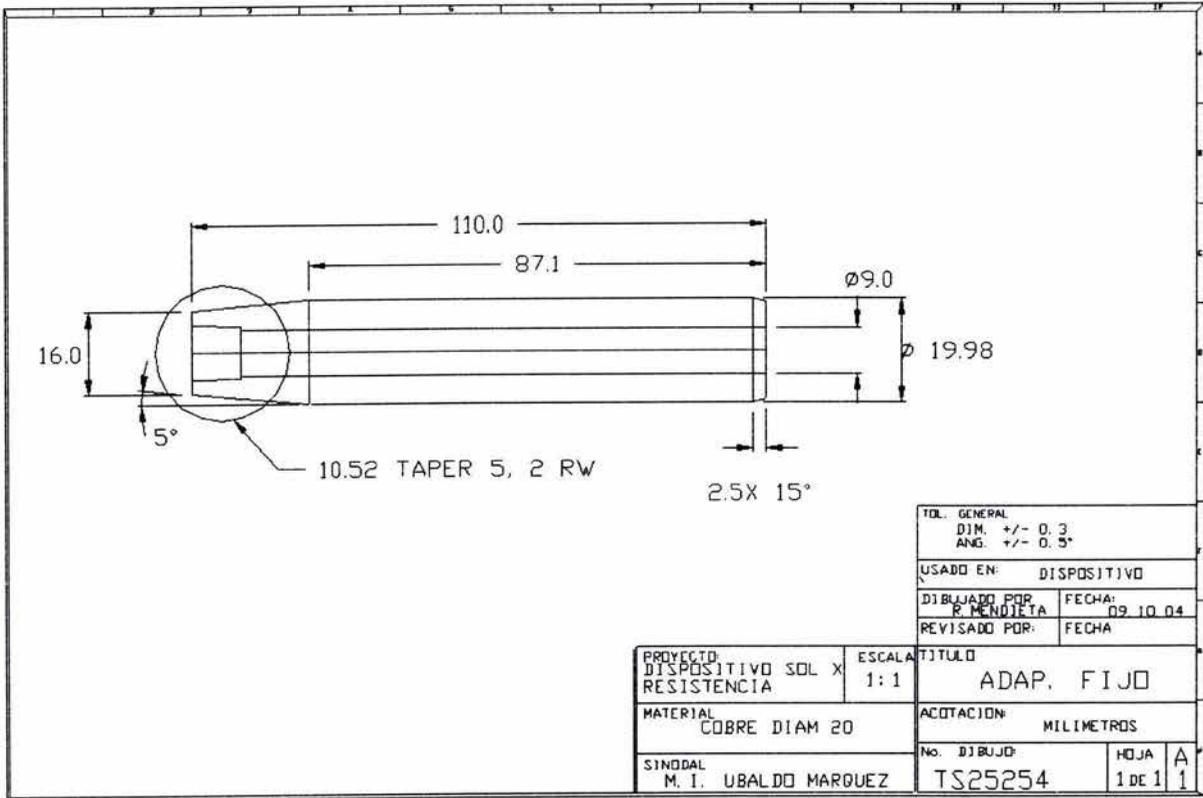


Figura 7.2.7 Adaptador fijo

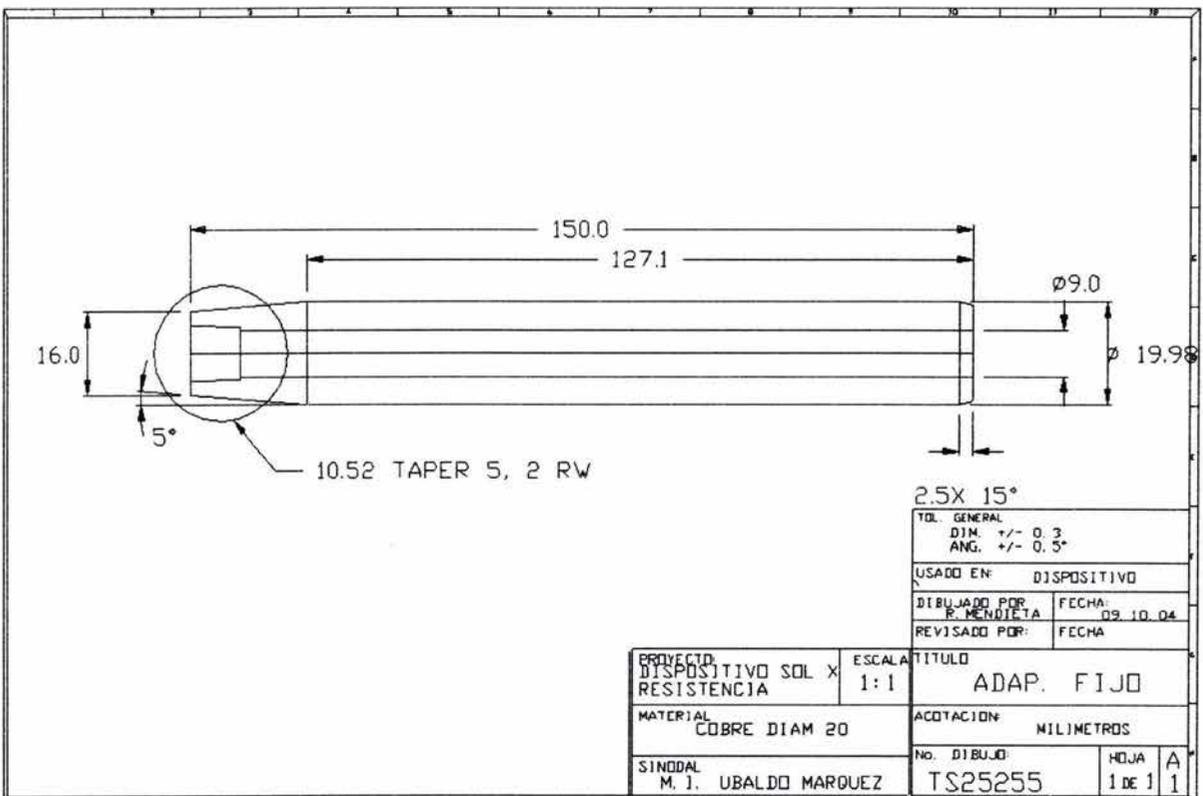


Figura 7.2.8 Adaptador móvil

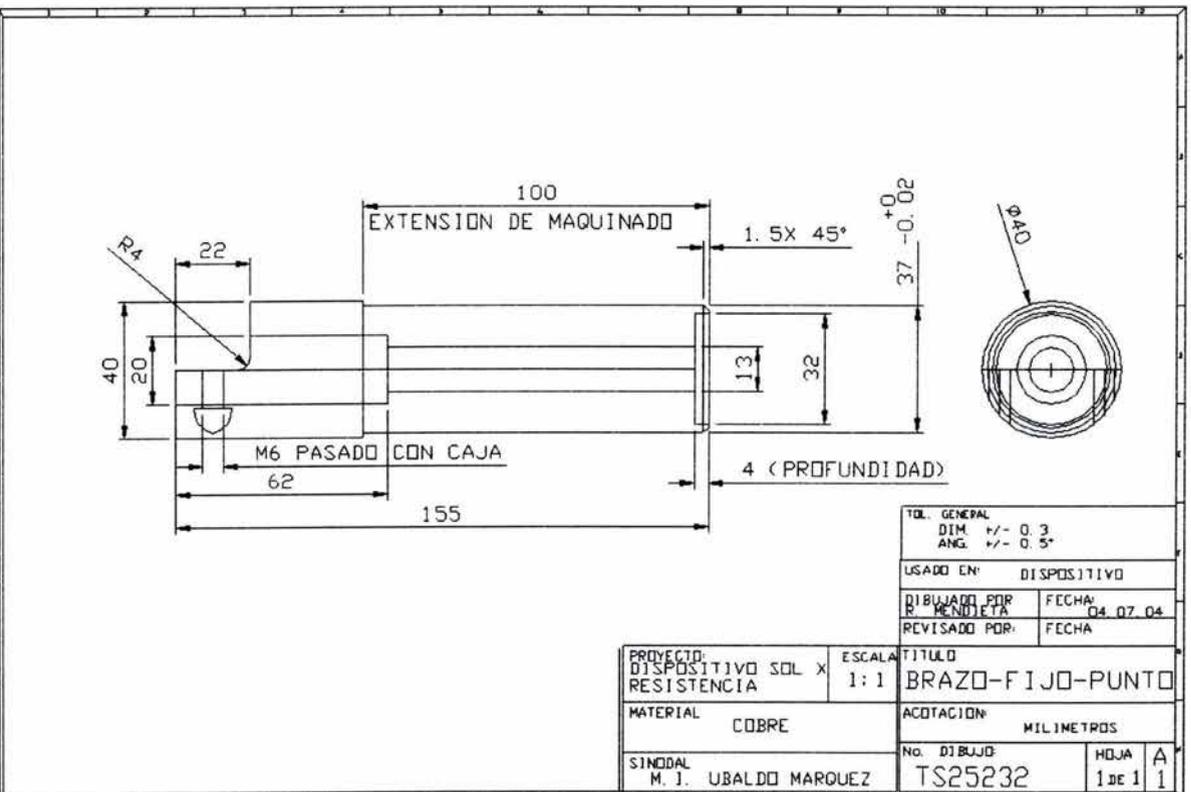


Figura 7.2.9 Brazo fijo para soldadura por resistencia de punto.

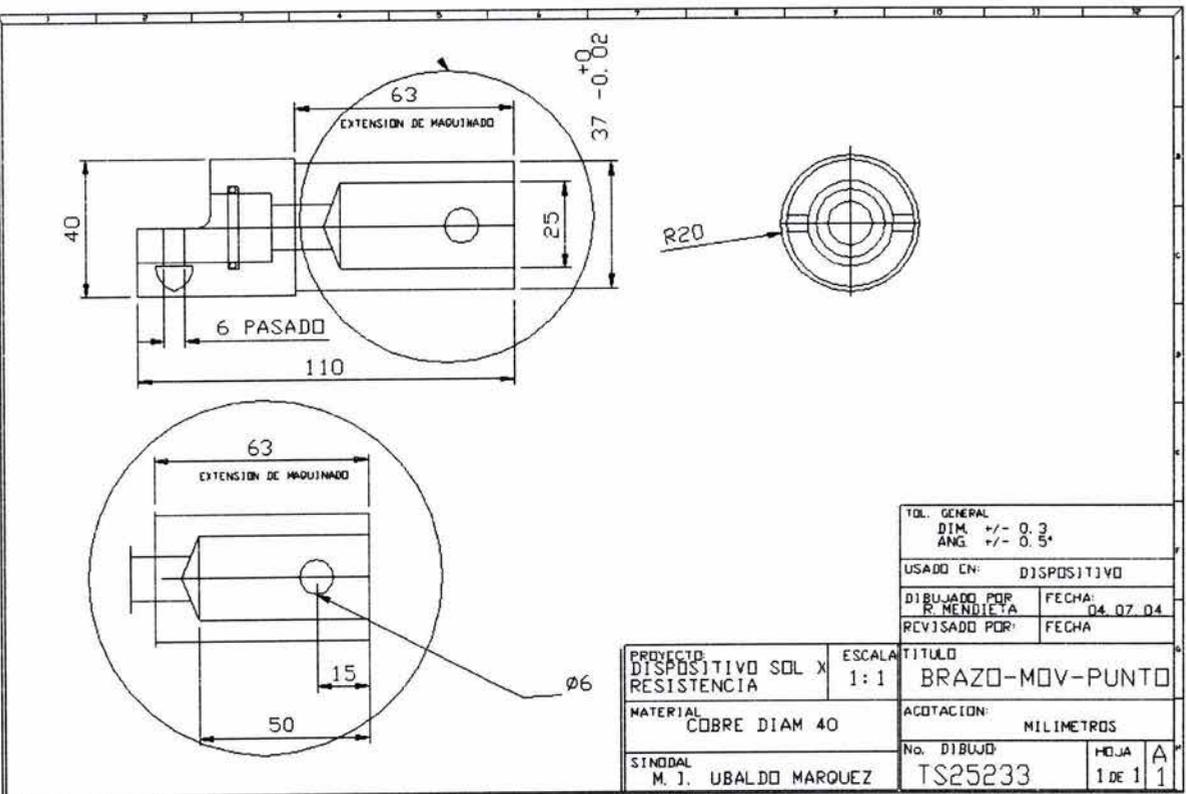


Figura 7.2.10 Brazo móvil para soldadura por resistencia de punto.

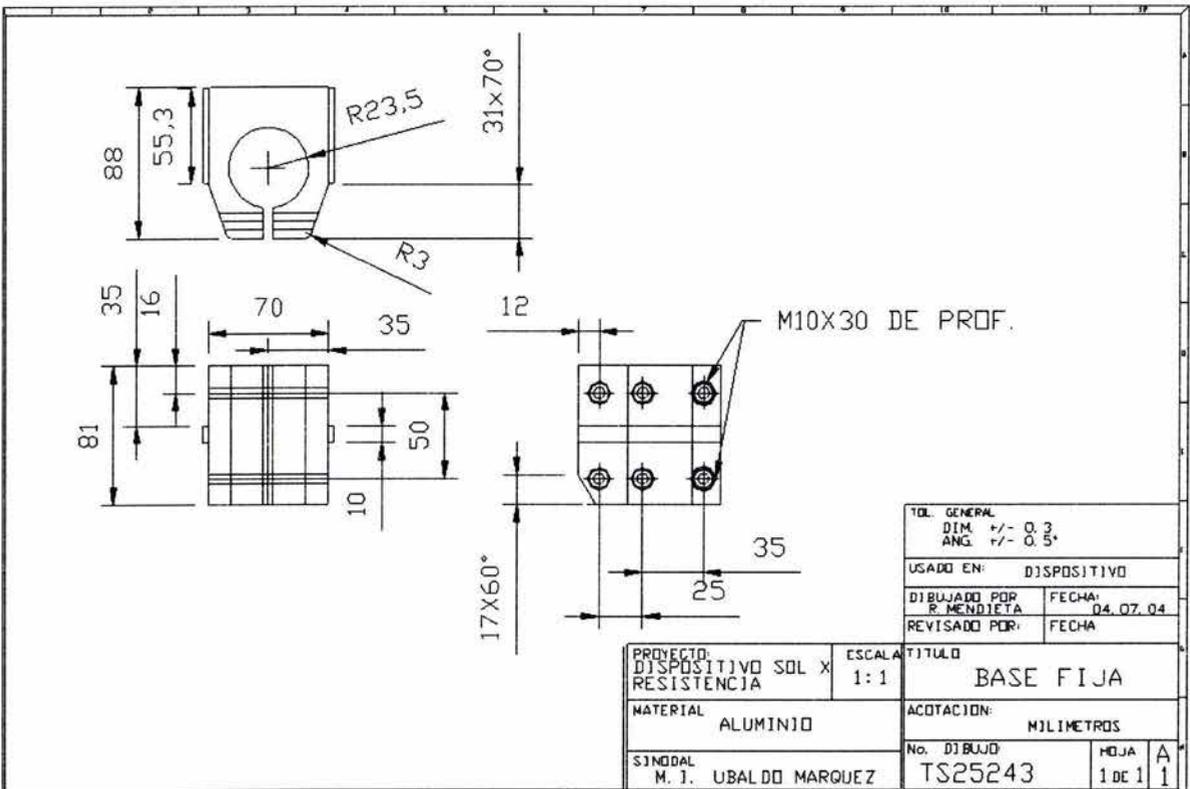


Figura 7.2.11 Base fija donde será montado el brazo inferior (Fijo).

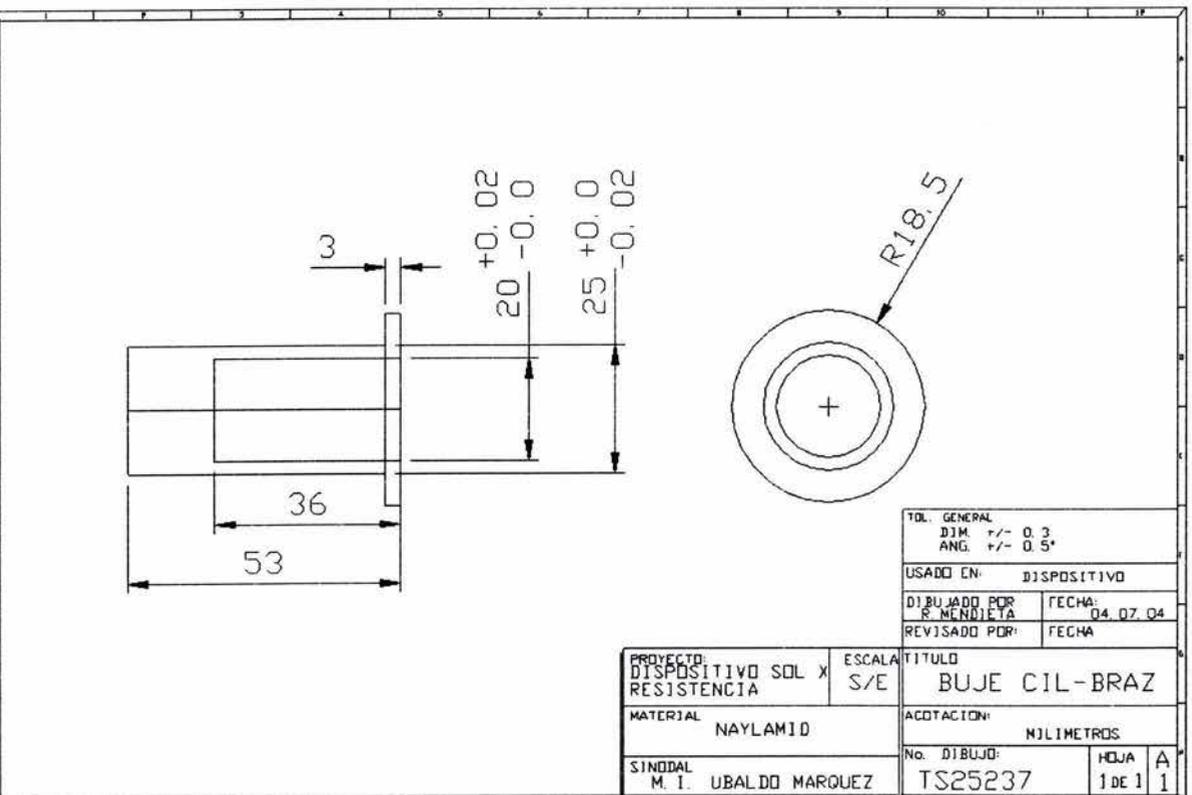


Figura 7.2.12 Bujes de aislamiento entre el brazo móvil y el cilindro de soldadura.

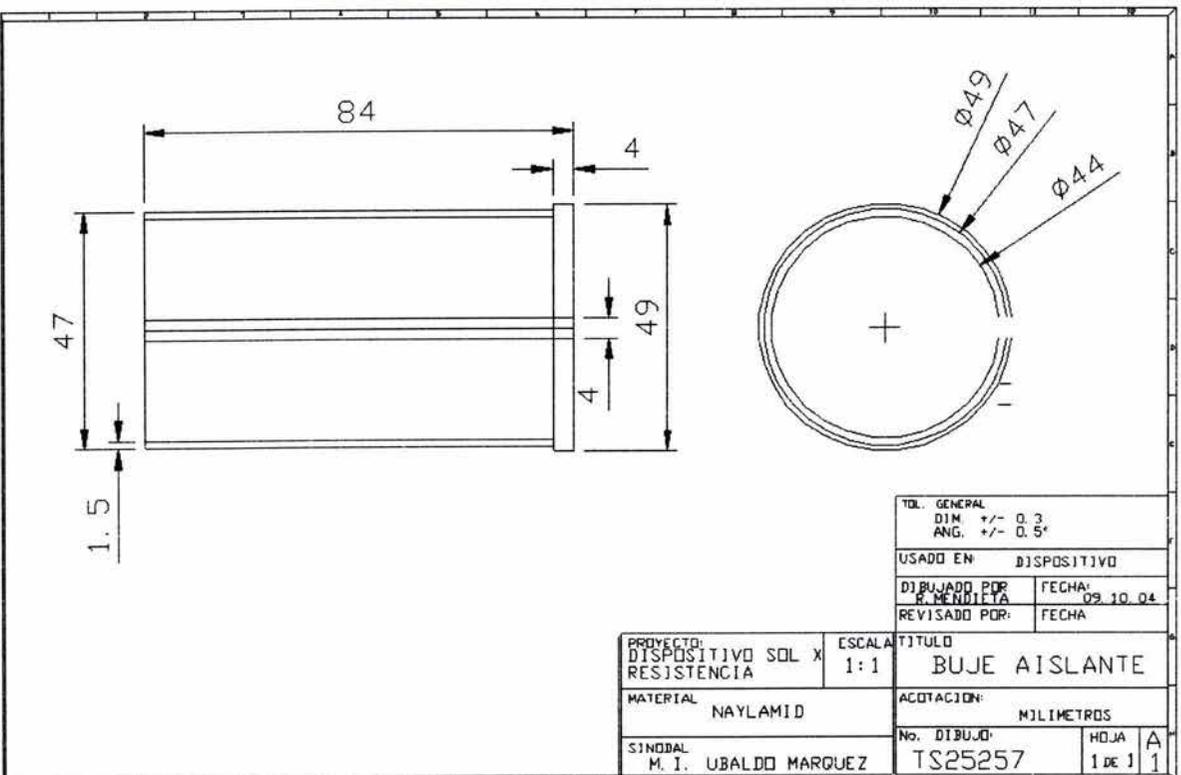


Figura 7.2.13 Buje de aislamiento entre el brazo fijo y buje de cobre.

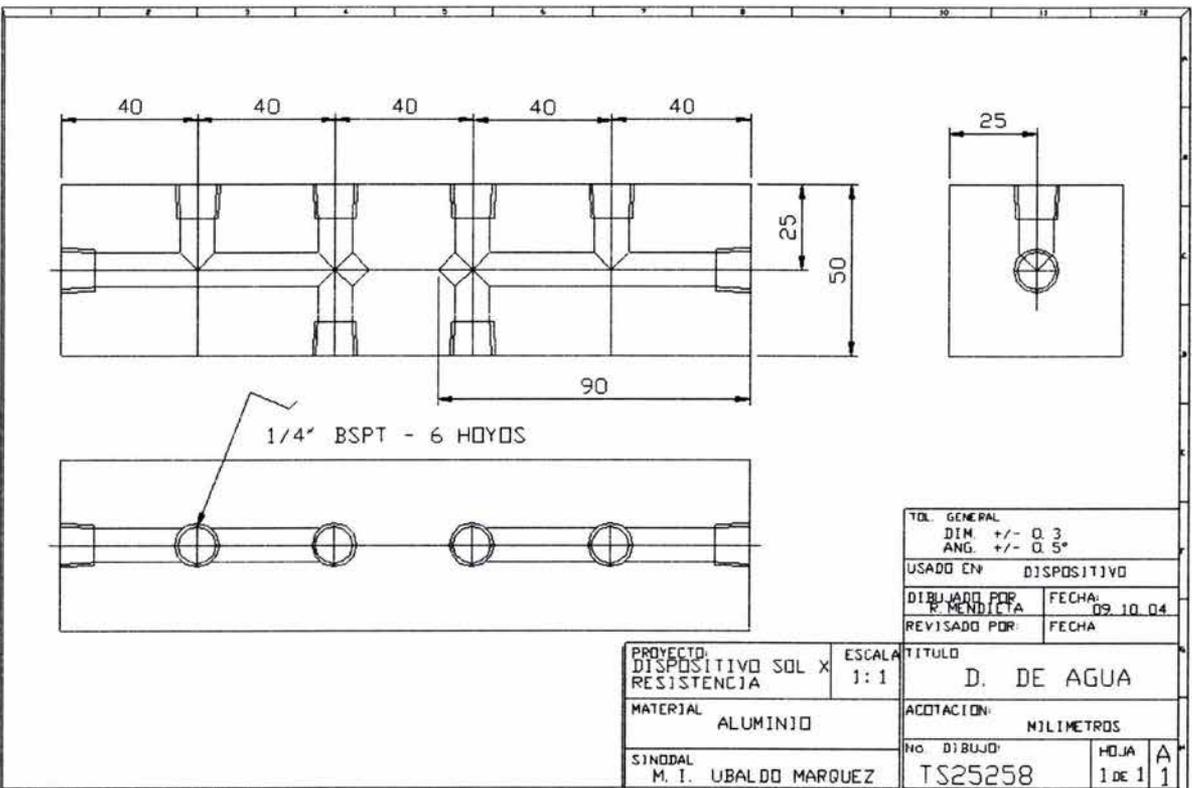


Figura 7.2.14 Distribuidor para entrada y salida de agua.

7.2.1.2 Circuito Hidráulico

Como sea comentado el circuito secundario es el sistema que sufrirá mayor calentamiento al paso de corriente eléctrica de acuerdo a la Ley de joule, por lo que se esta contemplando tres derivaciones de agua para independizar el sistema hidráulico, en la mayoría de los equipos de soldadura por resistencia, el flujo de agua de entrada, pasa a través de todo el circuito secundario, con lo que en algunas ocasiones el flujo de agua al momento de llegar a las partes mas alegadas de la entrada, se encuentra demasiado caliente para realizar el enfriamiento correspondiente. Por lo que en este dispositivo. El sistema hidráulico esta conectado de un lado por el suministro principal de agua, y por el otro lado se conecta al dispositivo, en el distribuidor de agua, el cual esta diseñado en dos sistemas independientes uno para entrada de agua y el otro para el retorno del agua, cada uno con 3 salida y 1 entrada.

Este distribuidor nos permitirá distribuir el sistema de enfriamiento tanto para la entrada como para la salida, realizando 3 derivaciones para circuito del sistema secundario, los cuales son:

- a) Derivación 1. Esta derivación de sistema de enfriamiento, está destinada al transformador, ya que es uno de los elementos que más sufre calentamiento, de un lado el distribuido es conectado al transformador en la parte de entrada de agua y del otro lado el flujo que retorna del transformador, se vuelve a conectar al distribuidor en la parte de retorno de agua.
- b) Derivación 2. Esta se utiliza para enfriar el sistema secundario como son: barras de cobre, brazos y adaptadores, todas estas partes de conectan en serial en un extremo y al termino de todas las partes se retorna el flujo de agua al distribuidor en la parte de retorno de agua.
- c) Derivación 3. Por último esta será destinada a enfriar los tiristores del control de soldadura, ya que debido al paso de corriente, el control de soldadura también presenta calentamiento, por lo que en uno de los extremos de las conexiones se conecta el suministro de agua y por la otra conexión se retorna al distribuidor en la parte de retorno de agua.

Quedando así las derivaciones del circuito hidráulico en tres derivaciones las cuales se pueden apreciar en el diagrama de la figura 7.2.15

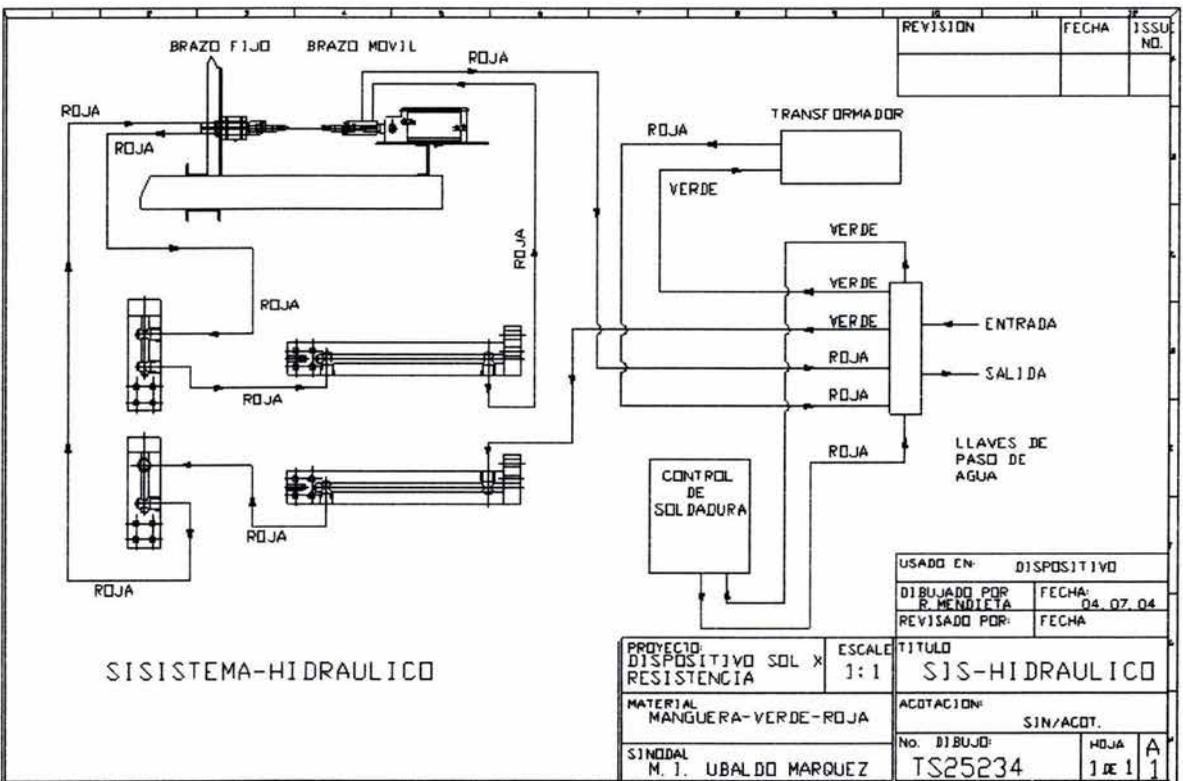


Figura 7.2.15 Diagrama hidráulico para el dispositivo.

7.2.1.3 Construcción de la mesa de trabajo

La mesa de trabajo se fabrico de tal modo que alojara a cada uno de los elementos del dispositivo, por lo que se considero que fuera robusta, ya que las fuerzas de carga con las que estaremos trabajando serán de alrededor de 65 a 310 kgf como máximo, por lo que será necesario contar con una base rígida en la parte inferior para evitar el movimiento del dispositivo, así como las vigas de acero en las partes laterales para evitar la deflexión y ocasiona dañarla.

Los materiales que se utilizaron para realizar la estructura de la mesa de trabajo son:

- 2 Vigas de acero de sección U de 1700mm, para las partes laterales, según la figura 7.2.16, tipo A.
- 4 Vigas de acero de sección U de 900mm, para soporte de cilindros, placa de apoyo y soporte de cilindro, según la figura 7.2.16, tipo b.
- 2 Vigas de acero de sección U de 800mm, para soporte inferior al piso, según la figura 7.2.16, tipo c.
- 1 Placa de acero de 800mm x 440mm, para apoyo de la parte fija del sistema secundario y fijación de botones de mando, según la figura 7.2.17.
- 1 Placa de acero de 400mm x 210mm, para colocar el montaje del cilindro, según la figura 7.2.18.
- 2 Angulos de acero de 50.8mm x 50.8 mm de sección y 900mm de longitud, para apoyo de patas inferiores al piso, según la figura 7.2.19, tipo 1.
- 2 Angulos de acero de 50.8mm x 50.8 mm de sección y 490mm de longitud, para apoyo de placa de apoyo en las laterales, según la figura 7.2.19, tipo 2.

La estructura cuenta con 2 vigas laterales de sección “U” laterales de acero de 1700mm, para soportar la presión que ejercerán los cilindros de soldadura, reforzada con 4 vigas de sección “U” transversales de acero de 900mm , para proporcionar rigidez a la mesa, seguidas de 2 ángulos de acero de 50.8 x 50.8 x 490mm para las partes laterales de la mesa de trabajo, así como 2 ángulos de acero 50.8 x 50.8 x 900mm como patas de la mesa, para proporcionar a poyo, posteriormente 2 vigas de sección “U” inferiores de acero de 800mm, las cuales estarán directamente en el piso para evitar movimiento en la superficie, y soportar toda la estructura y en el mejo de los caso se podrán empotrar al piso con tornillo, por ultimo la placa de acero de 6 x 800 x 440mm, la cual nos servirá para soportar directamente la presión del cilindro, así como nos proporcionara la facilidad de colocar los botones que utilizaremos en el dispositivo.

La mesa fue ensamblada con soldadura de arco eléctrico, para acoplar cada uno de los elementos, por lo que no se explicará el proceso de arco eléctrico ya que solo se utilizó como herramienta para la realización de dispositivo. El material se eligió, debido resistencia a procesos de este tipo y precio, la dureza de cada una de las partes para la construcción de la mesa de trabajo están en

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

un rango de 60 a 65 HRB, y debido a la experiencia laboral, con la fabricación de otros equipos con características similares, han dado muy buenos resultados.

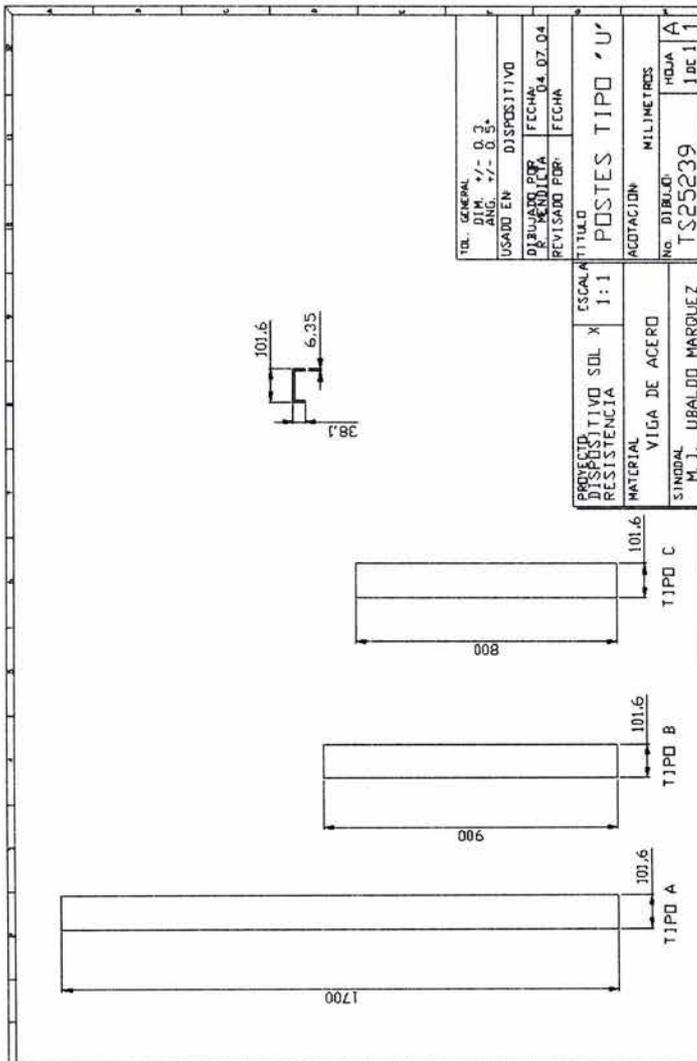


Figura 7.2.16. Postes de acero para la estructura de la mesa de trabajo, donde serán montadas las partes que constituirán el dispositivo de soldadura.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

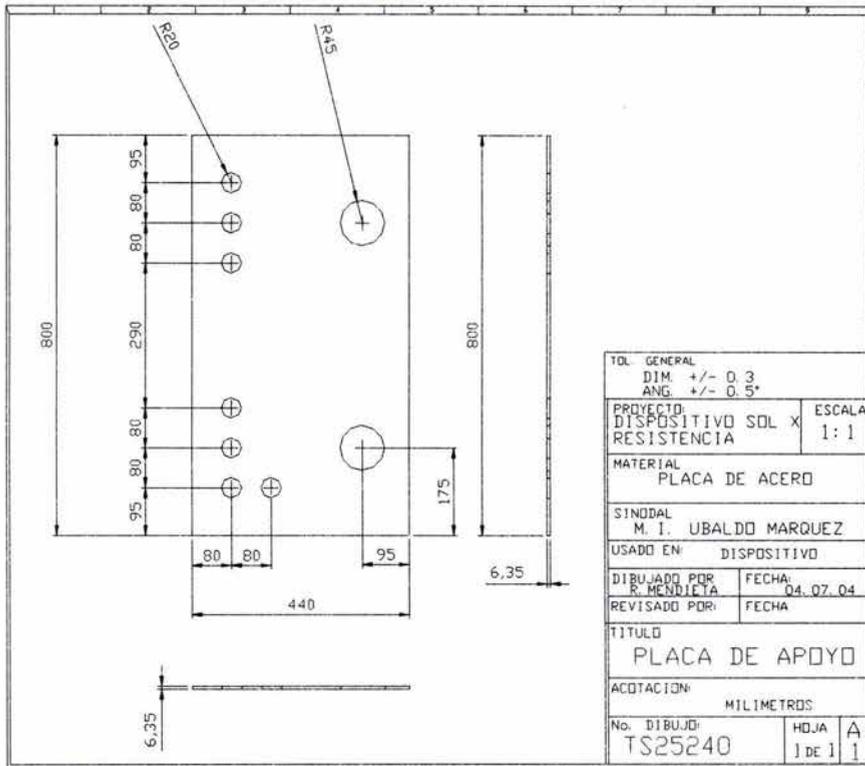


Figura 7.2.17. Placa de apoyo, donde se montarán los botones para el funcionamiento y los brazos de cobre para el dispositivo.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

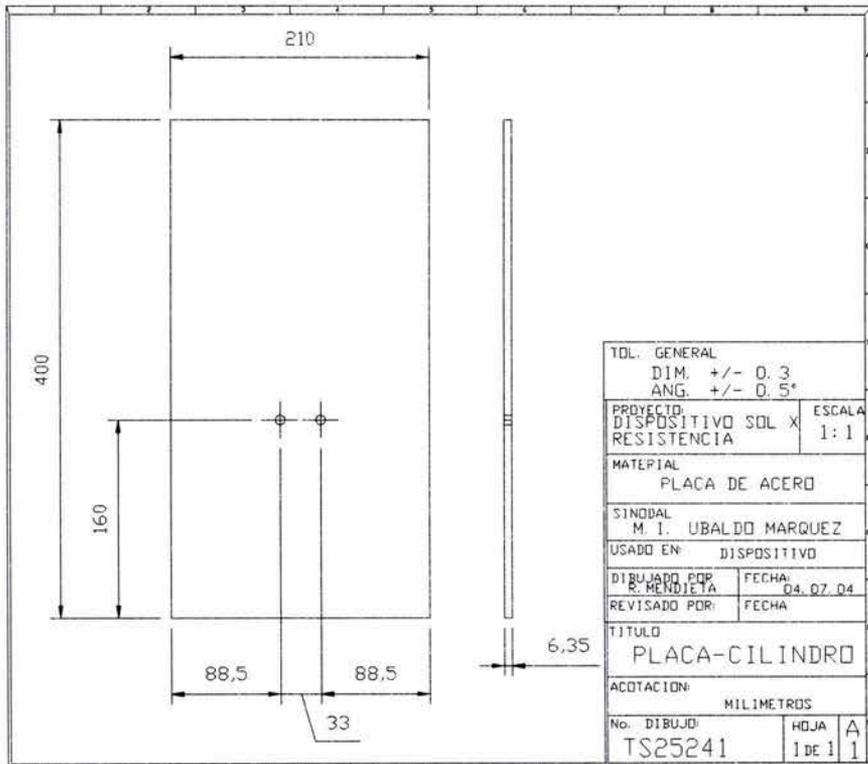


Figura 7.2.18. Placa para sujetar el cilindro en la estructura de la herramienta.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

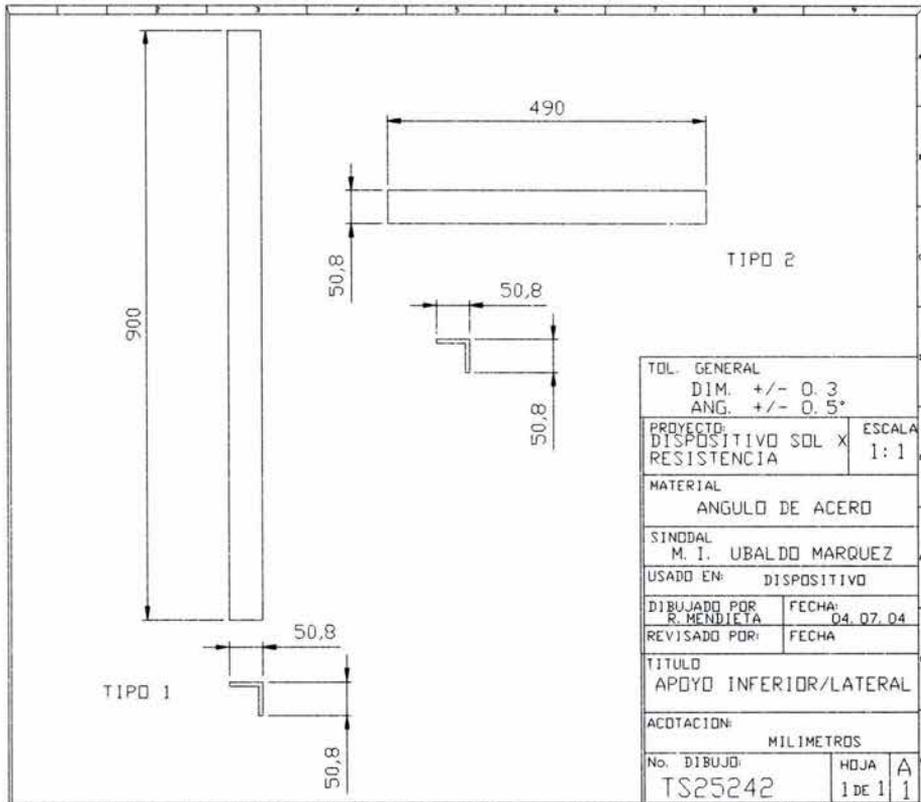


Figura 7.2.19. Apoyos inferior y lateral, que servirán como soporte del dispositivo al piso y para soporte en las partes laterales de la placa de apoyo.

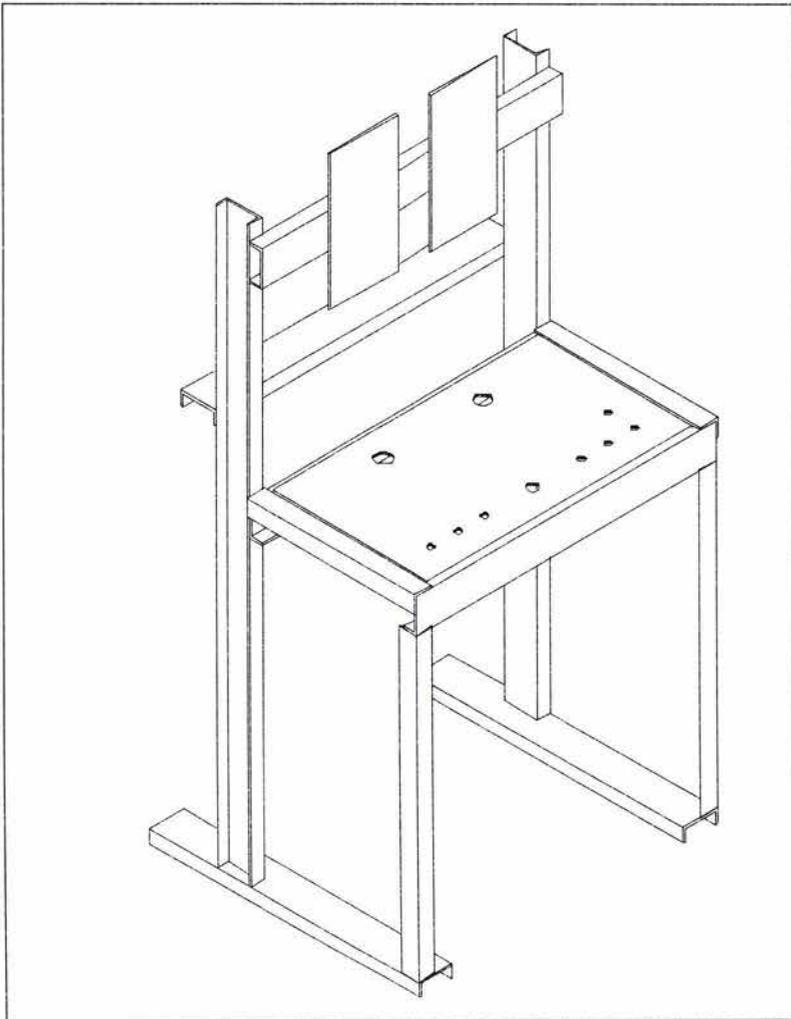


Figura 7.2.20 Mesa de trabajo para montaje de todos los componentes del dispositivo.

7.2.2 Elementos de la parte neumática

Para la selección de los elementos de la parte neumática del dispositivo, se encuentran involucradas las siguientes partes como son: Cilindro de soldadura, Válvula de retracción, Válvula de cierre, Bobinas de 24 V, Charola neumática, Manguera de aire de 10mm y Manguera de 3/8" para suministro de aire de la toma principal.

7.2.2.1 Cilindro de Soldadura

El cilindro de soldadura es uno de los elementos importantes en el dispositivo de soldadura, por lo que se deberá de tener demasiado cuidado en la selección ya que en caso contrario tendremos problemas de unión en los materiales a soldar.

Para llegar a la selección del cilindro de soldadura adecuado, se tuvieron que considerar 3 aspectos importante los cuales son:

- A) Especificaciones
- B) Costo
- C) Mantenimiento

A).- En cuanto a especificaciones, necesitamos un cilindro capaz de proporcionar una fuerza de 65 a 310 Kgf, según la tabla 4.6, en el capítulo 4, ya que en este dispositivo se pretende soldar lámina de acero dulce de espesores de 0.5mm a 1.98 mm.

Es importante mencionar que en el proceso de soldadura por resistencia, para poder soldar 2 tipos de láminas, se consideran siempre, los parámetros para la lámina de menor calibre.

Haciendo referencia a la Tabla 7.4, podemos observar que la fuerza suministrada por este cilindro, esta en el rango de 125 a 375 kgf, con un suministro de aire a 6 bars, se consideran 6 bars debido que la máquina será para uso industrial, por que en la industria metalmecánica el suministro de la mayoría de los equipos se encuentran con este suministro.

En caso de un suministro de 5 bars, el rango de operación de la fuerza entregada por el cilindro será menor, regresando a la figura 7.2.21, podemos observar que la fuerza será de un rango de 125 a 325 kgf, aún así con este suministro estamos dentro de los requerimientos que inicialmente se deseaban

Otro aspecto, es la apertura del cilindro, para el diseño de este dispositivo, se seleccionó un cilindro de 2 cámaras independientes. Una cámara para el desplazamiento de retracción y una cámara para el proceso de soldadura. Esta condición hace el proceso sea más flexible, ya que en algunas ocasiones donde las piezas que se pretendan soldar, sean voluminosas, y se podrán colocar sin ningún problema, el cilindro cuenta con dos cámara una de 60mm de retracción para

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

mayor apertura, sumada con otra cámara de 40mm para cerrar el proceso de soldadura, pero para esta última se recomienda solo utilizar 20mm, ya que se deberá compensar el desgaste de los electrodos (caps) y la penetración del cap sobre el adaptador, que sufrirá al momento de aplicar la fuerza sobre el material a soldar, esta penetración estará en un rango de 5mm como máximo en cada electrodo, lo que sumado con ambos electrodos tendremos 10mm, más el desgaste de los mismos en el punto de soldadura.

B).- El costo para este cilindro es de gran importancia ya que se reflejará en el costo total del dispositivo, para este análisis se seleccionaron 3 tipos de cilindro que cumplieran los requisitos, sin embargo, en precio había una gran diferencia.

C).- Para el caso de mantenimiento, se debe de tomar en cuenta que el costo sea bajo, así como fácil de realizar, ya que en numerosas ocasiones, el mantenimiento y refacciones de los equipos son más costosos a mediano y largo plazo, que el propio equipo, por lo que se decidió la adquisición del cilindro mostrado en la figura 7.2.22, ya que además de ser de bajo costo, ofrece la ventaja de un bajo mantenimiento y bajo precio.

El mantenimiento que se le debe de realizar es simple, ya que solo es el cambio de los empaques internos del cilindro y la lubricación correspondiente, los cuales se podrán conseguir en cualquier tienda especializada en empaques y juntas.

Gráfica de presiones máximas para cilindro

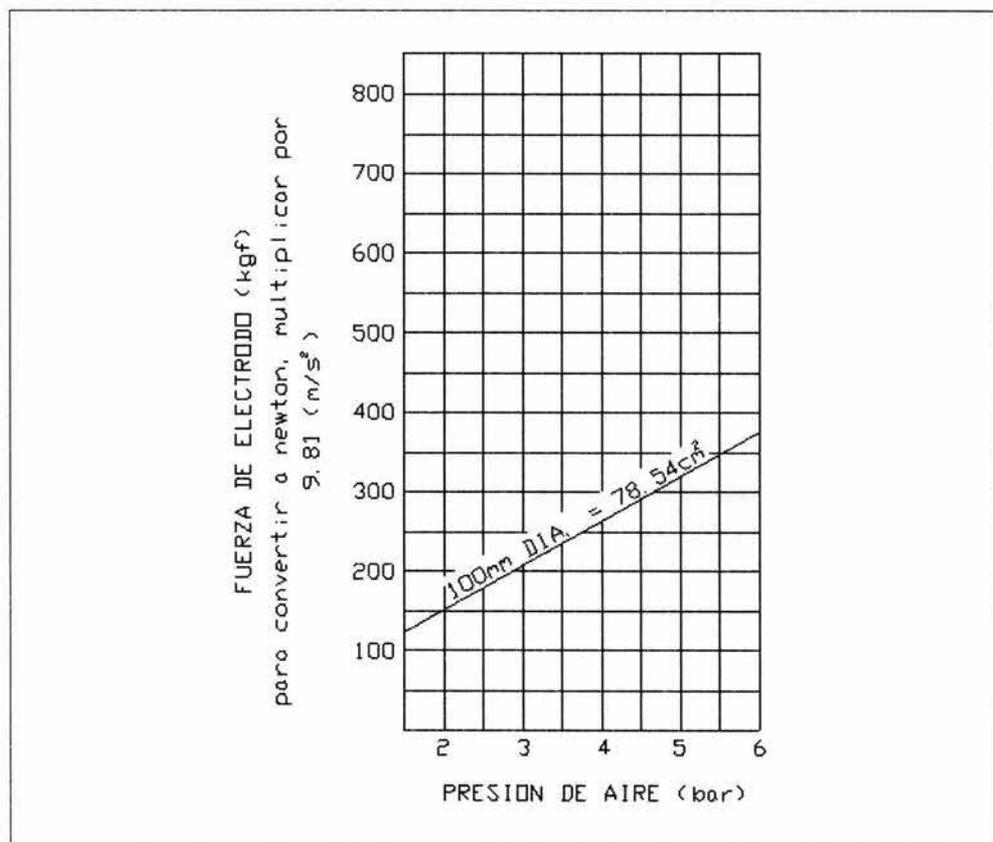


Figura 7.2.21 Gráfica de presiones que podrá suministrar el cilindro de soldadura en el dispositivo.

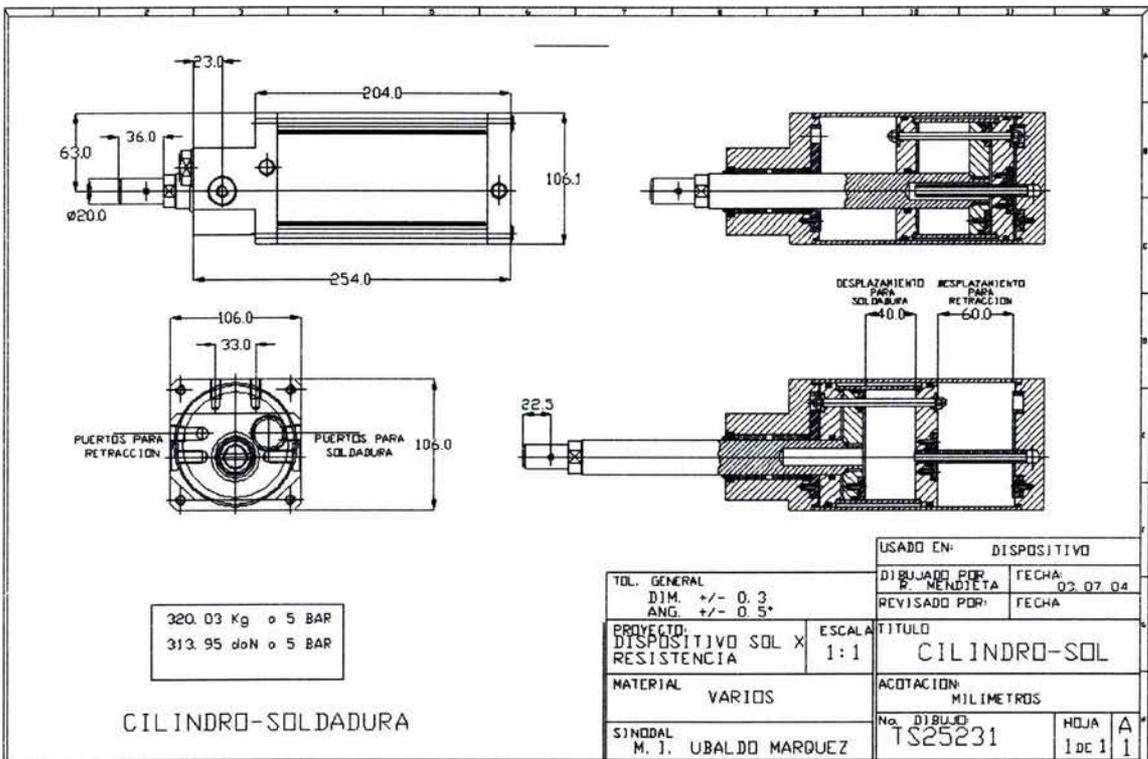


Figura 7.2.22 Cilindro para soldadura por resistencia.

7.2.2.2 Válvulas de retracción y soldadura

La válvula de retracción y de soldadura, son válvulas pilotadas con solenoide a 24V, ya que el suministro de señales que mandará nuestro control de soldadura será de 24V.

Para el caso de las válvulas pueden ser de diferentes marcas ya que en cuestión de precio, mantenimiento y especificaciones son semejantes.

Para este dispositivo se colocaron las válvulas de marca “Neumatics”, ya que debido a la experiencia laboral, han proporcionado muy buenos resultados en los equipos de soldadura por resistencia.

Para el caso del mantenimiento de este tipo de válvula, solo tendrá que sustituir el empaque, para evitar fugas, para el caso de que presente daños más severos, se tendrá que sustituir por una nueva, ya que será recomendable para que no haya paro de producción.

7.2.2.3 Charola Neumática

La charola neumática que se está colocando en el dispositivo de soldadura, será de gran ayuda para ajustar la presión que se desea suministrar en la operación de soldadura por punto, ya que es importante controlar esta presión para que el suministro sea el adecuado para cada tipo de espesor de material que se vaya a soldar. Y cuenta con regulador proporcional el cual suministrara la presión requerida por el control en el rango de señales de 4-20mA, que se verán reflejadas por el regulador en lbf y filtro para retener las impurezas del aire.

Por uno de los extremos se conecta el suministro principal de línea de distribución de aire, el cuál pasa a través del filtro para limpiar las impurezas del aire y posteriormente llega al regulador quien abre una compuerta para suministrar la presión programada por el control de soldadura la cual se podrá visualizar en el manómetro que se encuentra ubicado en la parte lateral del regulador, y permitirá el flujo de aire con la presión seleccionada para el proceso

7.2.2.4 Circuito Neumático

Como se puede apreciar el figura 7.2.23, muestra el Regulador proporcional (charola neumática), la cual estará conectada al suministro principal de las instalaciones, con un suministro de 5 a 6 bars, después de que el aire haya sido regulado a la presión deseada por parte del control de soldadura (valores asignados por el usuario), este entregará el aire a cada una de las válvulas, como se muestra la figura 7.2.25, este cuenta con dos módulos, uno de ellos será para la soldadura por resistencia de punto y el otro módulo puede ser para soldadura por resistencia de tuerca, sin embargo para este trabajo se considerará solo el modulo de soldadura por resistencia por punto, dejando el otro módulo para una continuación de tesis para complementar el equipo construido.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

Retomando en cuanto a la salida de aire regulado y llevado hasta la válvula de retracción y soldadura, las cuales esta conectadas en paralelo, ya que primero se tendrá que activar la válvula de retracción y después la válvula de soldadura para que funcione el equipo.

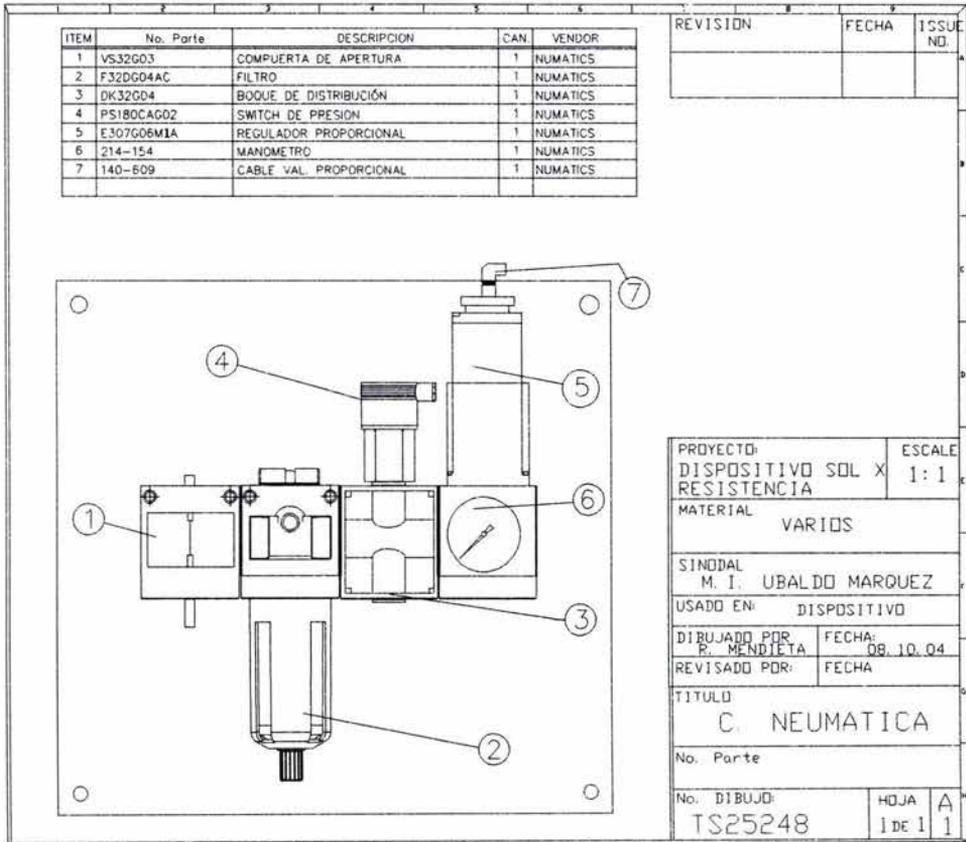


Figura 7.2.23 Charola neumática.

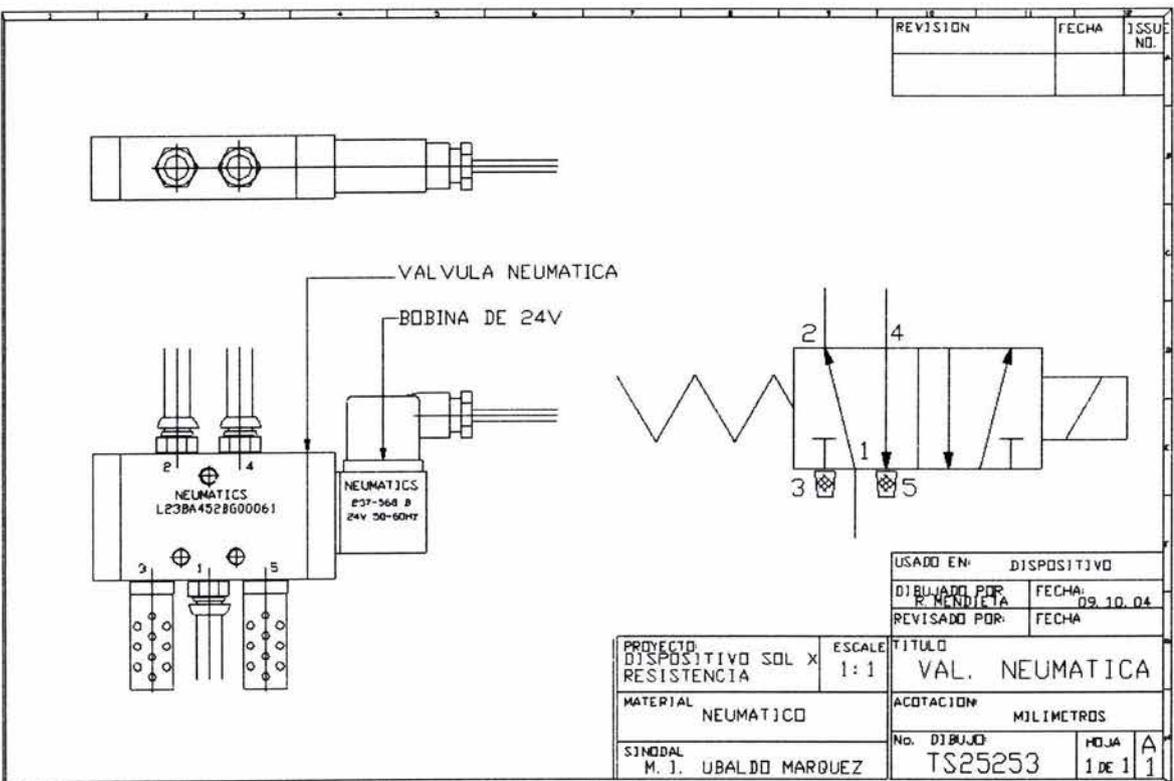


Figura 7.2.24 Válvulas y bobina.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

Diagrama neumático

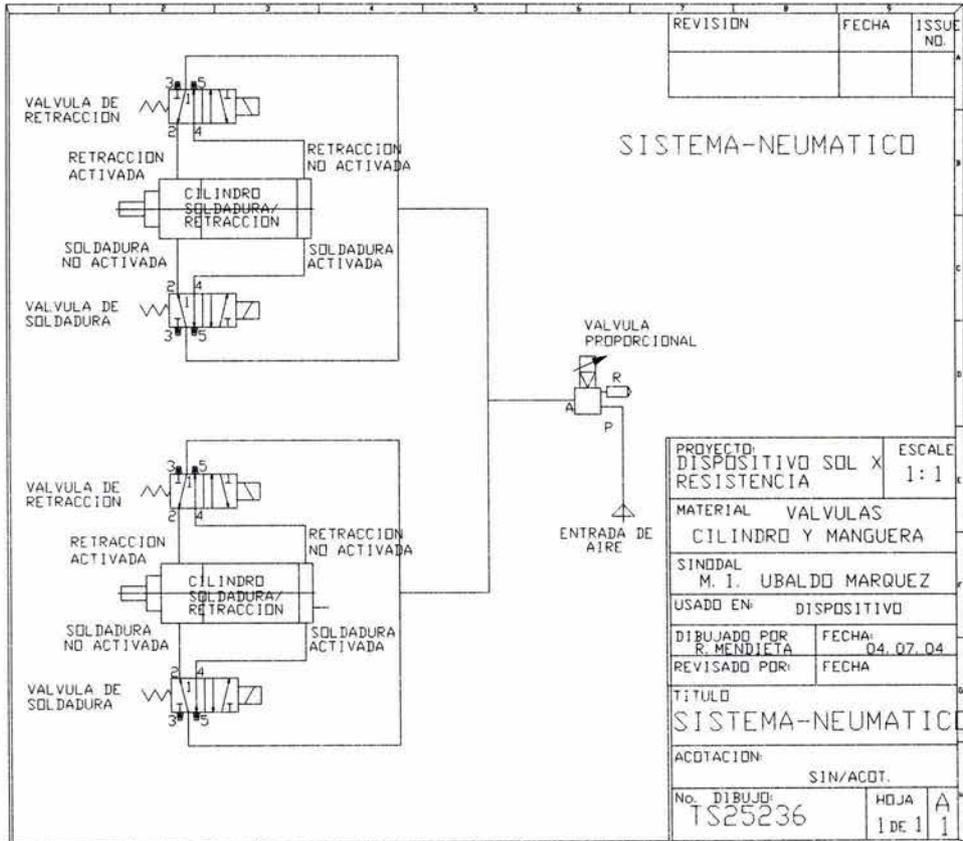


Figura 7.2.25 Diagrama neumático del dispositivo.

7.2.3 Elementos de la parte de control y potencia

Las partes de control y potencia son un grupo de accesorios y dispositivos, los cuales no permitirán desarrollar de manera controlada el proceso de soldadura, en la actualidad los procesos robustos donde las máquinas no tengan las herramientas de control para ajustar y corregir sus parámetros del proceso, son máquinas que se encuentran cada vez mas en atraso de la tendencia tecnológica, ya que hoy en día en la industria metalmecánica, los equipos de este tipo se encuentran en desuso. Por lo que muchas de las industrias en la actualidad han estado realizando su mejor esfuerzo, para cambiar sus equipos con avances tecnológicos, los cuales les ofrecen mayores ventajas competitivas.

Por tal motivo, en el dispositivo construido de soldadura por resistencia por punto, se integro la parte de control que nos ofrecerá estar a la vanguardia de los equipos que se encuentran en la industria metalmecánica, ya que como se ha comentado el dispositivo servirá de enseñanza de la soldadura por resistencia por punto de una forma mas real al que se imparte en la facultad, tal como se encuentra hoy en día en la industria.

7.2.3.1 Control de soldadura.

El control de soldadura es una herramienta para el correcto funcionamiento de nuestro dispositivo de soldadura, sin embargo solo se describirá a grandes rasgos las ventajas que ofrece este elemento sobre nuestro equipo, ya que, por si solo, el control de soldadura puede ser un tema tesis para su análisis, sobre todo, por que tiene alojados una gran cantidad de elementos electrónicos, que para la carrera de Ingeniería Mecánica, estaría fuera de nuestros alcances.

El suministro principal de voltaje debe de ser de (440 VCA), el cual se conecta a un interruptor termo-magnético, siendo este último usado para aislar el suministro principal de los componentes de potencia en el control de soldadura.

El interruptor tiene tres posiciones: dos de ellas: encendido y apagado. Entre estas dos posiciones esta una posición llamada tripped, la cual también desconecta el equipo de soldadura.

El interruptor termo magnético estará en posición tripped solamente si ocurre una falla mayor y la corriente de soldadura transcurre por más de 1.5 segundos.

Los tiristores son enfriados por agua, que se suministrado desde el distribuidor de agua. Las conexiones para agua son conectadas a tierra con el fin de asegurar que el agua sea eléctricamente segura.

Además cuenta con un timer, el cual nos ayudará al desarrollo del cableado de las señales, ya que en este elemento contiene en una memoria RAM donde se almacenan los parámetros de los programas de soldadura que previamente fueron ingresados. Además ofrece puertos de salidas y

entradas señales para realizar la secuencia de soldadura, todo esto debe de ser correctamente cableado tal como se muestra en los diagramas de las figuras 7.2.26, 7.2.27 y 7.2.28, por lo que se deberá de tener demasiado cuidado en seguir los diagramas antes mencionados si se desea que la operación que vayamos a realizar sea la adecuada, y evitar daños severos al equipo.

En cuanto a los siguientes elementos: botón de paro de emergencia, retracción y soldadura, selector de soldar / no soldar y programas, cables de regulador proporcional, switch de presión y válvulas, deberán de ser cableados de acuerdo a la Interfase de los diagramas de las figuras previamente descritas.

7.2.3.2 Transformador de soldadura

Para la etapa de potencia, se deberá de contar un transformador capaz de suministrar un rango 5000 Amperes a 11000 Amperes en el sistema secundario, según información proporcionada en la tabla 4.6 para poder realizar el proceso de soldadura con los espesores de 0.5mm a 1.98mm de acero dulce.

De acuerdo a lo visto en el capítulo 1, se debe de utilizar el transformador a un 50% de su capacidad, para evitar daños en el mismo, ocasionados por un sobrecalentamiento.

El transformador seleccionado proporciona un rango de 5000 a 16000 Amperes en el sistema secundario esto es para cubrir también las necesidades del módulo de soldadura por tuerca, que se realizará posteriormente en otro trabajo de tesis. El cual necesitará mayor corriente para la colocación de la tuerca sobre la lámina.

Para el caso de transformador de soldadura de dispositivo se consideraron 3 aspectos importantes, siendo los mismos que se consideraron para el cilindro de soldadura que son:

- Especificaciones
- Costo
- Mantenimiento

En cuanto a las especificaciones el transformador de soldadura colocado en el dispositivo, nos ofrece un rango de 5000 a 16000 Amperes en el sistema secundario.

El costo del transformador es muy similar en las diferentes marcas.

El mantenimiento para el transformador es casi nulo, lo único que se recomienda realizar es el purgado del sistema de enfriamiento, en periodos de 6 meses, para reparaciones más drásticas, es conveniente un transformador nuevo.

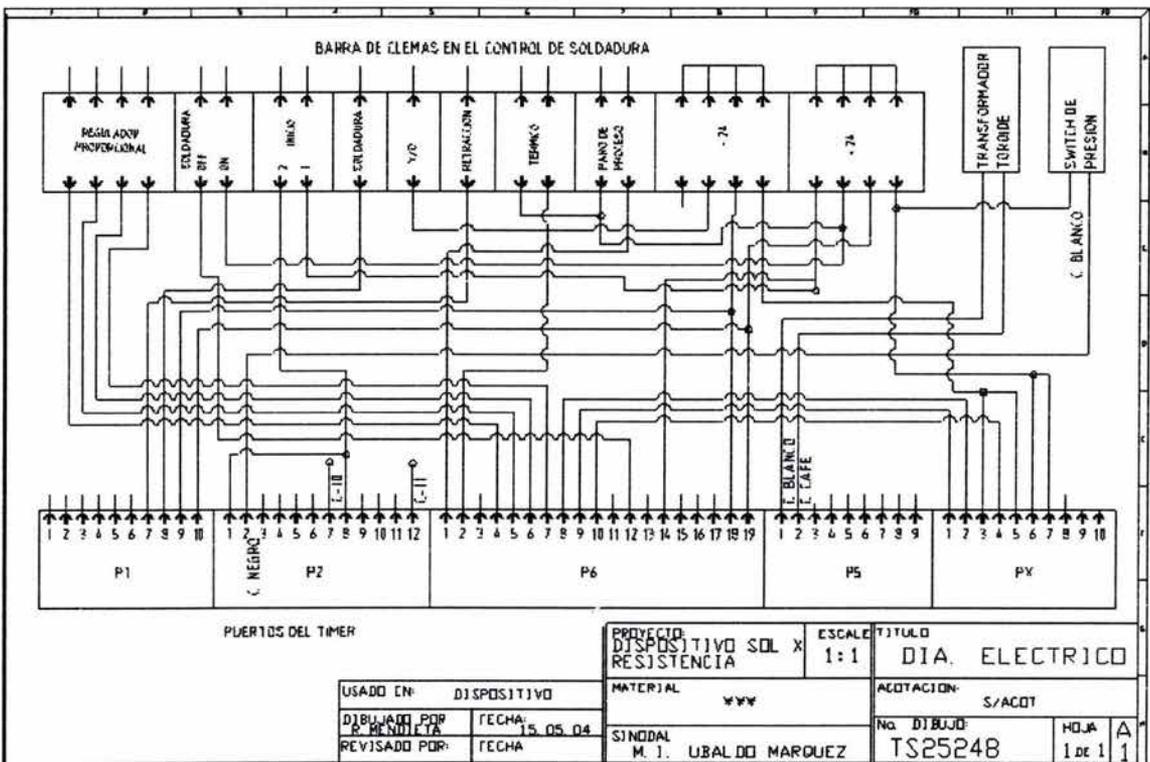


Figura 7.2.26 Diagrama eléctrico de timer a conexión exterior.

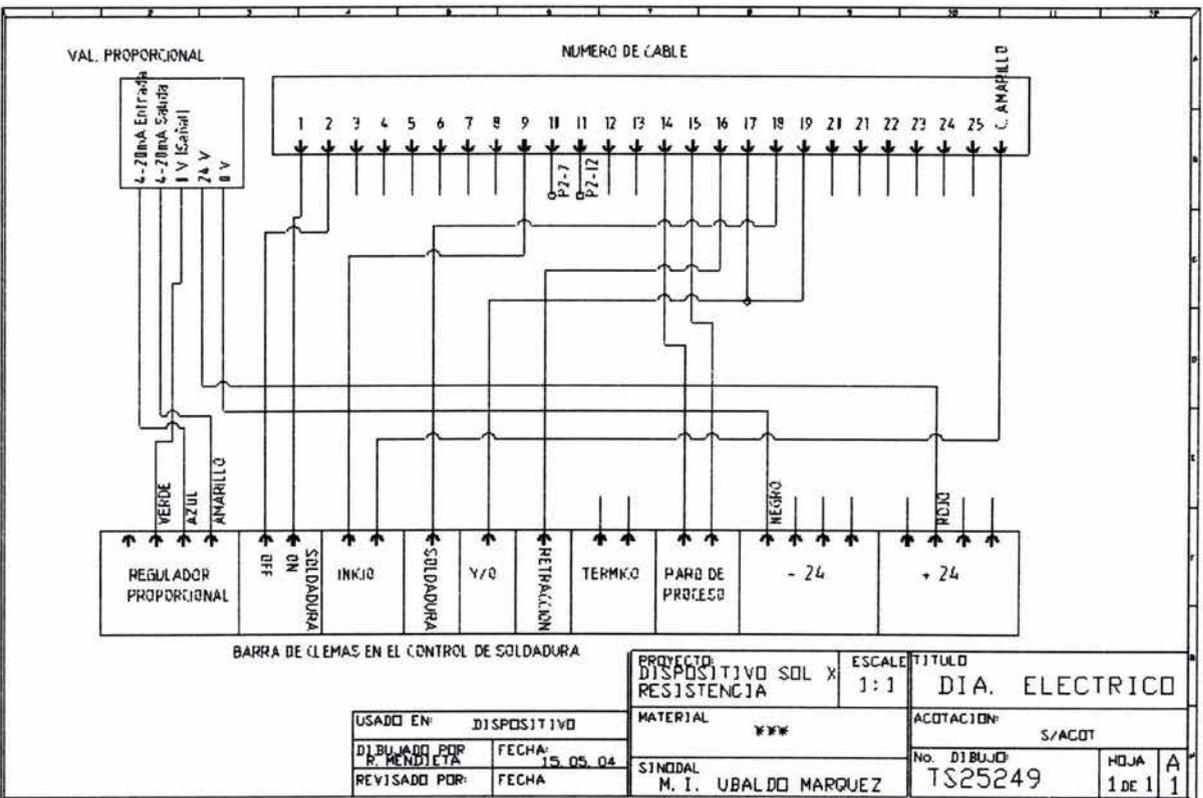


Figura 7.2.27 Diagrama eléctrico de conexión exterior a conector de interface.

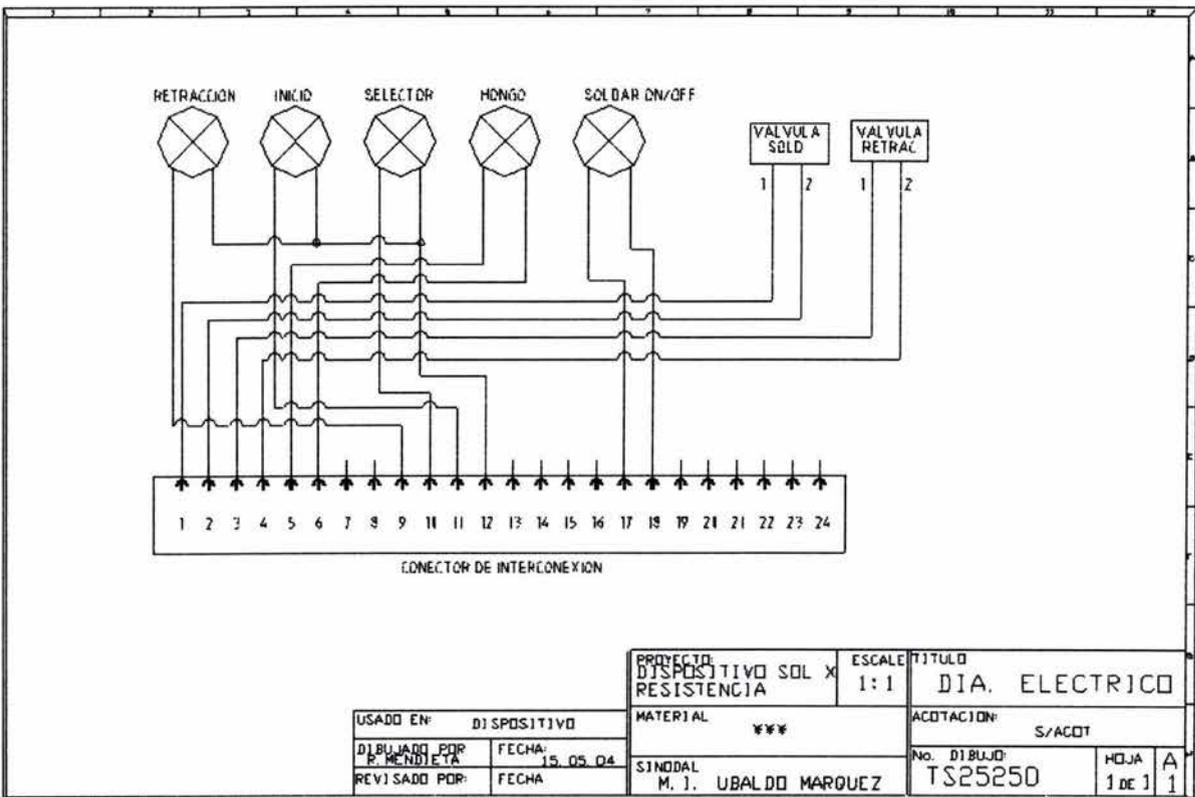


Figura 7.2.28 Diagrama eléctrico de conector de interface a botones.

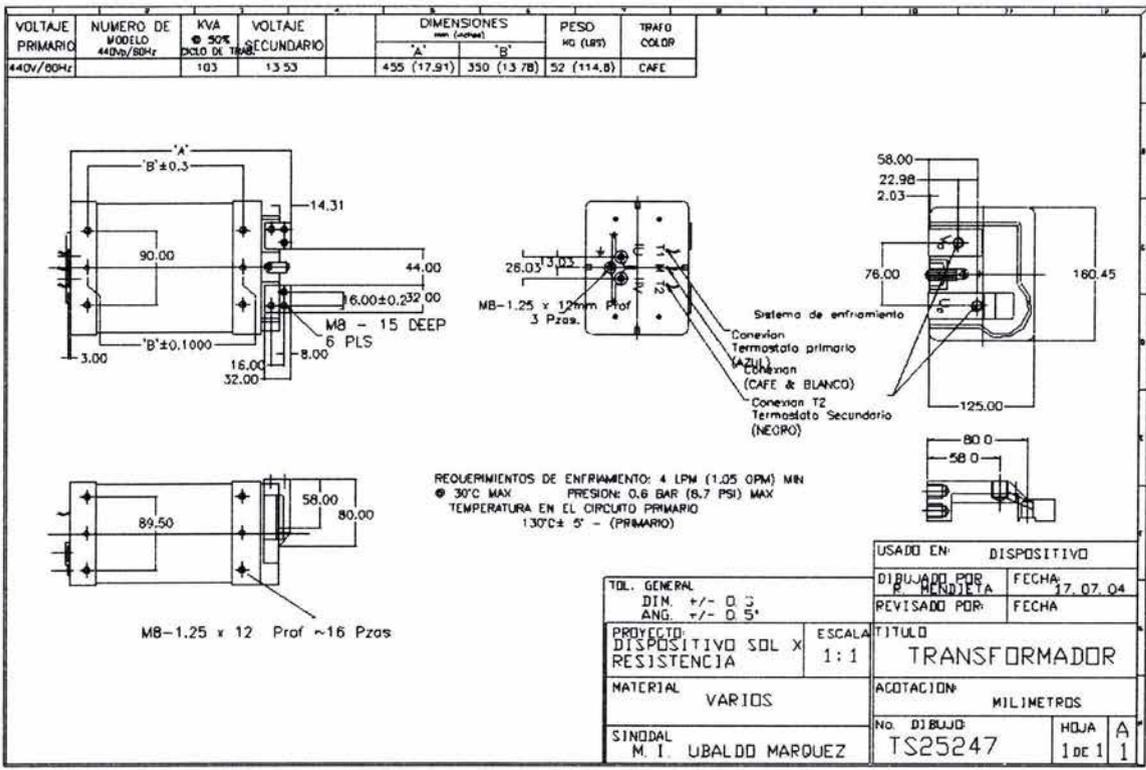


Figura 7.2.29 Transformador de soldadura que proporcionara la corriente de soldadura necesaria para el proceso.

7.3 Descripción de los elementos del dispositivo

El dispositivo cuenta con un módulo de soldadura para punto que incluye:

- 1.- Botón de retracción. Este nos permite retraer el cilindro hasta una posición cercana a las partes a soldar, para este caso, la retracción que nos ofrece el cilindro es de 60 mm.
- 2.- Botón de soldadura los programas previamente seleccionado, este nos permitirá finalizar el proceso de soldar el calibre, ya que los parámetros colocados en el control de soldadura, nos proporcionarán las características que deben de tener los puntos de soldadura para estos calibres.
- 3.- Selector, este nos permitirá seleccionar el programa que se seleccione, para este caso solo tendrá dos posiciones para programa 1 y para programa 2.

Con la selección de programa 1 podremos soldar calibres de 0.99mm / 0.7mm de espesor, y con la selección del programa 2 podremos soldar calibres de 1.2mm / 1.5mm, ya que los parámetros de soldadura necesarios para cada caso son diferentes, si deseamos que la consistencia y calidad sea la adecuada.

4.- Botón de soldar y no soldar, este botón nos ofrece la ventaja de realizar pruebas con o sin soldadura, que en numerosas ocasiones, es necesario realizar ajustes el equipo sin soldadura como es la verificación de la alineación de los adaptadores, así como asegurar que los adaptadores no golpearán el material a soldar, ocasionando deformación en el mismo y derivación de corriente, y una mala calidad del punto de soldadura.

5.- Botón tipo hongo. Es muy importante que los sistemas cuenten con un sistema de paro de emergencia este no sería la excepción, ya que como se debe de tener conocimiento no todos los sistemas son perfectos y en varias ocasiones se presentan agentes externos que alteran el proceso, por lo que el dispositivo cuenta con un botón tipo hongo de paro de emergencia colocado en la parte central, el cuál bloqueará el proceso, en el paso en que se encuentre, una vez que sea éste activado por el usuario.

6.- Bloque de derivaciones de agua. Este bloque nos permitirá distribuir el sistema de enfriamiento tanto para la entrada como para la salida, realizando derivaciones como se explicará cada una de ellas.

Los circuitos de enfriamiento están contemplados en tres partes derivaciones (ver figura 7.2.15).

a) Derivación 1. Esta derivación de sistema de enfriamiento está destinada para enfriar el transformador, ya que es uno de los elementos que más sufre calentamiento.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

b) Derivación 2. Esta se utiliza para enfriar el sistema secundario como son: barras de cobre, brazos y adaptadores.

c) Derivación 3. Por último esta será destinada a enfriar los tiristores del control de soldadura.

7.- La charola neumática que se está colocando en el dispositivo, será de gran ayuda para ajustar la presión que se desea suministrar en la operación de soldadura por punto y cuenta con regulador proporcional y filtro para retener las impurezas del aire.

Por uno de los extremos se conecta el suministro principal de línea de distribución de aire, el cuál pasa a través del filtro para limpiar las impurezas del aire y posteriormente llega al regulador quien abre una compuerta para suministrar la presión programada por el control de soldadura la cual se podrá visualizar en el manómetro que se encuentra ubicado en la parte lateral del regulador, y permitirá el flujo de aire con la presión seleccionada para el proceso.

8.- Válvula de retracción. Este elemento nos permitirá la apertura del cilindro a su posición cercana al material sin tocarlo, aproximadamente 60mm de desplazamiento del cilindro.

9.- Válvula de Soldadura. Después de que se realizó la retracción del cilindro a su posición cercana al material, será necesario cerrar por completo la parte móvil con la fija para concluir el proceso, por lo que este elemento nos proporcionara el último desplazamiento del cilindro siendo aproximadamente de 20mm.

10.- Cilindro de soldadura. Este elemento nos proporcionará la fuerza necesaria para realizar el proceso.

11.- Transformador de soldadura. Este elemento nos proporcionará la corriente de soldadura necesaria en el circuito secundario para el proceso.

12.- Control de Soldadura. Este elemento proporcionará los ajustes y las señales necesarias previamente programadas para que el proceso funcione.

13.- Sistema secundario de conducción. Estos elementos nos proporcionarán la conducción de la corriente eléctrica hasta la posición del material a soldar, tal como: Adaptadores, electrodos, barras de conducción, etc.

En gran medida estos elementos son los de mayor interés para realizar el proceso, ya que cada uno de ellos es indispensable para el buen funcionamiento del equipo.

7.4 Descripción del funcionamiento del dispositivo

En este tema describiremos a detalle, lo que esta ocurriendo al realizar el proceso de soldadura por resistencia con el dispositivo, ya que muchas operaciones dentro del control como de los elementos, ocurren sin que el operador se entere, el sistema es complejo sin embargo es bueno tener conocimiento de lo que esta pasando dentro y fuera del dispositivo de soldadura por resistencia por punto.

En primer lugar es importante verificar que los suministros de potencia, agua y aire este conectados para el correcto funcionamiento. Ya que se haya verificado que los suministros estén conectados, se prende la perilla del interruptor del control de soldadura, hasta aquí del dispositivo puede estar encendido todo el día, sin que cause algún daño.

Para realizar el proceso y describirlo a detalle, se selecciona con el botón selector, el programa de soldadura que se desea utilizar (programa 1 ó programa 2), este automáticamente asignará el programa seleccionado, posteriormente se oprime el botón con la leyenda de retracción, el cuál cerrará el circuito y mandará una señal de 24 V al control de soldadura para abrir el circuito, enseguida el control de soldadura mandará a su vez una señal de 24v al regulador proporcional y a la válvula 1 de retracción, llegada la señal de 24v a la bobina de la válvula 1 de retracción esta la activará para permitir el flujo de aire en el cilindro en la parte de retracción con lo que el vástago del cilindro unido con el brazo móvil seguirá su carrera hasta alcanzar los 60 mm, de longitud.

Ya colocado el brazo en la posición de retracción para proceso de cierre de circuito, se pulsará el botón de soldadura (previamente seleccionado el programa 1 ó 2), con lo que cerrará el circuito y a su vez al igual que para el botón de retracción mandará una señal de 24v al control de soldadura, este a su vez, procesará la señal la cuál esta en diferente ubicación en el timer y enviará una señal tanto al regulador como a la válvula de soldadura 1, la cual será activada por medio de la bobina y permitirá que pase el aire por la cámara de soldadura y cierre por completo, oprimiendo los materiales a soldar. Esta válvula al igual que la válvula de retracción permanecen bloqueadas para impedir que se fugue el aire en estas dos cámaras, posteriormente dando el tiempo necesario para que el brazo móvil (vástago de cilindro) llegue a su posición final para soldadura y oprima los materiales a soldar se suministrará corriente eléctrica previamente programada para el programa seleccionado, y permanecerá la corriente durante un corto tiempo (milisegundos) para que se comience a fundir el material, pasado este tiempo cesará del paso de corriente pero permanecerá cerrado el cilindro para llegar a la etapa de solidificación con lo que el flujo de agua tendrá la importancia de enfriar el punto de soldadura, para que este a la vez quede bien colocado, este flujo de agua permanece todo tiempo operando, para que a su vez terminado el tiempo de enfriamiento se retraiga el brazo superior a la posición de soldadura, y posteriormente, se deberá oprimir el botón de retracción para colocar el brazo móvil en la mayor distancia de las piezas soldadas (esto es por precaución), ya que el usuario tendrá que tomar la pieza soldada.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

Posteriormente se someterá a la prueba destructiva. La forma más común es colocando la pieza soldada en un banco de trabajo, sujetarla bien, permitiendo que con un cincel y martillo se trate de separar las láminas previamente soldadas, por lo que en los primeros intentos se corroborará de las piezas han sido bien soldadas. Los intentos por separarlas a base de golpes nos permitirá después de despegadas las láminas, corroborar que el material desprendido de una lámina sobre la otra forman el punto de soldadura (nugget) y proseguiremos a revisar las dimensiones correspondientes al material desprendido de una lámina sobre la otra. En la mayoría de las veces el material de menor espesor es el que cede el material que se queda incrustado en la lámina de mayor espesor.

Realizando las dimensiones correspondientes, se realizará un reporte de inspección para confirmar que el punto de soldadura ha sido realizado satisfactoriamente.

7.5 Parámetros de Cedulación

En esta parte nos enfocaremos a la cedulación de los parámetros que tomarán un papel muy importante en el proceso de soldadura, retomaremos los puntos importantes mencionados en el capítulo 4, para hacer la selección correcta.

Estos parámetros los veremos de acuerdo a como fueron mencionados en el capítulo 4.

1) Tamaño la punta del electrodo

Para este punto nos referimos a la tabla 2, en la cuál tendremos tres columnas para este punto de nuestro interés, las cuales son: (espesor de lámina, diámetro del electrodo y mínima punta de cap).

De acuerdo a los espesores de materiales que vamos a soldar que son 0.99mm y 0.7mm nos vamos a la tabla 2, con el material de menor espesor, que en este caso sería el de 0.99mm, como podemos apreciar el valor correspondiente para 0.99 mm y observamos que la columna de diámetro del electrodo es de 13 mm sin embargo es mas comercial utilizar uno de 16 mm, como lo explicaré en las recomendaciones, ahora bien nos dirigimos a la columna de diámetro de la punta del electrodo, en el cual nos muestra que la punta del electrodo debe de ser de 5 mm.

Hasta el momento ya contamos con la información del electrodo para el punto de soldadura que es:

Diámetro del electrodo: 16mm

Diámetro de la punta: 5mm

2) Presión

Para seleccionar la presión necesaria y poder soldar estos calibres nos dirigimos a la tabla 4, al igual que, en el punto anterior consideramos el material de menor espesor, así como se debe de conocer que tipo de material es la lámina que estaremos utilizando, para este caso será acero dulce, con lo que podemos observar que para un espesor de lámina de 0.99mm, tenemos que la presión requerida para soldar este material es 280lbsf/in², por lo que en este momento contamos ya con:

Presión de soldadura: 280 lbsf/in²

3) Tiempo de soldadura.

En la tabla 4, en la columna 5 podemos obtener el número de ciclos de soldadura que para este punto, con lámina de espesor de 0.99 mm, el valor es 9 ciclos, por lo que para este punto el número de ciclos será:

Número de ciclos: 9

4) Derivación de transformador

De acuerdo al transformador que estamos utilizando este punto no aplicará, ya que no contamos con selector de tap en el transformador.

5) Porcentaje de calor

Para este punto no es muy visible de ver ya que, se reducirá el porcentaje a través de la programación del programa de soldadura.

6) Tiempo de acercamiento

Para este punto, no se vera a simple vista, ya que esta involucrado con la programación.

7) Correcta alineados de los electrodos

La alineación se debe de realizar antes de soldar algún punto.

8) Corriente de soldadura

Para este punto, no se vera a simple vista, ya que esta involucrado con la programación.

9) Revisar derivaciones de corriente.

Verificar que todos los elementos estén bien aislados para posibles pérdidas por derivación, así como el material que vaya a ser colocado no este pegado con el sistema secundario.

Es muy importante mencionar que los valores obtenidos en las tablas, será de gran ayuda sin embargo no necesariamente tendrán que ser esos valores ya que para analizar el punto de soldadura se tendrán que ir ajustando, pero pueden ser valores de inicio para encontrar los valores correctos que deberían ser.

7.6 Pruebas con material

Las pruebas con placas de metal destinadas a los cupones de soldadura son importantes ya que de esta forma podremos obtener la información real y certera de que el equipo que fue diseñado se encuentra en óptimas condiciones, para realizar el proceso.

Las pruebas que se estarán realizando serán de forma teórica, ya que por razones previamente descritas, el dispositivo no se pudo probar como en un principio fue propósito, sin embargo la información que se obtuvo fue de un equipo de soldadura similar a este, el cual proporciono la siguiente información que nos será de gran ayuda para comprender el correcto desarrollo de este dispositivo.

Para las pruebas que se realizan en la industria metalmecánica, principalmente la automotriz, debe de contener la siguiente información, por lo que apeándonos a ese mismo criterio se deberá incluir la siguiente información:

1. Número de punto
2. Espesor de lámina 1
3. Tipo de material de lámina 1
4. Espesor de lámina 2
5. Tipo de material de lámina 2
6. Fuerza
7. Corriente
8. Número de ciclos
9. Diámetro de punto de soldadura

Teniendo esta información, es ingresada a la siguiente tabla, de acuerdo a lo comentado previamente, los valores que a continuación aparecerán en la siguiente tabla, fueron, realizados con otro equipo, muy similar sin embargo, no necesariamente serán lo que se proporcionará el dispositivo en el momento que este funcionando, ya que debemos de tener en cuenta que la forma del circuito secundario es diferente al igual que el control de soldadura.

Sin embargo no ayudara proporcionar información, que será de gran ayuda para el entendimiento del dispositivo.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

7.6.1 Programa 1

REPORTE DE PRUEBAS CON MATERIAL PROGRAMA 1

SOLDADURA POR PUNTO

Número de punto	Tipo de Material 1	Espesor 1 (mm)	Tipo de Material 2	Espesor 2 (mm)	Fuerza (Lbsf)	Corriente (A)	Número de ciclos	Diámetro del punto (mm)
-----------------	--------------------	----------------	--------------------	----------------	---------------	---------------	------------------	-------------------------

No. Spot	Material Type	Thicknesses 1 (mm)	Material Type	Thicknesses 2 (mm)	Force (Lbsf)	Current (A)	No. Of Cycles	Nugget Dia. (mm)
----------	---------------	--------------------	---------------	--------------------	--------------	-------------	---------------	------------------

1	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.3
2	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.25
3	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.3
4	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.25
5	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.4
6	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.3
7	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.3
8	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.4
9	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.5
10	A	0.99	A	0.7	170	5500	5	4.5
11	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.6
12	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.7
13	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.6
14	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.6
15	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.7
16	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.7
17	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.7
18	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.7
19	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.7
20	A	0.99	A	0.7	170	5700	6	4.7
21	A	0.99	A	0.7	180	5700	6	4.8
22	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.8
23	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.8
24	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.8
25	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.85
26	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.8
27	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.8
28	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.8
29	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.8
30	A	0.99	A	0.7	180	5600	6	4.9

Tipo de material

- A Acero Dulce
- B Acero Galvanizado
- C Acero Inoxidable
- D Aluminio

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

7.6.2 Programa 2

REPORTE DE PRUEBAS CON MATERIAL PROGRAMA 2

SOLDADURA POR PUNTO

Número de punto	Tipo de Material 1	Espesor 1 (mm)	Tipo de Material 2	Espesor 2 (mm)	Fuerza (Lbsf)	Corriente (A)	Número de ciclos	Diámetro del punto (mm)
-----------------	--------------------	----------------	--------------------	----------------	---------------	---------------	------------------	-------------------------

No. Spot	Material Type	Thicknesses 1 (mm)	Material Type	Thicknesses 1 (mm)	Force (Lbsf)	Current (A)	No. Of Cycles	Nugget Dia. (mm)
----------	---------------	--------------------	---------------	--------------------	--------------	-------------	---------------	------------------

1	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.15
2	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.1
3	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.2
4	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.1
5	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.1
6	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.1
7	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.1
8	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.1
9	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.15
10	A	1.2	A	1.5	350	8000	12	5.1
11	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
12	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
13	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
14	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
15	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
16	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
17	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
18	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
19	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
20	A	1.2	A	1.5	350	8500	10	5.3
21	A	1.2	A	1.5	370	8100	8	5.5
22	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
23	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
24	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
25	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
26	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
27	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
28	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
29	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5
30	A	1.2	A	1.5	370	5600	6	5.5

Tipo de material

- A** Acero Dulce
- B** Acero Galvanizado
- C** Acero Inoxidable
- D** Aluminio

7.7 Descripción del proceso de soldadura por resistencia.

En las siguientes imágenes mostraré y describiré con detalle que ocurre durante la soldadura por resistencia por medio de fotografías.

En primer lugar es muy importante el entendimiento de cada una de las imágenes que a continuación se muestran, para las cuales es necesario mencionar las partes que tomarán juego final en el proceso las cuales son:

1. Porta electrodo superior.
2. Lámina de calibre #1 superior.
3. Porta electrodo inferior.
4. Lámina de calibre #2 inferior.

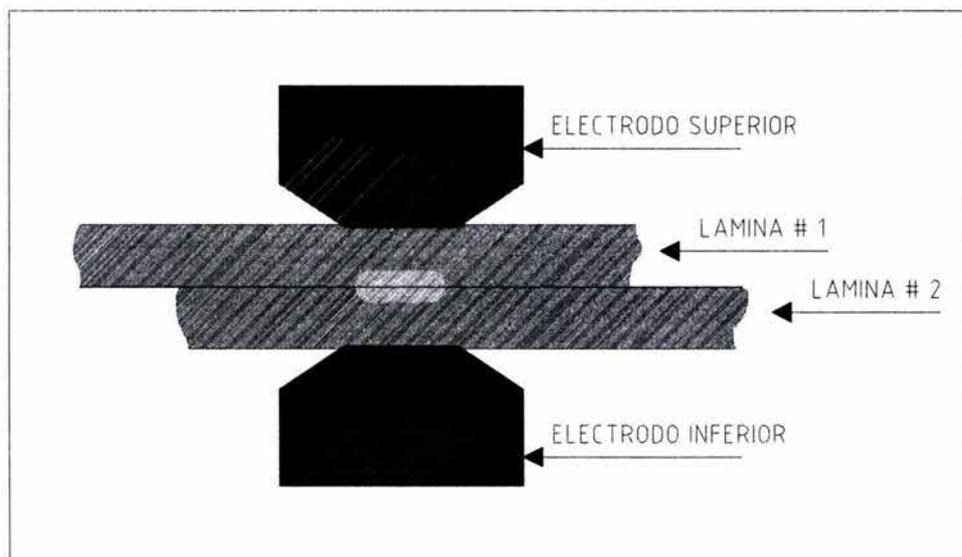


Figura 7.7.1 Materiales finales involucrados en el proceso de soldadura por resistencia.

La Figura 1. Muestra el posicionamiento inicial de los electrodos sobre el material de trabajo (lámina # 1 y lámina # 2), en esta fotografía hay presión ejercida por los electrodos hacia el material, sin embargo la corriente eléctrica se encuentra ausente por el momento.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

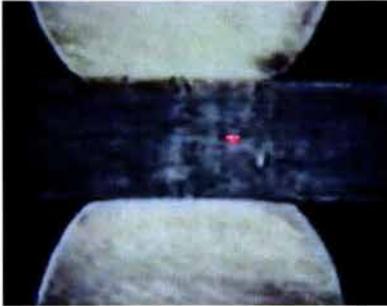


Figura 1

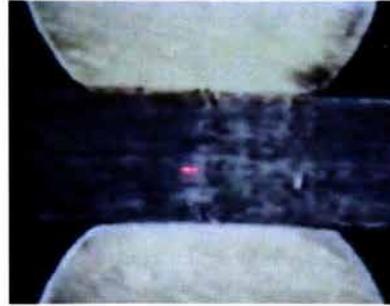


Figura 2

Figura 2. Ya suministrada la presión de los electrodos sobre el material se suministra corriente eléctrica, esta fluye del electrodo superior al electrodo inferior pasando por el material de trabajo.

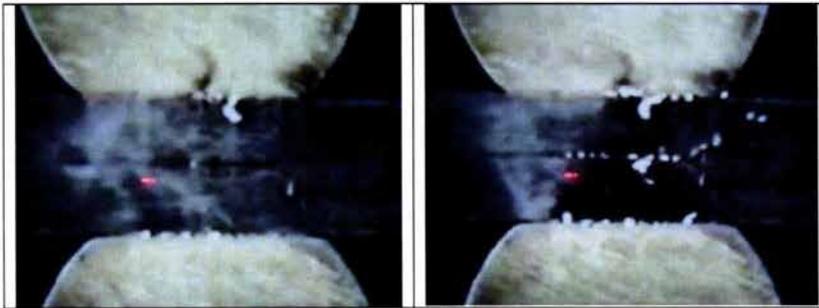


Figura 3

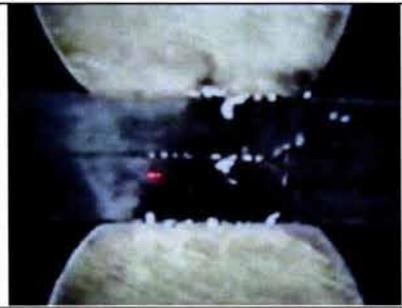


Figura 4

Figura 3. Con la corriente eléctrica presente se comienza a interactuar con los materiales originando calentamiento, lo cual provoca el inicio de la eliminación de la superficie de Zinc del material como se puede observar (no todas las láminas contienen este recubrimiento).

Figura 4. El proceso de desprendimiento de la capa de Zinc es más notorio debido al aumento de temperatura entre las láminas y los electrodos, a simple vista se puede observar también que el material se comienza a cambiar a un color más oscuro.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

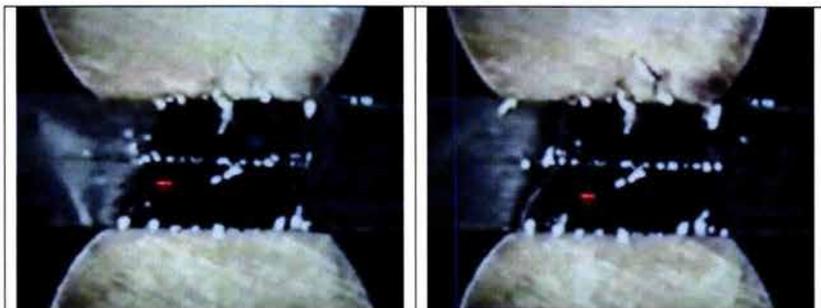


Figura 5

Figura 6

Figura 5. El cambio de color del material en el área de contacto de los electrodos se prolonga de la parte superior a la inferior esto es debido al incremento de temperatura que está originando por paso de corriente eléctrica.

Figura 6. La temperatura se va incrementando paulatinamente a medida que la transferencia de calor pasa por los materiales, con lo que se ve reflejado en una mayor área de material quemado, también se puede apreciar que la superficie de zinc cada vez es más notoria.

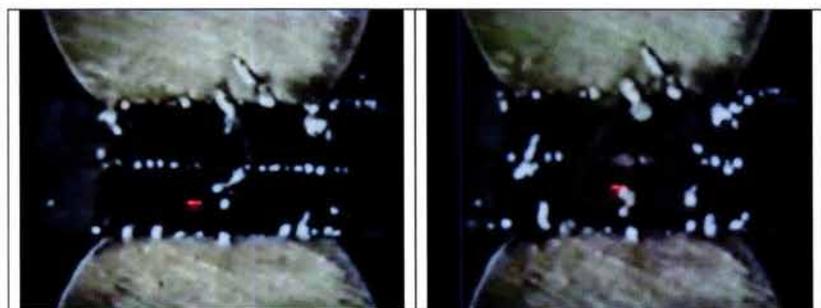


Figura 7

Figura 8

Figura 7. La temperatura casi ha llegado al punto de fusión de las láminas de acero.

Figura 8. La temperatura ha llegado al punto de fusión de las láminas de acero, en este momento el material comienza a fundirse en el punto de mayor resistencia (entre las láminas), provocando el inicio del punto de soldadura (nugget) ó unión de las dos láminas de acero, se puede apreciar en la parte central, el inicio de dicha fusión.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

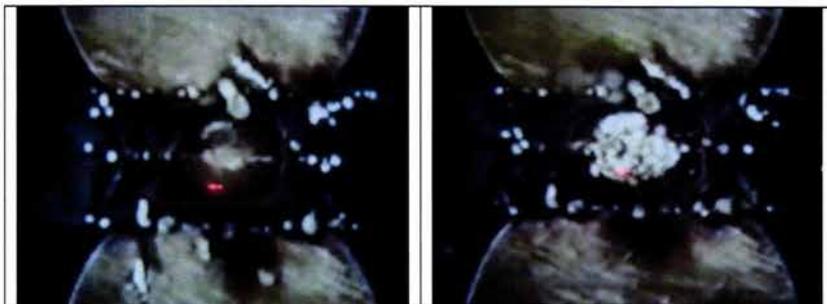


Figura 9

Figura 10

Figura 9. La mayor temperatura se aprecia en la parte central de las láminas, la fusión se hace cada vez más notoria donde el material se funde por el paso de corriente eléctrica, en este punto todavía el material central no está fundido al 100% , sin embargo es el propósito para que se lleve a cabo la unión.

Figura 10. El material central se encuentra en un 90% fundido, en este momento se puede apreciar lo que será el contorno del punto de soldadura (nugget).



Figura 11

Figura 12

Figura 11. Se muestra el punto de soldadura al 100 % formado, si embargo está en su forma líquida, el contorno del material fundido será la forma de la soldadura, por lo que será necesario en este momento la solidificación.

Figura 12. En este momento cesa el paso de corriente eléctrica y comienza el proceso de solidificación, con el flujo de agua interno de los electrodos, quien disipará el calor originado del

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

proceso, es importante contar con el flujo de agua correcto ya que de otro modo se tendría un defecto en el punto de soldadura.

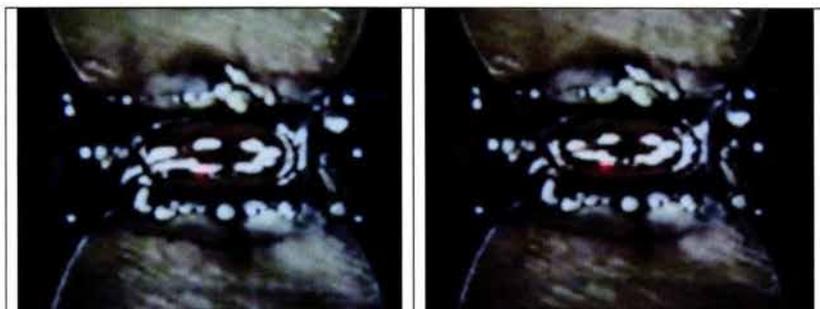


Figura 13

Figura 14

Figura 13. La solidificación se está llevando a cabo y se encuentra en el punto final del proceso, esta imagen se puede distinguir con mayor claridad el punto de soldadura (Nugget) que se forma entre las dos láminas de acero.

Figura 14. El punto de soldadura (Nugget) ha llegado a su punto final, el material está 100% solidificado y es momento de la apertura de los electrodos.

7.8 Manual de operación

Las siguientes instrucciones son importantes para utilizar el dispositivo de soldadura por resistencia por punto, por lo que se deberá de seguir los siguientes pasos, para realizar el proceso de forma correcta.

1. Subir el Interruptor termo magnético para alimentar al control.
2. Verificar que el botón de paro de emergencia no esté activado
3. Seleccionar (no soldadura)
4. Verificar suministro de agua
5. Verificar suministro de aire
6. Verificar que todas las partes estén bien apretadas
7. Seleccionar programa 1 ó programa 2
8. Oprimir el botón de retracción
9. Oprimir el botón de soldadura, (previamente selector de no soldar paso 3) y verificar la alineación de los electrodos, en caso de que no estén alineados, alinear.
10. Seleccionar (soldar)
11. Colocar pieza de trabajo y sujetar
12. Oprimir el botón de soldadura
13. Oprimir el botón de retracción
14. Después de realizo el punto de soldadura, retirar la pieza de trabajo
15. Realizar prueba destructiva
16. Medir el tamaño del punto de soldadura
17. Llenar reporte del punto de soldadura
18. Apagar el Interruptor termo magnético

7.9 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una forma de verificar la condición de la máquina antes de sufrir algún problema antes y durante producción. Las condiciones óptimas de una máquina traerán como consecuencia una mejor soldadura en el proceso por lo que es recomendable seguir las siguientes instrucciones.

Inspección Diaria.

- Verificar visualmente las condiciones de las partes del secundario (cables, puentes de lanas y barras de conducción)
- En caso de que los puentes de lanas tengan 10 o más lanas rotas, reportar de inmediato.
- Verificar posibles fugas de aire y/o agua
- Verificar las condiciones de los adaptadores y electrodos
- Verificar que el equipo cuente con suministro de agua (Indispensable)

Inspección Semanal.

- Inspeccionar la condición de los puentes de lanas y cambiar si es necesario
- Verificación visual de todas las conexiones y reemplazar si es necesario
- Visualmente verificar las cabezas de los electrodos, limar si es necesario
- Verificar que las partes del secundario no estén en corto circuito
- Verificar los cables de señales
- Verificar los suministros de (potencia, agua & aire)

Inspección Anual.

Después de un largo período de uso es recomendable realizar un mantenimiento más exhaustivo, ya que muchas partes con el uso presentan desgaste y aflojamiento por lo que es recomendable.

- Desmontar completamente los dispositivos para revisión exhaustiva.
- Todas las partes móviles, puentes de lanas y cilindros deben ser inspeccionadas y/o reemplazadas si es necesario.
- El cilindro deberá ser desarmado completamente, limpiado, verificado en todas sus partes, principalmente los sellos de plástico, lubricado y armado de nuevo.
- Las conexiones de secundario debe ser verificadas que no tengan fugas de agua y montadas de nuevo, es importante apretar bien los tonillo ya que de otro modo tendremos un desgaste prematuro de estas partes.
- Los puentes de lanas deben ser verificados que estén en condiciones óptimas y reemplazar si 10 lanas están rotas.

Diseño y Construcción de un Dispositivo de Soldadura por Resistencia

- Todas las conexiones deben ser verificadas y montadas utilizando teflón en las cuerdas para mayor seguridad.
- Limpiar la escoria en los electrodos, adaptadores y brazos, reemplazar si es necesario
- Verificar la operación de las válvulas.
- Verificar aislamientos de brazo-cilindro, brazo fijo y transformador, y reemplazar en caso necesario.
- Todo el cableado de conexiones eléctricas deberá ser revisado, y reemplazar las partes en caso necesario.
- Verificar los parámetros de soldadura.
- Realizar probetas de ensayos para verificar los parámetros, así como los ensayos destructivos antes de producción.
- Se debe realizar un reporte detallado de todas las partes del dispositivo, así como de los parámetros de soldadura.

7.10 Verificación de fallas

- **Calidad pobre de soldadura**
 - Verificar parámetros en el control
 - Verificar la temperatura en los electrodos
 - Verificar el flujo de agua y temperatura
 - Verificar la presión
 - Verificar el diámetro del punto
 - Verificar el suministro de voltaje

- **Desgaste excesivo del electrodo**
 - Demasiada corriente
 - Poca presión
 - Electrodos martillados

- **Sobre calentamiento del equipo**
 - Verificar flujo de agua y retorno fuera del equipo
 - Verificar dirección del flujo
 - Verificar en toda la longitud del tubo de enfriamiento
 - Verificar el diámetro interior de los electrodos
 - Puede ser que el diámetro de flujo de retorno sea menor
 - Verificar las conexiones de puentes de lanas, barras de cobre y brazos de conducción del transformador

CAPITULO VIII
CONTROL DE SOLDADURA

CAPITULO VIII

CONTROL DE SOLDADURA

8.1 Descripción Funcional del Control de Soldadura

El suministro principal de voltaje (440 VCA) se conecta directamente a un interruptor termomagnético el cual es usado para aislar el suministro principal de los componentes de potencia en el control de soldadura.

El interruptor tiene tres posiciones: dos de ellas: encendido y apagado. Entre estas dos posiciones esta una posición llamada tripped, la cual también desconecta el equipo de soldadura.

El interruptor termo magnético estará en posición tripped solamente si ocurre una falla mayor y la corriente de soldadura transcurre por más de 1.5 segundos.

Los tiristores son enfriados por agua que se bombea desde el exterior a través del disipador. Las conexiones para agua son conectadas a tierra con el fin de asegurar que el agua sea eléctricamente segura.

Un transformador de tipo toroide es instalado en el circuito primario del transformador de soldadura para detectar el flujo de corriente.

El resistor de carga dispara la energía residual en el transformador de soldadura al final de cada secuencia de soldadura.

El microprocesador maneja un archivo de programas en memoria RAM donde almacena los parámetros de los programas de soldadura.

La figura 8.1.1, muestra el diagrama a bloques de una máquina para soldadura por resistencia.

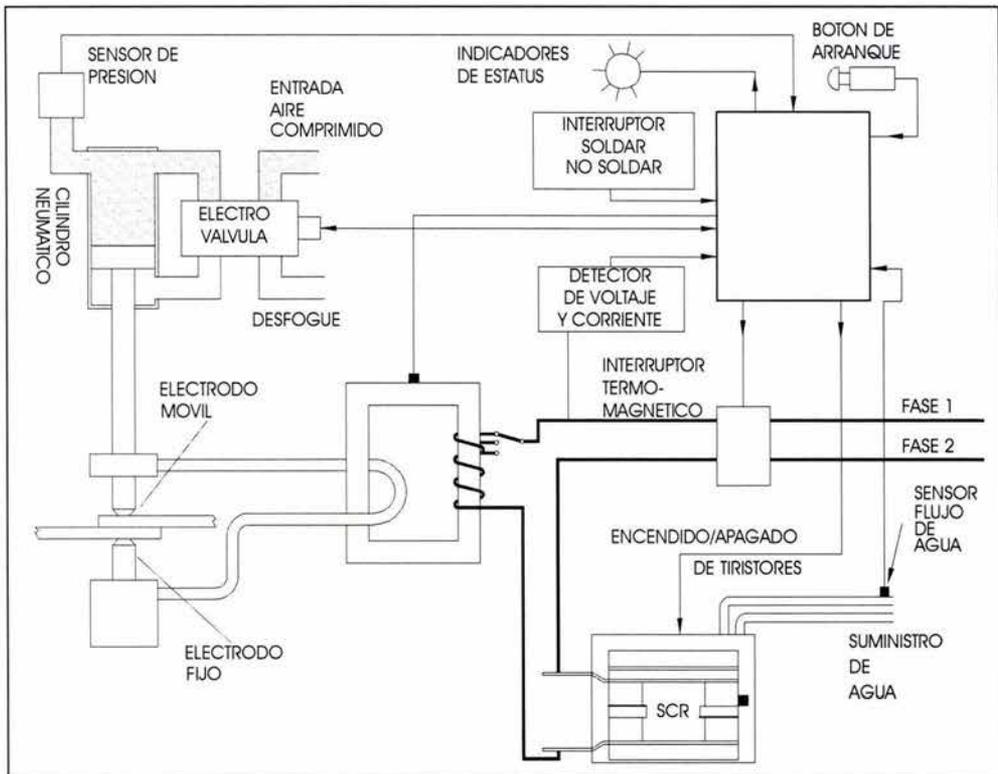


Figura 8.1.1 Diagrama de bloques de una máquina soldadora por resistencia.

La corriente de soldadura se programa en los términos de porcentaje del calor (% calor). En realidad, cada porcentaje de calor corresponde a cierto ángulo de conducción de los tiristores, de esta manera el voltaje aplicado al transformador de soldadura es proporcional a dicho ángulo de conducción considerando la resistencia total del circuito secundario prácticamente constante, entonces, la corriente de soldadura será proporcional al voltaje aplicado.

Un punto de soldadura se inicia con la señal externa de inicio. El equipo dispone de tres entradas adicionales que monitorean permanentemente el flujo de agua, la presión del aire comprimido y el termostato del transformador de soldadura. Estas entradas condicionan la señal de inicio.

El sistema de control monitorea permanentemente el sensor de presión de aire comprimido, el sensor de flujo de agua y el termostato; cuando alguna de estas condiciones no se cumpla, el equipo reportará la falla.

CONCLUSIONES

Como se puede apreciar en el trabajo elaborado, la soldadura por resistencia tiene un impacto importante en la industria metalmeccánica, por lo que es conveniente profundizar más a detalle el proceso, en la asignatura correspondiente.

El dispositivo que permanecerá en la Facultad de Ingeniería, tendrán el único y principal propósito, de desarrollar el interés, por el proceso de la soldadura por resistencia, con el que cuentan en la actualidad las plantas metalmeccánica, ya que tiene un impacto sorprendente sobre la fabricación de una variedad de productos, los cuales están relacionados con el proceso, así como la formación de Ingenieros capaces de entender y comprender el correcto funcionamiento de los equipos con los que estarán involucrados en el campo profesional, durante el desarrollo en la industria en metalmeccánica, se desea reiterar que es un prototipo de configuración totalmente diferente a los que se encuentran en dichas plantas, sin embargo el funcionamiento y concepto es el mismo.

El presente trabajo se cumplió el objetivo principal que fue el diseño y construcción del dispositivo de soldadura para fines didácticos, el cuál ofrecerá un mayor entendimiento del proceso de soldadura que actualmente se utiliza en las plantas metalmeccánica, así como el entendimiento de cada uno de los conceptos que están involucrados para dicha aplicación, se hace mención que no es un manual de soldadura, sin embargo cada uno de los conceptos que envuelven este trabajo, ha sido una recopilación de la experiencia laboral que se ha ejercido durante 6 años en la industria Automotriz.

La realización de pruebas de soldadura con material físicamente en el dispositivo, no se llevaron a cabo, debido a que uno de los suministros con los que cuenta actualmente la facultad de Ingeniería en el laboratorio de Manufactura Avanzada, no es el adecuado, siendo el requerido de 440VCA, sin embargo, debido a los conocimientos adquiridos en el campo laboral, deseo confirmar que el dispositivo, en cuanto sea suministrado el servicio requerido, no tendrá ningún problema para el fin a que fue realizado, llegando así a las pruebas de soldadura y al aprendizaje de los alumnos de la Facultad de Ingeniería.

La fabricación del presente dispositivo, fue ardua y complicada, ya que muchas de las partes que se diseñaron, son difíciles de fabricar en la facultad de Ingeniería debido a las herramienta con las que cuenta, por lo que se solicito ayuda a un taller de máquinas y herramientas, para la fabricación, de la mayoría de las partes, sin embargo el propósito de este trabajo no es la manufactura en serie, solo es el desarrollo para realizar el buen funcionamiento de equipo y que sirva para la enseñanza.

El control de soldadura utilizado en el dispositivo, es considerado como uno de los periféricos del proceso, por lo que, para fines de este trabajo, no se estará analizando sin embargo, se colocó en el dispositivo para proporcionar un mayor control en los parámetros de soldadura, para proporcionar a los usuarios del equipo curiosidad para aprender más acerca de este instrumento en las prácticas, ya que el control de soldadura se encuentra en todas las plantas automotrices.

Por lo que en este trabajo se reserva proporcionar más detalles de los componentes que tiene dicho control, ya que por sí solo el control de soldadura sería un tema de tesis, esto es por lo complicado y laborioso que resulta el análisis de este equipo en la parte electrónica.

El equipo se empleará en los laboratorios de: Procesos de conformado de materiales, Tecnología de materiales y Procesos de manufactura, cuyo objetivo primordial será, proporcionar los conocimientos a mayor detalle del proceso de soldadura por resistencia, para brindar a los estudiantes un mejor entendimiento y formación académica para su desarrollo profesional.

En la industria, el uso de este tipo de soldadura por resistencia es cada vez más importante y complejo. Por lo que la formación de los ingenieros con conocimientos del proceso, en esta área es fundamental ya que dicho proceso en la actualidad, tiene un alto uso debido a altos volúmenes de producción y costo bajo por lo que las principales industrias en donde se aplica este proceso son:

- Industria Automotriz
- Industria de Electrodomésticos
- Industria avícola
- Industria aeronáutica
- Construcción
- Etc.

En el campo laboral que relacione el proceso de soldadura por resistencia, siempre estará un ingeniero de soldadura, por lo que es importante tener conocimiento del tema.

Como se comentó anteriormente el dispositivo, cuenta con dos módulos, uno para soldadura para punto y otro que no se llegó a concluir, que es para soldadura de tuerca, siendo este último uno de los trabajos a concluir, para una continuación de tesis.

Las actividades a realizar serán las siguientes:

Manufacturar un módulo muy similar al fabricado pero que pueda alojar a la tuerca, de modo que no se mueva, e incluir un riel de clemas adicionales, para las señales, en cuanto a las señales estas serán similares al dispositivo construido por lo que, se pondrán en paralelo, y se seleccionará el módulo a usar, no recomiendo utilizar ambos módulos a la vez.

GLOSARIO

Acercamiento (Squeeze): Ajuste de tiempo en el inicio de la secuencia, para que los electrodos se muevan, entren en contacto con la pieza de trabajo (láminas) y se restablezca la caída de presión antes de que la corriente empiece a fluir.

Amperes por soldadura (Weld Amperes): Corriente eléctrica suministrada a un punto de soldadura.

Adaptador (Adaptor): Pieza de cobre que aloja al electrodo, el cual le proporciona rigidez al equipo.

Asentamiento: Término utilizado en la industria metalmecánica, para definir que los electrodos se encuentren alineados y en correcta posición, para la operación de soldadura.

Barra de conducción (Busbar): Elemento utilizado para transmitir la corriente eléctrica, el material utilizado es barra de cobre.

Cable Bipolar (Kickless Cable): Cable de transmisión de corriente de dos polos (+/-) enfriado por agua.

Cable unipolar enfriado por agua (Water Cooled Cable): Cable de transmisión de corriente unipolar enfriado por agua.

Cable unipolar enfriado por aire (Air Cooled Cable): Cable de transmisión de corriente unipolar enfriado por aire.

Cedulación (Schedule): Término utilizado en la industria metalmecánica, para el ingreso de parámetros de soldadura, tales como corriente, número de ciclos, etc.

Ciclos de soldadura (Weld Cycles): Término utilizado en la soldadura por resistencia para definir el número de pulsaciones de corriente eléctrica que llevará el punto de soldadura, este parámetro dependerá de las características de los materiales.

Ciclo de trabajo (Duty cycle): Ciclo de trabajo a un 50% de su capacidad, de modo que no haya calentamiento en el equipo.

Convección: La convección es un proceso de transporte de energía por acción combinada de conducción de calor, almacenamiento de energía y movimiento de mezcla. La transferencia de energía por convección, desde una superficie cuya temperatura es superior a la del fluido que la rodea, se realiza en varias etapas. Primero, el calor fluirá por conducción desde la superficie hacia las partículas adyacentes de fluido. La energía así transferida servirá para incrementar la temperatura y la energía interna de esas partículas del fluido. Entonces, las partículas del fluido se moverán hacia una región de fluido con temperatura más baja, donde se mezclarán y transferirán una parte de su energía a otras partículas del fluido. El flujo, en este caso, es el fluido y de energía. Realmente la energía es almacenada en las partículas del fluido y transportada como resultado del movimiento de la masa.

La eficiencia de la transferencia de calor por convección dependerá principalmente del movimiento de mezclado del fluido.

Corriente (Current): Corriente de soldadura en (Amperes).

Electrodo (Cap): Pieza de cobre, que se encuentra en la etapa final del circuito secundario y quién proporcionará la corriente eléctrica para realizar el punto de soldadura.

Ensayos y/o probetas de soldadura (Weld Cuppons): Trozos de lámina, las cuales deberán de cubrir ciertas características dimensionales de longitud y ancho. Su principal propósito es la realización de pruebas destructivas y calibración de los parámetros de soldadura.

Fraguado (Hold). Es el periodo de tiempo, en el cual la presión permanece aplicada después de que la corriente ha cesado. Una vez que la soldadura ha sido formada, el punto de soldadura (nugget) semi-fundido requiere presión para forja mientras se enfría, antes de separar los electrodos de material.

Conducción: La conducción es un proceso mediante el cual, el calor es transmitido desde una región de temperatura alta a una región de temperatura baja, dentro de un medio (Sólido, líquido o gaseoso) o entre medios diferentes en contacto físico directo.

MCM: Mil circular mil, capacidad asignada a cables de conducción de corriente.

Número de soldaduras por minuto (Number of the Welds per Minute): Número de puntos de soldadura, realizados en un minuto.

Pre-acercamiento (Pre-squeeze): Ajuste corto de tiempo antes de realizarse el acercamiento.

Puente de lanas (Shunt): Conductor flexible para transmisión de corriente, fabricado a base de láminas de cobre.

Punto de soldadura (Nugget): Marca colocada después de realizado el proceso de soldadura por resistencia.

Radiación: La radiación es un proceso por el cual fluye calor desde un cuerpo de alta temperatura a un cuerpo de baja temperatura, cuando éstos están separados por un espacio que incluso puede ser el vacío.

Selector de voltaje (Tap): Selector de voltaje del transformador para el circuito secundario, no todos los transformadores lo traen, esto dependerá de las especificaciones.

Solidificación: Término utilizado en soldadura por resistencia, para decir que el punto de soldadura después del suministro de corriente se está enfriando, para formar el punto en la etapa sólida.

Tiempo de soldadura (Weld Time Cycles): Tiempo durante el cual, fluye la corriente eléctrica en los electrodos.

Tiempo de enfriamiento (Cool Time): Tiempo en el cual fluye el agua después del suministro de la corriente eléctrica.

ANEXO 1

Dispositivo de soldadura por resistencia.



Bibliografía

- Cynthia L. Jenney & Annette O'Brien,
Welding Handbook, Welding Science and Technology,
Vol. 1, 9th edition, 2001, ASME, USA
- Mikell P. Groover,
Fundamentos de Manufactura Moderna,
1er. Edición, 1998, Pretice Hall, México.
- Watteredge Uniflex
www.watteredgeuniflex.com, USA.
- British Federal Limited
www.birtishfederal.com, Inglaterra.
- Portable Welders
www.portablewelders.com, Inglaterra.