

**E N T R O N**

**SOLDADURA POR RESISTENCIA**

**SECUENCIAS BASICAS DE SOLDADURA**

**DEFINICIONES**

**DISPOSICION DE LA MAQUINA**

**REGLAS PARA HACER BUENAS SOLDADURAS**

**700081-001A**

ENTRON Controls, Inc.  
465 Randy Road  
Carol Stream, Illinois 60188  
TEL (630) 682-9600  
FAX (630) 630-3374

Miembro de RWMA



## INTRODUCCION A LA SOLDADURA POR RESISTENCIA

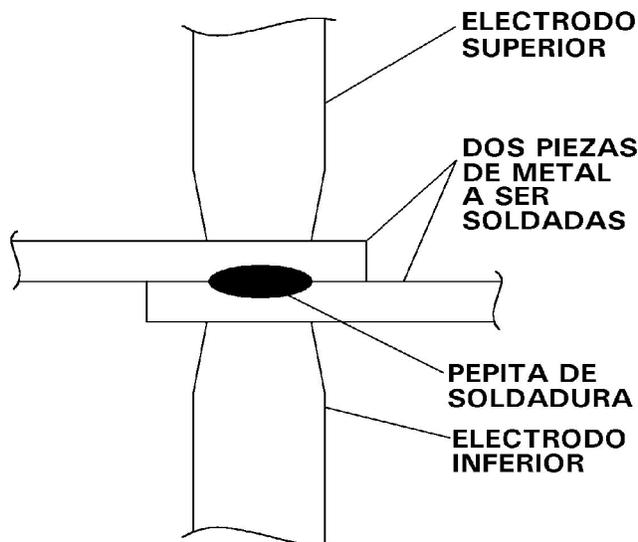
### ¿Qué es Soldadura por Resistencia?

La soldadura por resistencia es uno de muchos métodos de unir dos o más piezas de metal. Algunos de esos métodos son listados debajo a fin de ilustrar en que difiere la soldadura de resistencia de las demás.

1. Empernar
2. Rivetear/Remachar
3. Soldar
4. Suelda de Arco
5. Soldadura por Resistencia

Empernar, rivetear, soldar y suelda de arco, todas requieren de un material adicional a ser añadido al metal que va a ser unido. Adicionalmente, empennar y rivetear, requieren que se haga agujeros al metal para que calcen los ribetes o pernos en el metal.

**¿Cómo se hace una soldadura por resistencia?** Las dos piezas de metal que van a unirse son presionadas juntas por los electrodos de la máquina soldadora de manera



que hagan un buen contacto eléctrico.

Entonces se pasa la corriente eléctrica a través de ellos, se los calienta hasta que empiecen a derretir en el punto donde están en contacto. El metal fundido de las dos piezas fluye y las piezas se unen; entonces la corriente se apaga y el metal fundido se solidifica, formando una conexión metálica sólida entre las dos piezas. El término "Soldadura de Resistencia" viene del hecho de que es la propiedad eléctrica de la resistencia del metal a ser soldado la

que causa el calor que se generará cuando la corriente fluye a través de él.

**¿Cuales son los factores importantes al hacer una soldadura?** Importante para la formación apropiada del área fundida entre las piezas a ser soldadas es la magnitud de la corriente, el tiempo durante el cual esta corriente fluye, y la fuerza al presionar las partes juntas. El valor óptimo de esos parámetros varía con el tipo de metal y su grosor. Para el acero bajo en carbón usado comúnmente de 1/16" de grosor, un valor típico de corriente es de 10.000 amperios, por un tiempo de ¼ de segundo, y una fuerza en los electrodos de 600 libras. Programas de soldadura por resistencia están disponibles a través de la Sociedad Americana de Soldadura, Asociación de Fabricantes de Soldadura de Resistencia y la mayoría de los fabricantes de máquinas soldadoras.

**¿Cómo se obtiene la corriente adecuada?** Una corriente de 10.000 amperios no está disponible en cualquier tomacorrientes estándar. La máxima corriente disponible en los tomacorrientes de casa y oficinas es de 15 amperios. Aún en las fábricas donde se utilizan grandes cantidades de energía eléctrica, 200 amperios es la corriente disponible en los circuitos de distribución eléctrica. Sin embargo, para conseguir los 10.000 amperios necesarios para la soldadura por resistencia hay algunos dispositivos que deben usarse para aumentar la corriente desde un nivel relativamente bajo de la línea de energía.

El dispositivo usado generalmente es un transformador. Los transformadores son considerados como un variador ya sea para aumentar o disminuir el voltaje, pero la corriente también puede ser transformada de la misma manera. Un transformador consiste de 2 bobinas de alambre, llamadas primaria y secundaria, enrolladas en un núcleo de hierro. La energía es transferida del primario al secundario por medio de las propiedades magnéticas del hierro. El factor por el cual la corriente o voltaje es aumentada o disminuída es aproximadamente igual al cociente entre el número de vueltas del alambre en las bobinas formando los enrollados primario y secundario

del transformador. En el ejemplo precedente, donde 10.000 am-perios se requerían, un transformador puede estar hecho con 100 vueltas en el primario y 2 vueltas en el secundario; un "cociente de vueltas" de 50. Una corriente de 200 amperios en el primario sería entonces transformado en  $200 \times 50$ , ó 10.000 amperios en el secundario, suficiente para hacer el trabajo de soldadura.

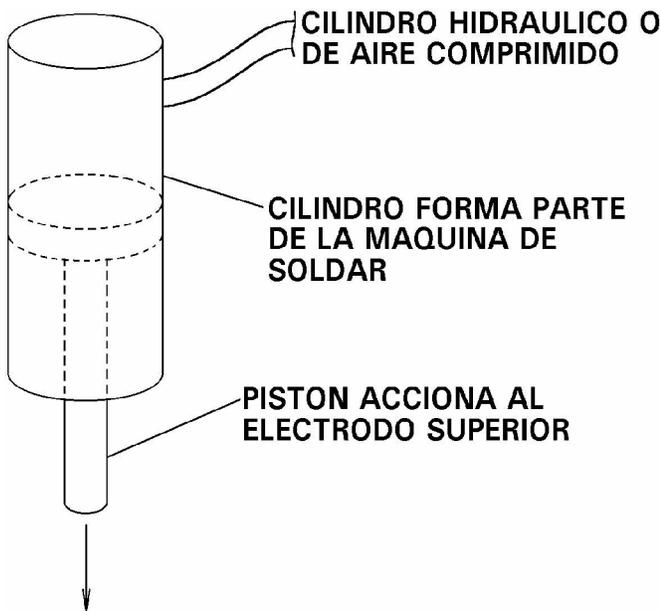
¿Cómo es controlado el tiempo? La duración del tiempo que la corriente de soldadura fluye a travez de las dos piezas de me-tal a ser soldadas es también importante. Sin embargo, dispositivo usado para encender y apagar la corriente es una parte crítica del sistema. Un relay ó un switch operado manualmente puede ser considerado como un dispositivo de comutación, pero cualquiera de los dos será inadecuado porque operan a una ve-locidad relativamente lenta. En el ejemplo precedente, la co-rriente debe ser conectada por sólo  $\frac{1}{4}$  de segundo. Es muy difícil conectar y desconectar un switch nuevamente en  $\frac{1}{4}$  de segundo, y aún más dificultoso será hacerlo consistentemente. Sin embargo, debería usarse algunos aparatos electrónicos que no tengan partes movibles. Hay dos de estos dispositivos dis-ponibles. El tubo de ignitron, que se ha utilizado durante muchos años es uno de ellos, y el rectificador controlado con silicón (SCR), recientemente desarrollado, es el otro. Ambos operan en virtud del hecho de que una pequeña señal eléctrica aplicada al aparato le permite a éste conectar en una pequeña fracción de segundo y conducir una gran cantidad de corriente. Removiendo la señal eléctrica se permitirá al dispositivo des- conectarse nuevamente. La rapidez en el conectarse y desco-nectarse es posible porque no hay partes mecánicas en movimiento. Los tubos de ignitron operan con el principio de ionización del vapor de mercurio, mientras los rectificadores controlados de silicón operan en el principio de los semi conductores de estado sólido semilar a los transistores.

**¿Cómo se obtiene la fuerza en los electrodos?** El tercer factor crítico en la soldadura de resistencia es la fuerza de presión sobre los metales juntos (Fuerza de Electrodo).

Esta

fuerza es necesaria para asegurar un buen contacto eléctrico entre las partes que van a ser soldadas, y para mantener las partes fijas hasta que el metal derretido que forma la junta sólida tenga tiempo de solidificarse. Dependiendo del tamaño y tipo de máquina soldadora, se usan varios métodos de desarrollo de los electrodos, pero el más común es usar aire comprimido.

En un cilindro con un pistón. El cilindro va rígidamente unido al marco de la máquina soldadora y el pistón movable está conectado al electrodo superior. Aire comprimido

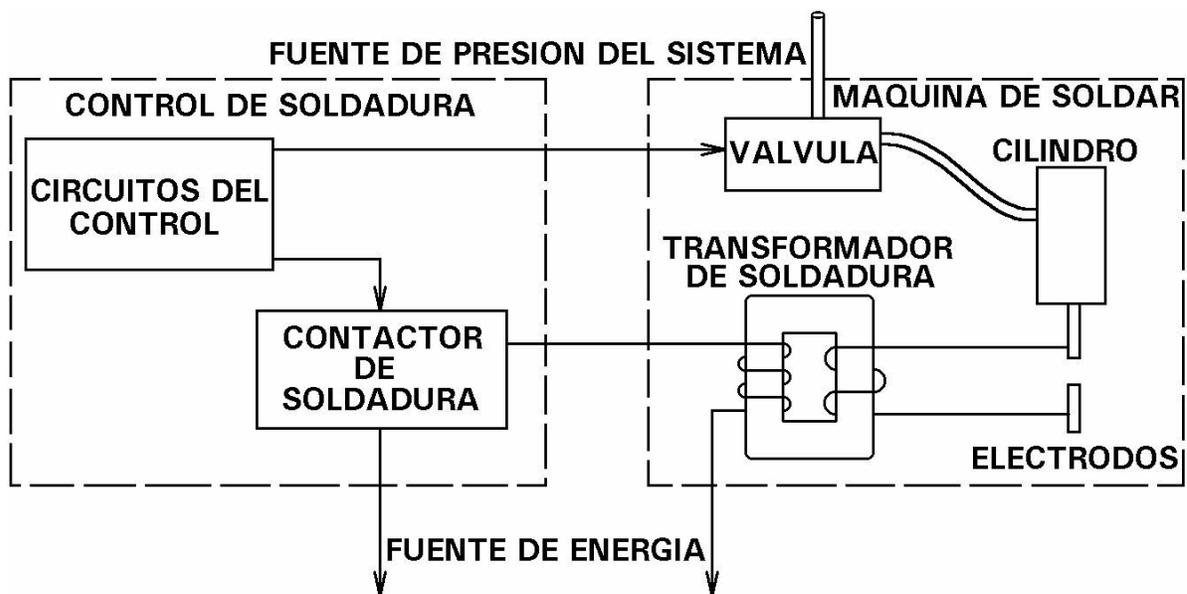


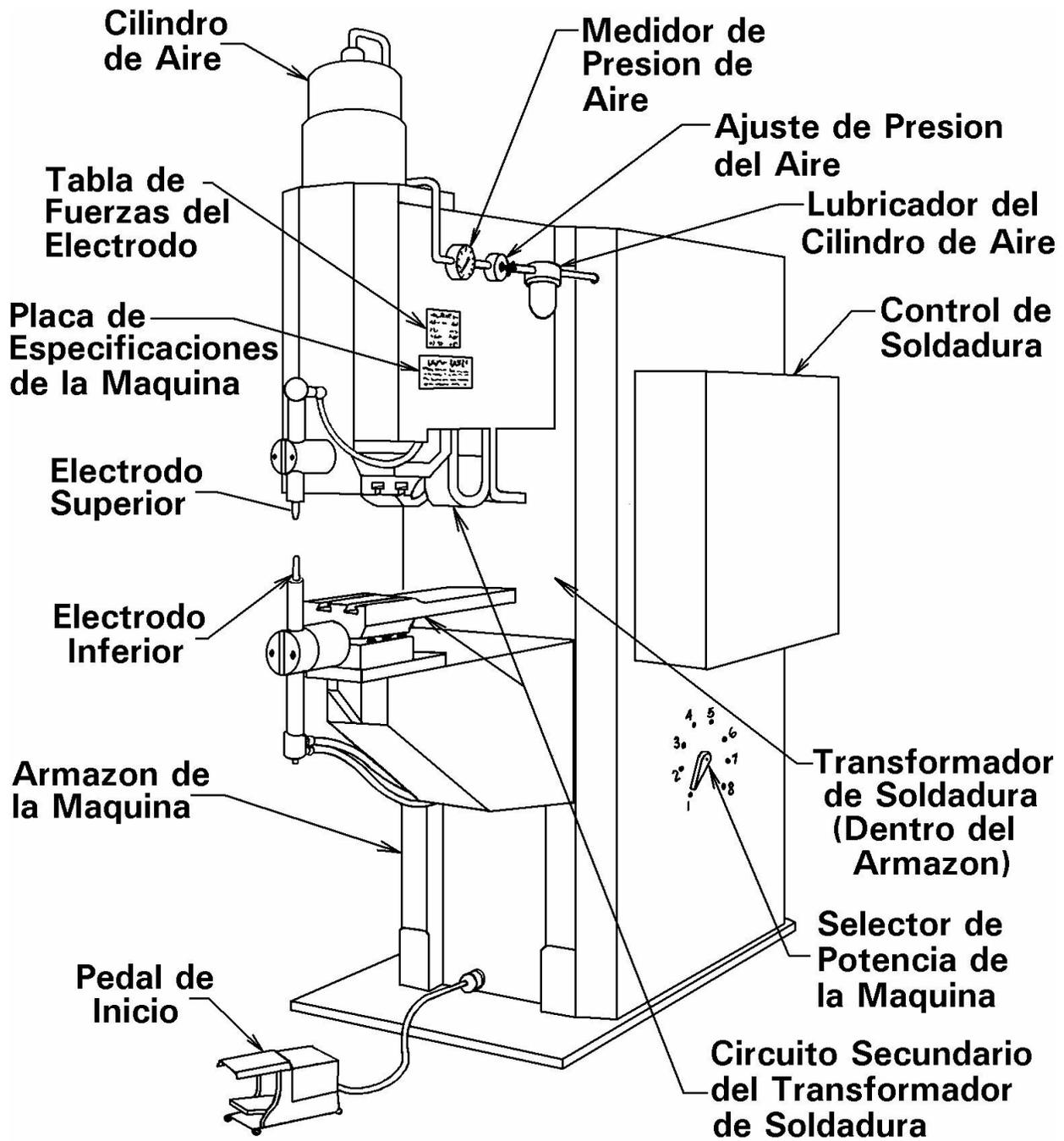
introducido en el cilindro desarrolla una fuerza en el piston que, en su tiempo, empuja hacia abajo el electrodo contra el metal a ser fundido. El monto de la fuerza aplicada depende del área del pistón y de la presión del aire comprimido. En el ejemplo precedente donde 600 libras de fuerza del electrodo se requería, un pistón de diámetro de cinco pulgadas necesitaría una presión de aire de 30 libras por pulgada cuadrada.

¿Qué es un control de soldadura por resistencia? Se puede concluir de los párrafos anteriores que es importante aplicar la corriente de soldar en el momento apropiado durante la operación de la máquina soldadora. Esta es la función del control de soldadora, de hecho, el propósito de un control de soldadura es coordinar la aplicación de la corriente de soldadura con el movimiento mecánico de la máquina soldadora. Más específicamente, el control le dice a los electrodos cuando cerrarse y cuando abrirse, y también le dice a la corriente de soldadura cuando empezar y cuando detenerse. Podría pensarse del control de soldadura como el "cerebro" y de la máquina como los "músculos" de todo el sistema de soldadura por resistencia.

### ¿Cómo está conectado el control de soldadura a la máquina de soldar?

Puesto que el control provee el control a la corriente de soldar y al movimiento de la máquina, debe producir dos señales de control; una para encender y apagar los SCR o ignitrones (para la corriente del control) y otra para encender y apagar una válvula eléctrica operada con aire (para el control de la máquina). Los SCR y los ignitrones realizan una función básicamente de cambio de manera que son conectados en serie con su carga. Nótese también que ellos son conectados en el circuito primario en lugar del secundario del transformador porque los requerimientos de corriente son más bajos en el primario.





**Figura 1 MAQUINA SOLDADORA TIPO PRENSA**

**SECUENCIAS Y DEFINICIONES DE SOLDADURAS**

Fig. 2 explica con líneas dibujadas una secuencia de soldar típica. Los "Tiempos del Proceso de Soldar" al inicio describe los intervalos de tiempo de operación de la máquina soldadora, mientras las líneas de "Cronometradores de Tiempo del Control" al fondo se refieren a los fijados en el control de soldar. Las siguientes definiciones lo podrán ayudar para entender este dibujo.

**Tiempo de Presión** es el intervalo de tiempo entre la aplicación inicial de la fuerza de electrodos en el trabajo y la primera aplicación de la corriente. Nótese que esta es la definición del proceso. La definición del control es el intervalo de tiempo entre activación de secuencia y el inicio de la corriente de soldar. El tiempo de presión es necesario para retardar la corriente de soldar hasta que la fuerza del electrodo haya alcanzado el nivel deseado.

**Tiempo de Soldar** es el tiempo durante el cual es aplicada la corriente de soldar a la pieza de trabajo para hacer una suelta. Es medida en ciclos de línea de voltaje, como lo son todas las funciones de tiempo. Un ciclo es 1/60 de segundos en un sistema de 60 Hz de potencia.

**Tiempo de Sostenido** es el tiempo durante el cual la fuerza de electrodos es mantenida en la pieza de trabajo después de que el último impulso de corriente de soldar cesa. El tiempo de sostenido es necesario para permitir al botón de soldadura solidificarse antes de soltar las partes soldadas.

**Tiempo de Pausa** Es el tiempo durante el cual los electrodos están desconectados del trabajo. El término es aplicable solamente donde el ciclo de soldar es repetitivo (el control ha sido fijado en "REPEAT").

**Corriente de Soldar** es la corriente en el circuito de soldar durante la acción de

soldar. El monto de corriente de soldar está controlado por dos cosas: primero, la fijación del switch de tomacorrientes del transformador determina el monto máximo de corriente de soldar disponible; segundo, el porcentaje (%) de corriente del control determina el porcentaje (%) de la corriente disponible para ser usada al hacer la suelta. La fijación de un bajo porcentaje de corriente no es normalmente recomendada. Ajuste el switch de tomacorriente de manera que pueda obtenerse la corriente de soldadura apropiada con el porcentaje de corriente fijado entre 70 y 90%. La única vez en que el porcentaje de corriente debe ser fijado bajo el 70% es cuando el switch de tomacorriente está en su fijación más baja y 70% es todavía muy alta.

**Fuerza de los Electrodo**s es el resultado de la presión de aire aplicada al pistón de aire conectado directamente a la cabeza. El monto actual de la fuerza de electrodo depende de la presión de aire efectiva, peso de la cabeza y diámetro del pistón. La mayoría de los soldadoras tiene cartas de fuerza de electrodos en un costado de la máquina, tabulando presión de aire contra fuerza de electrodo. Si no hay una carta disponible para la máquina, utilice la siguiente fórmula:

$$\text{Fuerza de electrodo} = .78 \times D^2 \times P$$

$$F = ((.78 D^2)/4) \times P$$

*D es el Diámetro del Pistón en pulgadas*

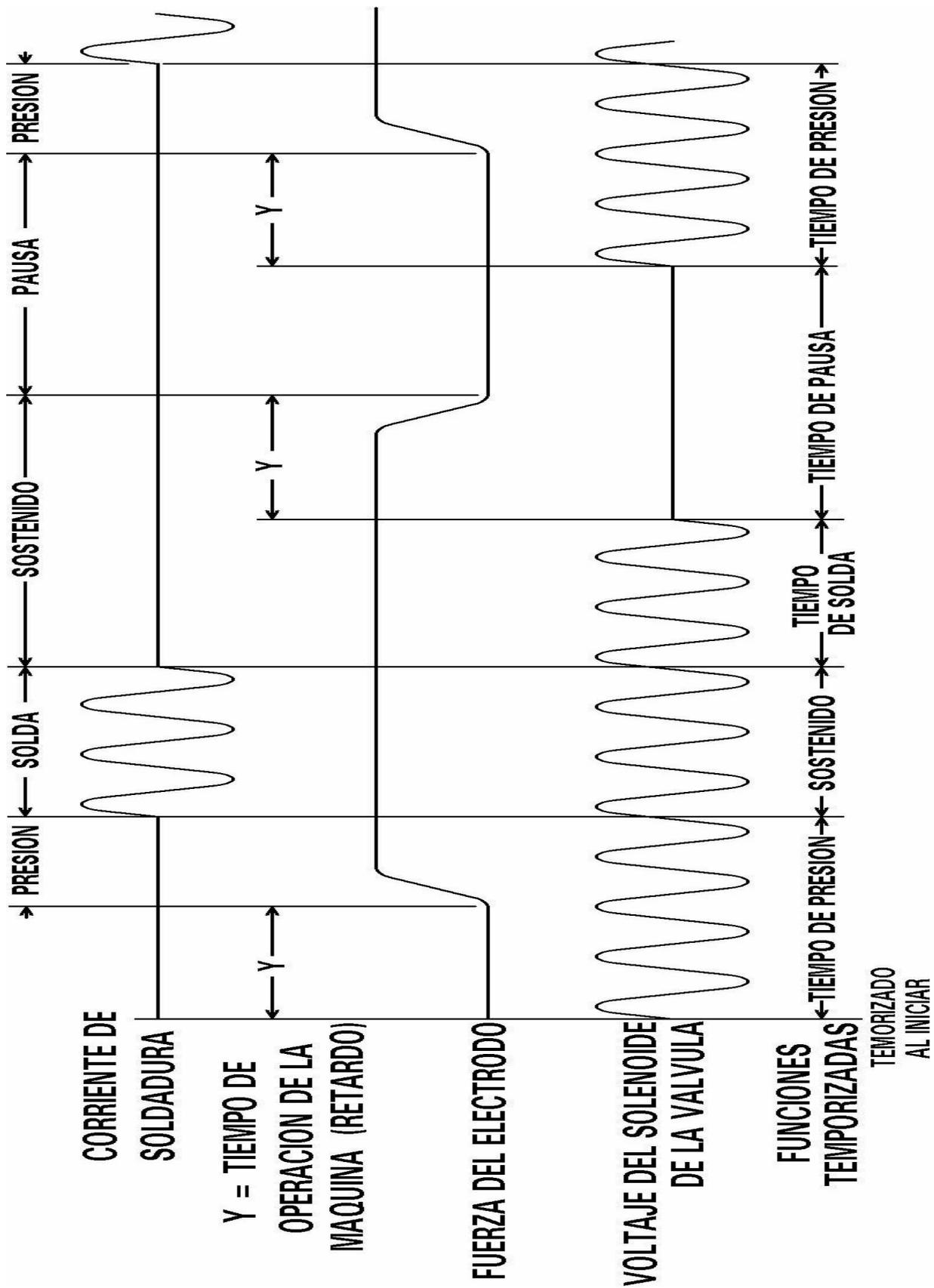
*P es la presión de aire en libras por pulgada cuadrada*

*F, La Fuerza de Electrodo está en libras*

Esto no toma en cuenta los pesos muertos y la fricción. Puede ser necesario, reajustar la velocidad de las válvulas del control cuando cambia la fuerza de los electrodos desde un valor a otro valor diferente más alto. Una aproximación muy lenta gasta tiempo y puede requerir mucho más tiempo de presión. Una aproximación muy rápida impacta los electrodos y acorta su vida, y también puede resultar en el daño de

los soportes de los electrodos o el cabezal. Cuando suelda con salientes ó proyecciones, un impacto fuerte dañará la proyección antes de la suelda y dará como resultado soldaduras pobres aún cuando los demás datos se hayan fijado correctamente.

**La Válvula Solenoide** es una válvula de aire operada eléctricamente en la línea de aire comprimido conectada al cilindro de aire en la máquina soldadora. Cuando el control de la soldadora aplica el voltaje ésta válvula se abre, permitiendo al aire comprimido ingresar al cilindro de aire para desarrollar la fuerza de electrodo.



## CALIBRANDO LA MAQUINA SOLDADORA

La tabla de la Figura 3 es el mejor itinerario a seguir. Sí por alguna razón este itinerario no puede ser seguido, póngase en contacto con la fábrica de la soldadora o recurra a los es-tándares RWMA ó AWS de soldadura por resistencia.

**Columna 1** especifica el grosor a ser soldado. Nótese que este valor es el más delgado de dos o más hojas a ser soldadas jun-tas. Esto significa también que no se permiten marcas, el e-lectrodo plano debe estar contra el material más grueso. La punta controlada o electrodo debe estar contra el material más delgado.

**Columna 2** da el tamaño máximo de la superficie de contacto (d pequeña). Nótese que el ángulo fuera de la superficie de con-tacto es pequeño ( $30^\circ$ ). Un ángulo pequeño aquí dará una vida más larga a los electrodos, (un coeficiente de expansión menor en mucha área de contacto, llamado "mushrooming" que se expande rápidamente). Esta dimensión, (d) es muy importante. Sí es muy grande, habrán quiebres en las soldaduras a menos que la corriente de soldar se vaya haciendo más y más alta en concordancia. Sí esta área, (d), es muy pequeña, la fuerza de electrodos y la corriente tendrán que ser aminoradas, dando como resultado en un punto muy pequeño. El diámetro puede ser medido fácilmente al medir el diámetro de la marca en la pieza.

**Columna 3** es el tamaño mínimo del electrodo recomendado para llevar la corriente de soldadura sin revestir incorrectamente o cambiar rápido el área de contacto del electrodo.

**Columna 4** se usa cuando se desea una mejor apariencia. Esta forma de electrodo debe ser conectada en tornear. La vida del electrodo puede extenderse usando el tipo herramientas de punta afilada apropiadamente.

**Columna 5** indica la agarradera (mango) cónica apropiadao que se deberá usar para asegurarse que la fuerza del electrodo no va a enterrarse en la agarradera.

**Columna 6** especifica la fuerza actual del electrodo. La lectura de la medida de aire

debe ser convertida en fuerza de electrodo. Refiérase a la definición de "fuerza de electrodo" en la sección que precede.

**Columna 7** es el tiempo de soldar. Esto es la magnitud del tiempo que la corriente de soldar fluye y puede ser fijada exactamente en estos valores en la ruedita que se maneja con el dedo pulgar.

**Columna 8** tiempo de sostenido, no debe ser fijado menor que estos valores. Sí usted lo hace puede resultar en sueldas quebradizas o dañadas y mala decoloración de la superficie. Tiempos de retención mayores no harán mayor perjuicio, excepto que tomará un poco más de tiempo en terminar la secuencia de soldadura.

**Columna 9** corriente de soldar, es el último ajuste a hacerse y comprobar. Este ajuste, asumiendo que todos los anteriores están correctos, determinara el tamaño del punto. Sin embargo, no es necesario conocer la corriente actual en amperios porque usted llegará a estos valores tabulados ó cerca sí el punto es del tamaño o fuerza correctos. (Ver columnas 10 y 11) Contro-le el área de contacto de los electrodos de tiempo en tiempo y haga los cambios necesarios en % (porcentaje) de corriente por el desgaste de los electrodos. Revista los electrodos cuando sea necesario.

**Columna 10** especifica la resistencia al esfuerzo mínima de un punto de suelda sencillo usando las regletas de comprobación ampliamente especificadas en la columna 13 (L).

**Columna 11** es el diámetro de la zona de fusión. Este puede ser comprobado de dos maneras. Una; pele la tira de pruebas y mida el tamaño del boton. Dos; coloque dos tiras

de prueba formando una "V" y el punto de suelda en el fondo, luego mueva el punto y corte, mida el diámetro de la zona de fusión.

**Columna 12** fije el mínimo punto de espaciado. Esto significa que sí un punto es colocado muy cerca, sería impropio desha-erse de la corriente en el punto previamente hecho. Esto en su momento resultará en puntos más pequeños debajo de

los límites para los puntos subsecuentes a hacerse. Esta es una de las razones por las cuales debe hacerse una tira de comprobación con el mismo espacio que se haría en el montaje.

**Columna 13** Especifica el traslapo mínimo de las partes para hacer sueldas de mejor calidad. Deberá seguirse para comprobación de soldaduras, especialmente para comprobar cortes.

**OPTIMUM CONDITIONS**  
**SCHEDULES FOR SPOT WELDING LOW CARBON STEEL-SAE 1010**

1	2		3		4		5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Electrode Diameters and Shape*		Electrode Diameters and Shape*		Electrode Diameters and Shape*										
Thickness of Thinnest Outside Piece (Inches)	Flat Face		Radius Face		Radius R		Recommended Minimum Standard Electrode Size	Weld Force (lbs.)	Weld Time (Cycles) (60 Cycles per Sec.)	Hold Time (Cycles) Min.	Welding Current (Amps.) (Approx.)	Weld Shear Strength (For Steels Having Ultimate Tensile Strengths of 90,000 PSI and below) Minimum Strength (lbs./Weld)	Diameter of Fused Zone (Approx.) DW (Inches)	Minimum Weld Spacing S (Inches)	Minimum Contacting Overlap L (Inches)
	Maximum d (Inches)	Min. D (Inches)	Maximum d (Inches)	Min. D (Inches)	Radius R (Inches)										
0.010	0.125	1/2	2	Morse Taper No. 1		160	4	5	4,000	130	0.113	1/4	3/8		
0.021	0.187	1/2	2	Morse taper No. 1		244	6	8	6,500	300	0.139	3/8	7/16		
0.031	0.187	1/2	2	Morse Taper No. 1		326	8	10	8,000	530	0.161	1/2	7/16		
0.040	0.250	5/8	3	Morse Taper No. 2		412	10	12	8,800	812	0.181	3/4	1/2		
0.050	0.250	5/8	3	Morse Taper No. 2		554	14	16	9,900	1,195	0.210	7/8	9/16		
0.062	0.250	5/8	3	Morse Taper No. 2		670	18	20	10,600	1,717	0.231	1	5/8		
0.078	0.312	5/8	3	Morse Taper No. 2		903	25	30	11,800	2,365	0.260	1 1/8	11/16		
0.094	0.312	5/8	4	Morse Taper No. 3		1,160	34	35	13,000	3,054	0.304	1 1/4	3/4		
0.109	0.375	7/8	4	Morse Taper No. 3		1,440	45	40	14,200	3,672	0.338	1 5/16	13/16		
0.125	0.375	7/8	4	Morse Taper No. 3		1,760	60	45	15,600	4,300	0.375	1 1/2	7/8		
0.156	0.500	7/8	6	Male or Female Threaded		2,500	93	50	18,000	6,500	0.446	1 3/4	1		
0.187	0.625	1	6	Male or Female Threaded		3,340	130	55	20,500	9,000	0.516	2	1 1/4		
0.250	0.750	1 1/4	6	Male or Female Threaded		5,560	230	60	26,000	18,000	.660	4	1 1/2		

\* Electrode Material-Class 2 Alloy

## **REGLAS PARA HACER BUENAS SOLDADURAS**

- 1.** Tiempo de Sostenido muy corto puede dar como resultado en la expulsión del metal, electrodos quemados, malas soldaduras, trabajo marcado, y en daños de los tubos de ignitron o SCR's.
- 2.** Tiempo de Suelda muy largo acortará la vida de los electrodos, causa mellas excesivas o rupturas internas que resultarán en fallas de la sueldas.
- 3.** Usted no puede juzgar la calidad de la suelda mirando el trabajo terminado, Sí no utiliza pruebas sin destruir piezas, debiera usarse tiras de prueba del mismo material y combinación.
- 4.** Tiempo de suelda muy corto dará como resultado en soldaduras de baja resistencia, asumiendo que todos los demás factores estén normales.
- 5.** Tiempo de retención muy corto puede dar como resultado expulsión de las superficies, engrosamiento de los electrodos, rupturas internas en el boton de soldado y muchas veces en rupturas del metal. Siga las tablas de tiempo mínimo.
- 6.** Presión de Soldar muy baja puede resultar en expulsión del metal, daño en los electrodos (engrosamiento), corta la vida de los electrodos, rupturas internas en el boton de soldadura y algunas veces excesivas muescas o mellas.
- 7.** Presión de Soldar muy alta puede resulatr en resistencia muy baja o variable, requerimientos excesivos de corriente de soldar, engrosamiento de los electrodos y muescas excesivas.
- 8.** Con todos los datos ajustados correctamente, ajuste la corriente de soldar para encontrar los standards de calidad de soldar.
- 9.** Superficie de contacto de los electrodos muy pequeña dará como resultado en puntos muy pequeños, excesivo engrosamiento de los electrodos, muescas excesivas. Una superficie de contacto muy grande dará como resultado en soldaduras muy grandes (asumiendo de que la corriente se ha fijado correctamente) y en grietas y

trincas internas.

**10.** Electrodo desalineado o que no concuerden resultará en la expulsión y desplazamiento del botón de soldadura y en un revestimiento acelerado de los electrodos.

**11.** Enfriamiento insuficiente dará como resultado en engrosamiento y acorta la vida de los electrodos, ruptura en la superficie y excesivas huellas en algunos casos. Es muy importante que el agua fluya a travez y de regreso del tubo. También el tubo de agua debe ser taponado suavemente contra la cavidad interna de los electrodos cada vez que estos son reemplazados.

**12** Material Sucio - Suciedad engrosando la superficie acortará la vida de los electrodos y marcará y quemará la superficie de trabajo.

**13** Velocidad de acercamiento de los electrodos Excesiva acelerará el revestimiento de los electrodos y daña el equipo. En sueldas de proyección, puede dañar la proyección, dando como resultado una suelda de calidad muy pobre. No haga una suelda sobre el mismo punto dos veces para tratar de cubrir una soldadura mala. Para hacerlo efectivamente, el trabajo debe enfriarse y luego hacerlo con una corriente mucho más alta. Sí usted no puede conseguir una suelda con un hit o si la fijación de la máquina es incorrecta o si usted está usando una máquina que no tiene el tamaño suficiente para hacer la suelda.