

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA PRUEBAS DE MÁQUINAS SOLDADORAS

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

BASTIDAS MOLINA VERÓNICA ALEXANDRA

E-MAIL: vero_ab5@yahoo.es

DIRECTOR: ING. GALO HOMERO BARRAGÁN CAMPOS

EMAIL: homerobarragan@epn.edu.ec

Quito, Septiembre 2010

DECLARACIÓN

Yo, Verónica Alexandra Bastidas Molina, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Verónica Alexandra Bastidas Molina

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Verónica Alexandra Bastidas Molina, bajo mi supervisión.

ING. HOMERO BARRAGÁN

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, que pone a las personas correctas en el momento justo porque en las adversidades he tenido alguien que me apoye y anime para continuar.

A mi papá que me ha permitido llegar hasta este momento con su apoyo y preocupación. A mi madre que me enseñó a luchar por mis objetivos y sobretodo me apoyó para no decaer. Por la fuerza y por los valores impartidos.

A mi hermana por ser amiga y compañera porque me enseñó que para lograr los objetivos hay que trabajar duro pero más que eso es necesario perder el miedo y arriesgarse,

A quien ya no está conmigo pero jamás olvidaré por ser un padre más para mi, por enseñarme a luchar por mis objetivos, a ser valiente, a salir adelante, a tener valores. A quien nunca dejaré de admirar; mi querido abuelito que me mira desde el cielo.

A mi familia: abuelitos, tías, tíos, primas y primos que son como padres y hermanos con quienes he crecido y de quienes he recibido apoyo de todo tipo.

A mi querido Andrés por todo lo compartido, por su cariño, por su apoyo incondicional pero sobretodo por su paciencia.

A Anita, Daniel y Galo por ser amigos incondicionales porque han estado conmigo cuando lo necesité y me dieron ánimos para seguir. A mi grupo de amigos de toda la vida, a mis amigas del colegio, mis amigos de la u y a amigos en general porque estuvieron a mi lado en diversos momentos importantes.

A todas aquellas personas que en su momento han formado parte de mi vida, que estuvieron a mi lado animándome y acompañándome en este camino que apenas empieza.

Al Ingeniero Homero Barragán, al Ingeniero Gabriel Velasteguí, a Galo y Andrés por abrirme las puertas del laboratorio por su ayuda y amistad, por ser como mis compañeros de tesis.

A mis profesores que impartieron no sólo sus conocimientos técnicos sino sus experiencias pero más que la ciencia nos enseñaron la importancia de la humildad y de querer convertirnos en buenos seres humanos.

A todos GRACIAS.

A mi amiga y compañera de toda la vida. Porque juntas aprendimos a superar los obstáculos, a soportar las tristezas y sobretodo a luchar por los objetivos.

Por las lágrimas y por las risas, por los juegos y las discusiones, porque la distancia no nos ha separado, porque la admiro y la amo.

Éste, mi proyecto, se lo dedico a ella...

CAPÍTULO I

FUENTES DE POTENCIA DE MÁQUINAS SOLDADORAS

1.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Las máquinas soldadoras por arco eléctrico generan un arco entre la pieza a soldar y el electrodo, este tipo de arcos presentan voltajes bajos y corrientes elevadas. Habitualmente los valores de voltaje de trabajo se encuentran en un rango de 7 a 44V y los valores de corriente mantienen un rango entre 30 y 1500A. De acuerdo a lo mencionado en el Manual de Soldadura de la AWS Tomo I Capítulo 1.

Para reducir los voltajes de trabajo de una máquina soldadora se emplean diversos equipos de acuerdo al tipo de corriente, tipo de máquina y de los parámetros requeridos para el proceso de soldadura.

Entre los sistemas de reducción de voltaje empleados se destacan los transformadores, transformadores-rectificadores, rectificadores, generadores o alternadores con motor eléctrico con motor de combustión interna, e inversores.

Las máquinas de corriente directa son más utilizadas que las de corriente alterna. Proporcionan un intervalo de corriente más amplio, se pueden utilizar con cualquier tipo de electrodo y son más utilizados para soldar en posiciones no muy comunes.

Generalmente al emplear generadores para el proceso de soldadura por arco se utiliza corriente continua. Por el contrario los alternadores proporcionan una salida de corriente alterna que debe rectificarse para obtener corriente continua.

A continuación se menciona los sistemas de regulación más empleados:

1.1.1 TRANSFORMADOR

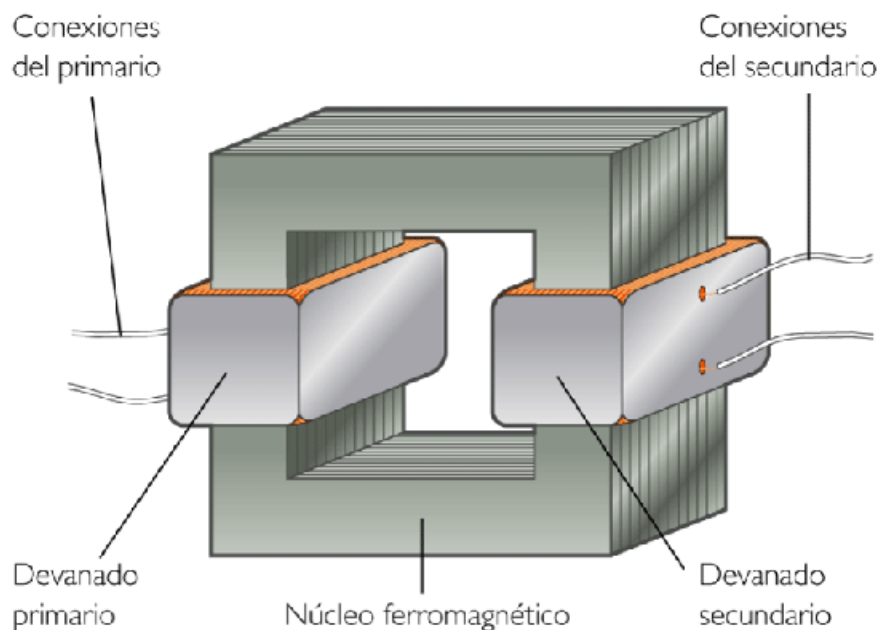
Los transformadores producen corriente alterna, obtienen la potencia de la línea de suministro eléctrico y cambian el voltaje requerido para el proceso de soldadura.

Un transformador básicamente está formado por un núcleo de láminas de hierro alrededor de las cuales se enrolla un bobinado doble e independiente, como se indica en la figura 1-1. El primario recibe la corriente alterna de la fuente eléctrica y crea un campo magnético y el secundario por inducción, entrega una corriente transformada a un valor más alto para el arco de soldar.

El voltaje en los bobinados primario y secundario, es directamente proporcional al número de espiras. Por el contrario el amperaje es inversamente proporcional al número de espiras.

$$1 \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = m$$

¹ AMERICAN WELDING SOCIETY, Manual de Soldadura, Tomo I, Capítulo, Página 4.



² Figura 1-1. Elementos del Transformador

La ventaja que proporciona el empleo de transformadores es que al utilizar corriente alterna no se produce el denominado soplo de arco.

Los transformadores utilizan los siguientes métodos para regulación de la intensidad:

- Regulación por bobina desplazante o saturación del transformador de soldadura
- Conexión de resistencias en paralelo con el circuito secundario del transformador
- Regulación por clavijas

- Conexión de reactor en serie con el circuito secundario del transformador o en el circuito de soldadura.

1.1.1.1 Clasificación de los Transformadores

1.1.1.1.1 Transformadores Monofásicos

Los transformadores son máquinas estáticas que disponen de un circuito magnético y dos circuitos eléctricos. Sobre el núcleo magnético, formado por chapas apiladas, van arrollados dos bobinados que se denominan: primario y secundario. Ver figura 1-2

El bobinado primario está conectado a la red de suministro eléctrico general mientras que el secundario se conecta al circuito de soldadura.

Algunos de estos transformadores emplean adicionalmente sistemas de regulación que se basan en diversos principios.

En el caso antes mencionado se encuentra el bobinado de autoinducción o reluctancia, que es la resistencia que presenta un circuito al flujo magnético, el cual permite graduar la corriente en las espiras permitiendo variar el voltaje.



³³ **Figura 1-2. Transformador monofásico**

Otro sistema de regulación se obtiene al derivar el núcleo, una parte de su magnetismo hacia una zona sin bobinado. Lo cual permite reducir el magnetismo del secundario y por ende el voltaje.

Tienen un factor de potencia no muy elevado y son los más empleados en procesos de soldadura manuales y en trabajos de tipo artesanal, por ser máquinas sencillas y de fácil manejo.

1.1.1.1.2 Transformadores Trifásicos

Tiene un funcionamiento similar a los transformadores monofásicos, la diferencia radica en el bobinado primario puesto que este transformador presenta una combinación de enrollamientos conectados a la red mediante tres cables de alimentación. Por el contrario la entrada y salida del secundario son totalmente independientes.

³ [http://www.ferrovicmar.com/imagen/soldadoras/transformador-soldadura -elétrica](http://www.ferrovicmar.com/imagen/soldadoras/transformador-soldadura-eléctrica)

Tienen un costo y peso superiores a los monofásicos y se puede incrementar su factor de potencia mediante una batería de condensadores. Figura 1-3



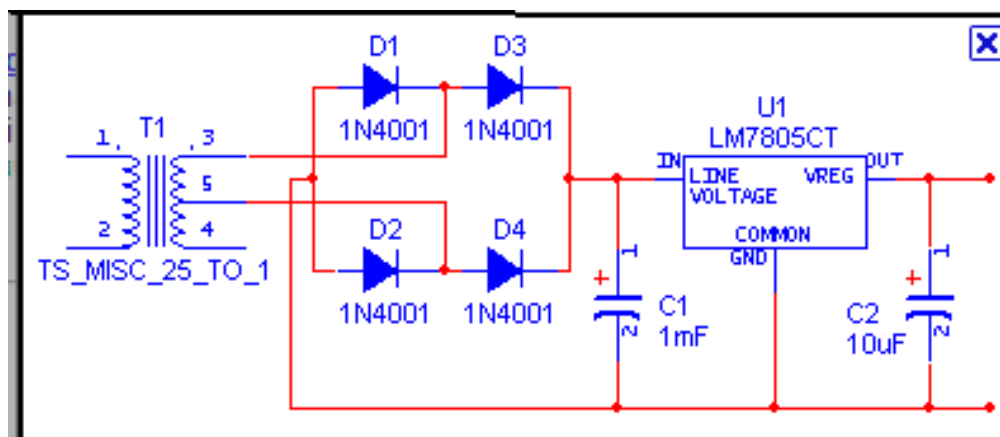
⁴ **Figura 1-3 Transformador trifásico**

1.1.2 TRANSFORMADORES-RECTIFICADORES

El desarrollo de los rectificadores para convertir corriente alterna en corriente continua ha permitido mejorar la eficiencia y obteniendo confiabilidad. El resultado de este desarrollo es la combinación de transformador y rectificador como una fuente de corriente continua.

⁴ <http://cidadesaopaulo.olx.com.br/super-bantam-linha-industrial-esab-transformador>

Los transformadores rectificadores son básicamente transformadores monofásicos de corriente alterna junto con rectificadores convertidores de corriente alterna en continua. Ver figura 1-4 y 1-5



⁵Figura 1-4. Esquema Eléctrico de la Fuente Tipo transformador-rectificador

Una de las ventajas es que pueden trabajar como máquinas de corriente alterna y también como equipos de corriente continua, dependiendo de las condiciones de trabajo del proceso de soldadura.



⁶Figura 1-5. Fuente Tipo Transformador-rectificador

⁵ http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.unicrom.com/pic_show.Fuente-Tipo-tansformador-rectificador

⁶ <http://www.soldamat.com/productos/equipos/image-transformador-rectificador>

1.1.3 GENERADOR

Los generadores están diseñados para convertir energía mecánica en energía eléctrica mediante la utilización de campos magnéticos que actúan sobre conductores que se ubican alrededor de una armadura o estator.

La función principal de los generadores eléctricos es la de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos o terminales.

Una característica del generador de corriente directa al soldar es que la soldadura puede efectuarse con polaridad directa o inversa. La polaridad indica la dirección que mantiene el flujo de corriente de un circuito.

En la polaridad directa o DC^- , el electrodo se conecta al polo negativo y el metal a soldar se conecta al positivo, los electrones fluyen del electrodo del metal por soldadura.

En el caso de polaridad inversa o DC^+ , el electrodo se conecta al polo positivo y el metal a soldar se conecta al negativo, los electrones fluyen del metal de soldadura hacia el electrodo.

La polaridad se puede cambiar intercambiando los cables, en los equipos actuales el cambio de polaridad se realiza con la activación de un interruptor.

Los generadores trabajan con motor eléctrico o de combustión interna, como se observa en la figura 1-6.



^{7 7}Figura 1-6. Generador

1.1.3.1 Clasificación de los Generadores

Se realiza la clasificación de acuerdo a como se proporcione la corriente para excitar a los imanes del generador. Son de tres tipos:

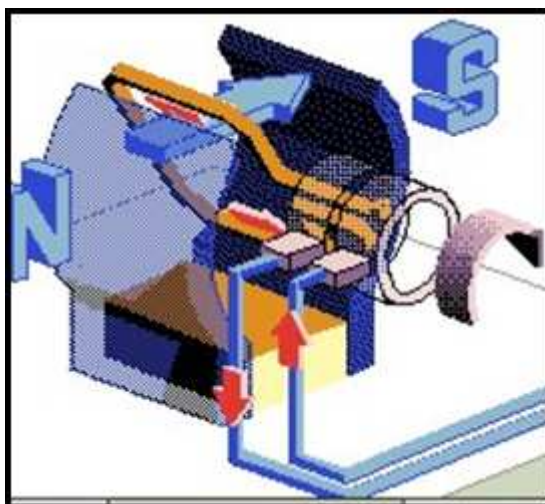
- Un generador que se excita en serie presentará su campo en serie con respecto a la armadura.
- Un generador de excitado en derivación, tiene su campo conectado en paralelo a la armadura.
- Un generador de excitado combinado tiene parte de sus campos conectados en serie y parte en paralelo.

⁷ <http://www.soldamat.com/productos/equipos/image-generador>

1.1.4 ALTERNADORES

Son dispositivos que generan corriente eléctrica alterna. Un alternador o generador de corriente alterna se diferencia de uno de corriente constante en dos aspectos.

El primero es que los extremos de la bobina de su armadura tienen salida a los anillos colectores sólidos sin segmentos del árbol del generador en lugar de los conmutadores, y el segundo que las bobinas de campo se excitan mediante una fuente externa de corriente continua más que con el generador en sí.



⁸Figura 1-7. Fuente de Potencia Tipo Alternador

Los alternadores constan básicamente de dos elementos: el rotor y el estator. Como se indica en la figura 1-7.

- El rotor es el elemento que provoca el giro del conjunto.

⁸ <http://tecnica4x4.blogspot.com/alternador-soldadura>

- El estator se ubica rodeando al rotor y rota alrededor de su eje.

Un rotor cilíndrico o liso por lo general se utiliza en alternadores de alta velocidad, bipolares y en ciertos casos también tetra-polares. El número de polos y la velocidad se relacionan también con la frecuencia.

Los alternadores de baja velocidad disponen de hasta 100 polos con el objetivo de mejorar su eficiencia y lograr de manera más fácil la frecuencia deseada.

La frecuencia de la corriente que suministra un generador de corriente alterna es igual a la mitad del producto del número de polos por el número de revoluciones para el tiempo en segundos de la armadura.

Los alternadores de polos salientes de baja velocidad requieren la presencia de inducidos en el estator con un gran perímetro en el cual se pueda insertar varios conductores. Este tipo de estatores necesitan polos de excitación o conductores de inducción en corta longitud axial. Por otro lado, los rotores de velocidad elevada poseen un pequeño perímetro que requiere de polos de excitación y conductores de inducido de gran longitud axial.

En varios casos, es recomendable generar un voltaje alto. Las armaduras rotatorias no son útiles en este tipo de aplicaciones, debido a que pueden producirse chispas entre las escobillas y los anillos colectores, además pueden producirse fallos mecánicos que podrían causar cortocircuitos. Por tanto, los alternadores se construyen con una armadura fija en la que gira un rotor compuesto de un número de imanes de campo.

La corriente que se genera con el uso de los alternadores, aumenta hasta un pico, cae hasta cero, desciende hasta un pico negativo y sube otra vez a cero varias veces por segundo, dependiendo de la frecuencia para la que esté diseñada la máquina. Este tipo de corriente se conoce como corriente alterna monofásica. Sin embargo, si la armadura la componen dos bobinas, montadas a 90° una de otra, y con conexiones externas separadas, se generan dos ondas de corriente, una de las cuales estará en su máximo cuando la otra sea cero. Este tipo de corriente se denomina corriente alterna bifásica.

Al agruparse tres bobinas de armadura en ángulos de 120° , se producirá corriente en forma de onda triple, conocida como corriente alterna trifásica. Se puede obtener un número mayor de fases incrementando el número de bobinas en la armadura, pero en la práctica moderna se usa sobre todo la corriente alterna trifásica, con el alternador trifásico.

1.1.5 INVERSORES

Los componentes magnéticos tienen alta influencia en el peso de una fuente, razón por la cual se han hecho varios intentos por reducir peso y tamaño de los mismos.

Emplear un circuito inversor genera una significativa reducción en el tamaño, peso e incluso de las pérdidas eléctricas.

Entre las ventajas que presenta una fuente basada en inversor se encuentran: es más pequeña y compacta, requiere menos consumo de energía eléctrica que las fuentes convencionales, y presenta una respuesta en menor tiempo.

Los inversores utilizan dispositivos de estado sólido (Transistores o SCR) con el objetivo de convertir corriente alterna en corriente alterna de alta frecuencia, generalmente en el intervalo de 1 a 50 kHz.

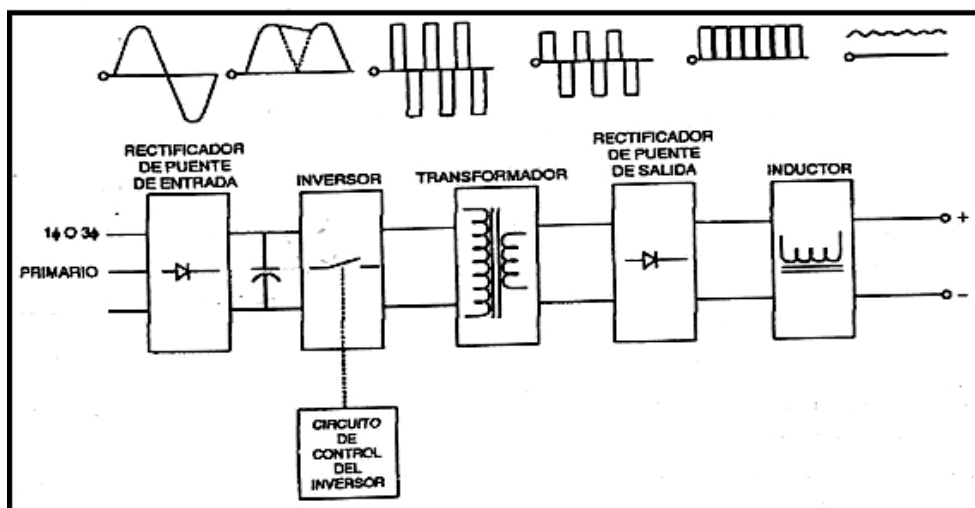
El tamaño de un transformador es inversamente proporcional a la frecuencia aplicada, se puede reducir el peso y tamaño de una fuente hasta en un 75% utilizando circuitos inversores.

Un circuito inversor controla la potencia de salida haciendo uso del principio de control de razón del tiempo o TRC. Los dispositivos de estado sólido del inversor actúan como interruptores, es decir que estando encendidos conducen y al estar apagados se bloquean.

La figura 1-8 presenta un diagrama de un inversor empleado para soldadura con corriente continua. La potencia de entrada trifásica o monofásica se transforma en corriente continua por el empleo de un rectificador de onda completa. Esta corriente continua se aplica al inversor que, utilizando interruptores semiconductores, la invierte para proveer de corriente alterna de onda cuadrada de alta frecuencia.

El voltaje de alta frecuencia permite emplear un transformador reductor más pequeño. Luego de transformada la corriente alterna se rectifica a corriente

continua para soldar. La existencia de controles de estado sólido permite seleccionar entre salida de corriente constante y de voltaje constante. En condiciones apropiadas, incluso, puede proporcionar salidas a pulsos.



⁹ Figura 1-8. Esquema Eléctrico del Inversor

La tecnología de un inversor puede servir también para mejorar el rendimiento de las fuentes de potencia de corriente alterna para soldadura. Se usa también en fuentes de potencia de corriente continua empleadas para corte con plasma. Se muestra un ejemplo en la figura 1-9.



¹⁰ Figura 1-9. Fuente de Potencia Tipo Inversor

⁹ http://www.syhrep.com/manual_catalogo_oerlikon.pdf

¹⁰ <http://es.made-in-china.com/photo/DC-Inverter-ARC-Welding-Machine-MMA250-.jpg>

1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA

Los equipos de soldadura operan con diversos tipos de fuentes de potencia.

Las fuentes de potencia se clasifican de acuerdo a diversos parámetros e instituciones internacionales. A continuación se presentan las principales clasificaciones que se consideran:

1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS VOLT-AMP

La clasificación más sencilla se presenta de la siguiente manera:

1.2.1.1 Fuentes de Corriente Constante

Se conocen también como de caída. Este grupo incluye a: inversores, generadores o transformador-rectificadores. Este tipo de fuentes se utilizan en procesos como: SMAW, GTAW, PAC, PAW Y SAW.

Los generadores sirven para transformar energía mecánica rotatoria en potencia eléctrica. Por el contrario los inversores y transformadores-rectificadores convierten potencia de corriente alterna en continua.

1.2.1.1.1 Elementos

Los transformadores están diseñados para trabajar en voltajes de 208, 240, 480 y 600V y con 60Hz. Este sistema se logra colocando las bobinas primarias en

derivación, de manera que, las terminales de cada sección se conecten en serie o en paralelo con otras secciones para igualar el voltaje de entrada.

En máquinas trifásicas, la mayor parte del tiempo se conecta el secundario en configuración de triángulo porque se prefiere para obtener corriente elevada y voltaje bajo. El primario puede conectarse en triángulo o estrella.

El control de la corriente se realiza en la sección del equipo que se ubica entre los rectificadores y el transformador. A continuación se mencionan métodos para variar la impedancia de manera que se controle la corriente:

1.2.1.1.1.1 Controles Mecánicos:

- a. Derivación móvil
- b. Bobina móvil
- c. Núcleo de reactor móvil

1.2.1.1.1.2 Controles Eléctricos:

- a. Reactor saturable
- b. Estado sólido

1.2.1.1.1.3 Control de Derivación

- a. Reactor con derivaciones

Adicionalmente existe un método que emplea resistores en serie con la porción de corriente continua con el circuito de soldadura.

1.2.1.2 Fuentes de Voltaje Constante

Generalmente son equipos rotatorios y se utilizan en procesos como: GMAW, FCAW y SAW.

En el caso de generadores se emplean los de tipo devanado compuesto modificado excitado independientemente.

Las unidades de voltaje constante presentan una composición distinta de las de corriente constante, produciendo características volt-ampere de salida planas. Estas máquinas pueden tener dispositivos de estado sólido en el circuito de excitación para optimizar el rendimiento y facilitando el control.

1.2.1.2.1 Características

Existe una gran variedad y combinaciones de fuentes de potencia de voltaje constante. Se caracterizan básicamente por sus curvas volt-ampere planas.

Las características dinámicas de estas fuentes de potencia tienen un alto nivel de importancia. Si se ajusta la pendiente empleando inductancias, se alterará las características estáticas y también las dinámicas.

En ciertos casos se utilizan inductores ajustables en la sección de corriente continua para controlar independientemente las características estáticas y dinámicas.

1.2.1.2.2 Especificación Eléctrica

El factor de potencia de los equipos de voltaje constante no requieren corrección, es la ventaja que presentan sobre los equipos de corriente constante.

Estas fuentes por lo general se clasifican según la NEMA en Clase I o Clase II. Los voltajes de circuito abierto generalmente está por debajo del máximo establecido.

1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA SEGÚN LAS NORMAS NEMA

La National Electric Manufacturers Association NEMA clasifica a las fuentes de potencia básicamente de acuerdo al ciclo de trabajo. Se dividen en tres clases:

1.2.2.1 NEMA Clase I

Las fuentes de potencia para soldadoras que pertenecen a este grupo se caracterizan por presentar factores de trabajo de 60, 80 y 100%.

Los equipos fabricados de acuerdo a esta clase están marcados de la siguiente manera: "NEMA Class I (60)", "NEMA Class I (80)" o "NEMA Class I (100)"

Las fuentes de potencia pertenecientes a este grupo presentan las siguientes características:

- a. Una fuente de poder con corriente constante, fuente de poder con voltaje constante o una fuente de poder con corriente/voltaje constante.
- b. Una de las siguientes:
 - Fuente de potencia de soldadura con generador DC
 - Fuente de potencia de soldadura con generador AC
 - Fuente de potencia de soldadura con generador-rectificador DC
 - Fuente de potencia de soldadura con generador-rectificador DC/AC
 - Fuente de potencia de soldadura con transformador AC
 - Fuente de potencia de soldadura con transformador-rectificador DC/AC

1.2.2.2 NEMA Clase II

Las fuentes de potencia para soldadoras que pertenecen a este grupo se caracterizan por presentar factores de trabajo de 30, 40 y 50%.

Si un equipo es fabricado de acuerdo a esta clase, estará marcado de la siguiente manera: “NEMA Class II (30)”, “NEMA Class II (40)” o “NEMA Class II (50)”.

Los equipos marcados como Clase II presentan las mismas características que los equipos pertenecientes a la Clase I.

1.2.2.3 NEMA Clase III

Las fuentes de potencia para soldadoras que pertenecen a este grupo se caracterizan por presentar factores de trabajo de 20%.

Si un equipo fabricado de acuerdo a esta clase, estará marcado de la siguiente manera: "NEMA Class III (20)".

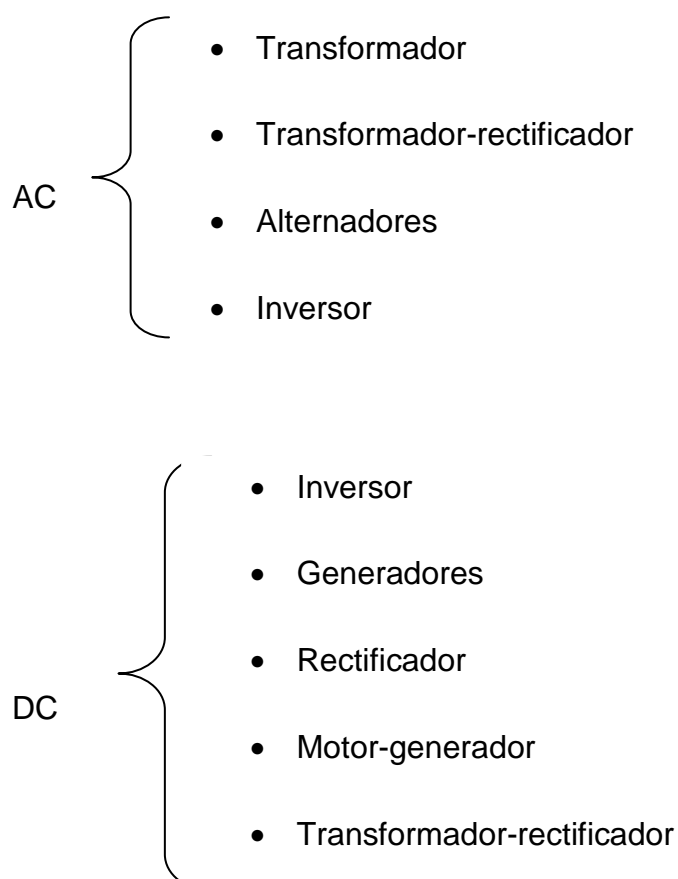
Las fuentes de potencia para soldadura de este grupo presentan las siguientes características:

- a. Fuente de poder con corriente constante
- b. Una de las siguientes:
 - Fuente de potencia de soldadura con transformador AC
 - Fuente de potencia de soldadura con transformador-rectificador DC
 - Fuente de potencia de soldadura con transformador-rectificador DC/AC

1.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA DE ACUERDO AL TIPO DE CORRIENTE

Las fuentes de potencia emplean para trabajar corriente directa o continua y corriente alterna.

De acuerdo al tipo de corriente que emplea las fuentes de potencia para equipos de soldadura se clasifican en:



Las descripciones correspondientes a cada equipo se realizaron en los puntos 1.1.1 hasta 1.1.5.

1.2.4 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL GRADO DE PARTICIPACIÓN DEL FACTOR HUMANO

La intervención del factor humano en el manejo de equipos para soldadura difiere dependiendo del proceso empleado.

Considerando este parámetro se clasifican en tres tipos:

- Manuales {
 - SMAW
 - GTAW

- Semiautomáticos {
 - GMAW
 - FCAW

- Automáticos {
 - GMAW
 - FCAW
 - SAW

1.3 PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS

La salida común de una fuente de potencia puede ser corriente alterna, corriente continua o las dos. Puede ser de corriente constante, voltaje constante o ambas. El voltaje de salida requerido varía entre 20 y 40 V, de acuerdo al Manual de Soldadura de la American Welding Society, Tomo I, Capítulo 1.

1.3.1 CARACTERÍSTICAS

Para determinar el funcionamiento de fuentes de potencia de las soldadoras se emplean dos tipos de características operativas, cada una afecta el rendimiento de manera diferente. Estas características se denominan como estáticas y dinámicas.

Las dos características intervienen en la estabilidad del arco de manera diferente dependiendo del proceso de soldadura.

Las características estáticas de salida son fáciles de determinar empleando pruebas que incluyen cargas resistivas. Por lo general se emplea el conjunto de curvas características, denominadas también curvas volt-amperio.

Para determinar características dinámicas de una fuente de potencia se determina midiendo las variaciones instantáneas o en pequeños intervalos, en el voltaje y corriente de salida presentes en el arco.

Es importante mencionar que las características volt-amperio estáticas no son útiles para determinar las características dinámicas de un equipo para procesos de soldadura por arco. Las características dinámicas no tienen aún un proceso definido y aceptado para su comprobación.

Controlar o modificar las características tiene como objetivo estabilizar el arco. Las mejoras que se pueden obtener son:

- Reducir salpicadura
- Reducción de turbulencia en el arco de soldadura
- Transferencia del metal de aporte más uniforme

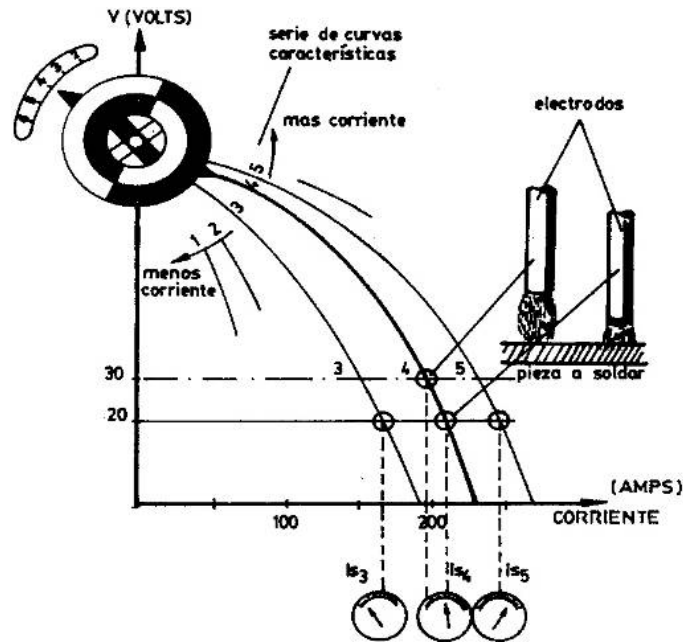
1.3.1.1 Características Estáticas

Se determinan experimentalmente, se reemplaza el arco voltaico por resistencias conectadas en serie al circuito de soldadura, permite describir una curva para cada intensidad de corriente posible regulable en el equipo, creándose una familia de curvas, cuya pendiente es pequeña, con tendencia a cero, denominada de voltaje constante o plana, o muy grande tendiendo al infinito, denominada de corriente constante o caída.

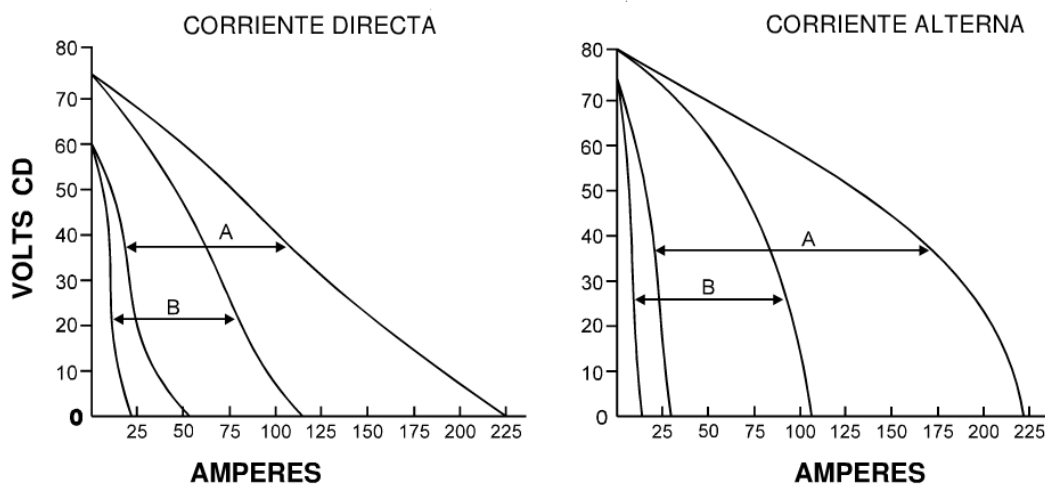
1.3.1.2 Características Dinámicas

Se determinan con el equipo en funcionamiento, con determinado diámetro y tipo de electrodo, en este caso se considera el arco voltaico, razón por la cual se denominan dinámicas.

En las curvas dinámicas se puede distinguir las curvas de arco o curvas dinámicas de arco, las cuales representan el comportamiento de cierto electrodo bajo diversas condiciones de trabajo y distancia de arco.



¹¹ Figura 1-10 Ajuste de Corriente según la Característica Estática



¹² Figura 1-11 Curvas Volt-Amperio de un alternador

¹¹ <http://www.scribd.com/doc/29588742/Manual-de-Soldadura-Un-4-Fuentes-de-Enrgia-Soldadura-Por-Arco>

¹² <http://issuu.com/racr986/docs/soldador>

1.4 DEFINICIONES BÁSICAS

En el desarrollo de este proyecto se mencionan términos, utilizados para describir procesos y valores con los que se trabaja. A continuación se presentan los términos más empleados y sus correspondientes definiciones.

1.4.1 FACTOR DE MARCHA O CICLO DE TRABAJO (X)

Es el factor o relación, en porcentaje, entre el tiempo durante el que una máquina de soldar puede mantener una determinada corriente máxima de soldadura (tiempo de carga) y un tiempo de referencia, que de acuerdo a normas internacionales es de 10 minutos.

Por ejemplo para el caso de un equipo cuyo factor de trabajo es 60%, una carga es aplicada continuamente durante 6 minutos seguido por un periodo de descarga de 4 minutos.

Un factor de trabajo de 100% significa que la unidad puede proveer la corriente de soldadura especificada ininterrumpidamente y sin necesidad de descanso.

1.4.2 VOLTAJE DE CARGA

Voltaje entre los terminales de salida cuando a la fuente se entrega corriente de soldadura.

1.4.3 CORRIENTE DE SOLDADURA

Es la corriente que entrega la fuente de soldadura durante el proceso de soldadura.

1.4.4 VOLTAJE SIN CARGA (OCV)

Es el voltaje medio, de acuerdo a la norma IEC 60974-1, entre las terminales de salida de una fuente de poder cuando el circuito externo está abierto.

1.4.5 VALOR CONVENCIONAL

Es un valor estandarizado que es utilizado como medida de un parámetro para propósitos de comparación, calibración, pruebas, etc.

Por ejemplo para uno de los equipos calibrados en el laboratorio de soldadura: LINCOLN INVERTEC V350, el valor convencional es 350, es decir que el valor máximo que puede colocarse en el seleccionador de corriente de la fuente para trabajar es de 350A.

1.4.6 CARGA CONVENCIONAL

Es prácticamente una carga resistiva constante no inductiva que tiene un factor de poder no menor de 0,99.

El valor aproximado de la tensión en el arco de soldadura a determinado valor de corriente.

1.4.7 VALOR ESTIMADO

Valor asignado, generalmente por el fabricante, para condiciones de operación específicas de un componente, dispositivo o equipo.

1.4.8 CORRIENTE CONVENCIONAL DE SOLDADURA I_2

Es la corriente entregada por una fuente de poder de soldadura a una carga convencional correspondiente a voltaje de carga convencional.

1.4.9 VOLTAJE DE CARGA CONVENCIONAL U_2

Es el voltaje de carga de una fuente de soldadura que tiene relación lineal con la corriente convencional de trabajo.

1.4.11 MÍNIMA CORRIENTE DE SOLDADURA MEDIDA $I_{2MÍN}$

Es el valor mínimo de la corriente convencional de soldadura que se puede obtener en condiciones convencionales de soldadura de una fuente de soldadura a su capacidad mínima.

1.4.12 MÁXIMA CORRIENTE DE SOLDADURA MEDIDA I_{2MAX}

Se refiere al valor máximo de la corriente convencional de soldadura que se puede obtener en condiciones convencionales de soldadura de una fuente de soldadura a su capacidad máxima.

1.4.13 VOLTAJE DE SUMINISTRO MEDIDO U_1

Valor en r.m.s de un voltaje de entrada para el que está diseñada una fuente de potencia para soldadoras.

1.4.14 CORRIENTE DE SUMINISTRO I_1

Valor en r.m.s de una corriente de entrada para el que está diseñada una fuente de potencia para soldadoras en condiciones convencionales.

1.4.15 CORRIENTE SUMINISTRADA MEDIDA SIN CARGA I_0

Es la corriente que ingresa en una fuente de potencia a un voltaje medido sin carga.

1.4.16 CORRIENTE SUMINISTRADA EFECTIVA MÁXIMA I_{IEFF}

Es el valor máximo de la corriente efectiva de entrada que se calcula empleando la corriente de suministro medida (I_1), el correspondiente ciclo de trabajo (X) y la corriente suministrada a carga cero (I_0), desarrollando la siguiente fórmula:

$$I_{IEFF} = \sqrt{I_1^2 \times X + I_0^2 \times (1 - X)}$$

1.5 AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS

Los equipos de soldadura constan de voltímetros y amperímetros que se probarán y calibrarán en caso de ser necesario, como se menciona en capítulos siguientes,

¹³ AMERICAN WELDING SOCIETY, Capítulo I

motivo por el cual se considera necesario definir estos elementos y sus correspondientes clasificaciones.

1.5.1 AMPERÍMETRO

El amperímetro es un instrumento que permite medir la intensidad de corriente eléctrica, presentando directamente la medida deseada sobre su escala calibrada las unidades empleadas para ello denominadas amperios o bien fracciones de amperios.

Su utilización es muy amplia ya que con independencia de su propia aplicación directa de medida, también se emplea como base para la construcción de otros instrumentos, como voltímetros, óhmetros, etc. Su funcionamiento está basado en uno de los principios fundamentales del electromagnetismo que en su forma más simple nos indica que cualquier corriente eléctrica pasa por un hilo conductor produce un campo magnético alrededor del mismo (similar al campo magnético de un imán), cuya fuerza depende de la intensidad de la corriente que circule.

1.5.1.1 Clasificación de los Amperímetros

1.5.1.1.1 Amperímetros de bobina móvil

Consiste en una bobina circular de hilo conductor sobre un pivote colocado sobre el centro de la misma, de forma que pueda girar sobre él. Todo el conjunto está situado dentro del campo magnético de un imán fijo. Al circular una corriente eléctrica por la bobina, en esta se creará una fuerza magnética de manera tal que se producirá un fenómeno de atracción o repulsión con respecto al imán, y la

bobina girará sobre el pivote. El movimiento de la bobina está controlado por unos resortes que sirven también para la entrada y salida de la corriente a través de ellos.

El amperímetro de bobina móvil puede usarse solamente con corriente continua, ya que la corriente alterna haría mover la bobina rápidamente en ambos sentidos.

1.5.1.1.2 Amperímetros de hierro móvil

Está formado por una bobina por la que circula la corriente que produce el campo magnético. En este caso, la bobina es fija y no hay imán fijo que cause su giro. En su lugar, se acopla un pedazo de hierro a la bobina y otro unido a una aguja móvil sobre un pivote. Cuando circula corriente por la bobina, ambos trozos de hierro se transforman en imanes por el efecto magnético de la corriente y mutuamente se repelen, sin importar el sentido de dicha corriente. En este caso se utiliza un resorte para controlar el movimiento de la aguja.

La magnitud de la fuerza de repulsión y por consiguiente la amplitud del movimiento de la aguja dependen de la cantidad de corriente que circula por la bobina.

En este modelo de amperímetro no tiene mayor importancia el sentido de la corriente que circula, por lo tanto, puede usarse para corriente continua y corriente alterna indistintamente.

1.5.1.2 Tipos de Amperímetros

Los amperímetros que se encuentran en todo equipo de soldadura pueden ser de dos tipos: analógicos o digitales.

1.5.1.2.1 Amperímetros Analógicos

Es un dispositivo que mide y presenta el valor medio de la corriente, mediante una aguja que se ubica en el número o la fracción del valor presentado en un panel de indicación. Se observa un ejemplo en la figura 1-12.

Es importante tener la corriente adecuada para la cual fueron diseñados los diferentes dispositivos conectados al sistema. Exceder éste rango de operación puede ser motivo de deterioro de los mismos.



¹⁴ **Figura 1-12. Amperímetro Analógico**

¹⁴ http://www.imgur.com/http://bp3.blogger.com/amp_panel_hierro_foto%images-amperimetro-analogico

1.5.1.2.2 Amperímetros Digitales

Son instrumentos que realizan mediciones exactas de intensidad para corriente continua o alterna con escalas seleccionables según modelo. Visualizan el dato mediante displays de 0.5". Se observa en la figura 1-13.

Las corrientes alternas superiores a 5 amperios utilizan transformadores de corriente, los cuales se pueden conseguir en amplia gama de relaciones de transformación.

La medición de corriente continua ha sido hecha tradicionalmente utilizando una carga resistiva denominado shunt. El shunt es una resistencia de una aleación bastante estable con respecto a las variaciones de temperatura. La corriente al circular produce una caída de tensión pequeña la cual se mide y se presenta como el valor de la corriente. Generalmente los shunts vienen calibrados para que al pasar la corriente nominal se tenga una caída de 60 miliVoltios.



¹⁵ **Figura 1-13. Amperímetro Digital**

¹⁵ http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://www.velasquez.com.co/imagenes/amperimetro_digital

1.5.2 VOLTÍMETROS

Un voltímetro es un dispositivo que se utiliza para medir, de manera directa o indirecta, la diferencia potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Los voltímetros, en esencia, están constituidos de un galvanómetro sensible que se conecta en serie a una resistencia extra de mayor valor. Con la finalidad de que durante el proceso de medición no se modifique la diferencia de potencial, lo mejor es intentar que el voltímetro utilice la menor cantidad de electricidad posible.

Para poder realizar la medición de la diferencia potencial, ambos puntos deben encontrarse de forma paralela. En otras palabras, que estén en paralelo quiere decir que se encuentre en derivación sobre los puntos de los cuales queremos realizar la medición.

Debido a lo anterior, el voltímetro debe contar con una resistencia interna lo más alta posible, de modo que su consumo sea bajo, y así permitir que la medición de la tensión del voltímetro se realice sin errores. Para poder cumplir con este requerimiento, los voltímetros que basan su funcionamiento en los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica, poseen unas bobinas con hilo muy fino y de muchas espiras, a fin de que, aun contando con una corriente eléctrica de baja intensidad, el aparato cuente con la fuerza necesaria para mover la aguja.

En las figuras 1-14 y 1-15 se disponen ejemplos de voltímetros analógicos y digitales.



¹⁶Figura 1-14. Voltímetro Analógico



¹⁷ Figura 1-15. Voltímetro Digital

¹⁶ http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/multimetro-analogico-1

¹⁷ http://www.3bscientific.es/imagelibrary/U11806_I/aparatos-de-laboratorio/U11806_I_multimetro-digital

Las máquinas soldadoras profesionales disponen de amperímetro y voltímetro, instalados en el panel frontal de las mismas y se consideran el primer método para registrar el voltaje y el amperaje de trabajo en los procedimientos de soldadura. Por ello, al realizar la inspección para la posterior certificación de un equipo de soldadura se verifica que las mediciones de voltaje de carga y amperaje dentro del rango de valores tolerados por las normas.

CAPÍTULO II

DEFECTOS EN EL CORDÓN DE SOLDADURA A CAUSA DEL MAL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA Y RIESGOS DE ACCIDENTES ASOCIADOS

2.1 INTRODUCCIÓN

Es importante considerar las exigencias por parte del sector industrial y, especialmente en áreas de mayor requerimiento en cuanto a la calidad de la soldadura como el sector petrolero, en donde como parte del sistema de calidad y para garantizar el trabajo de soldadura se solicita la certificación de los equipos de soldadura.

El estudio de los defectos presentes en los cordones de soldadura a causa del mal funcionamiento del equipo de soldadura ha tomado importancia en vista de las exigencias por parte de la industria, de los procesos y de las normas de calidad.

Los efectos que se pueden producir a causa de la existencia de los mencionados defectos implican desde pequeños daños en el cordón como también graves accidentes que pueden conducir a pérdidas humanas.

En los cordones de soldadura se pueden identificar dos tipos de defectos: internos y externos.

Los defectos internos más observados en cordones de soldadura son: porosidad, inclusiones metálicas, fusión incompleta, falta de penetración, grietas o fisuras, socavamiento.

Entre los defectos externos se puede observar: deformación, perfil incorrecto de la soldadura, desnivelación de bordes, irregularidades superficiales, tamaño incorrecto de la soldadura.

Para desarrollar con éxito un proceso de soldadura es necesario realizar una selección adecuada del electrodo y un ajuste correcto de corriente y voltaje. El segundo aspecto mencionado se obtiene gracias al buen funcionamiento del equipo y a una forma de operación adecuada, derivada de la habilidad o experiencia del soldador.

Con el objetivo de demostrar la importancia del correcto estado de la máquina, a continuación se destacarán las fallas que están relacionadas con el mal funcionamiento del equipo.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES CAUSAS DEL MAL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Los equipos para procesos de soldadura pueden presentar fallas y averías que afectan a los cordones de soldadura y por ende su calidad y propiedades, causando posibles defectos en los elementos soldados.

Entre las fallas más comunes presentes en los equipos de soldadura se puede mencionar:

2.2.1 FALLA DE ENCENDIDO

El sistema de encendido de un equipo para procesos de soldadura puede fallar por las siguientes causas:

- Circuito de encendido defectuoso
- En el circuito de encendido funciona una sola fase
- Cable de poder roto o averiado.
- Línea de poder de voltaje no es fácil de manejar para el motor o el voltaje de entrada es muy bajo.
- Algún elemento del transformador no funciona de manera adecuada
- No se recepta la señal

2.2.2 EQUIPO ENCENDIDO PERO NO TRABAJA

En ciertas circunstancias el equipo se puede encender pero no puede soldar, se debe a problemas como:

- Señal inadecuada en el receptor
- Corriente inadecuada en el arco
- Conexiones pobres o defectuosas en el equipo de soldadora
- Ventilación inadecuada en el equipo
- Sólo una fase del circuito funciona
- La soldadora puede tener conexión para 460V y estar trabajando en 230V
- Voltaje de entrada demasiado bajo

- Equipo operando con valores de corriente superiores a su capacidad.
- Rotación incorrecta
- Problemas con los cepillos del generador
- Reóstato abierto

2.2.3 ARCO DEMASIADO BAJO

Una longitud de arco corta puede producir defectos en el cordón de soldadura además de una apariencia inapropiada.

Las causas que producen este problema con el proceso de soldadura son:

- El valor de corriente colocado es demasiado bajo
- El valor asignado de voltaje es demasiado bajo para procedimientos semiautomáticos.
- Se realiza la soldadura con arco muy corto.
- La longitud libre del electrodo y la distancia boquilla-material base son inapropiados.

2.2.4 EXCESIVO CHISPORROTEO

En cordones de soldadura el exceso de chisporroteo produce fallas en el cordón en vista de que las gotas de material pueden solidificarse en el cordón generando mal aspecto y sobretodo concentradores de esfuerzos.

Una de las principales causas de este defecto es un valor de corriente demasiado alta, longitud de arco grande y también voltaje excesivo.

2.2.5 EL CALOR DE SOLDADURA RESULTA DIFÍCIL DE CONSERVAR

Las causas de este problema pueden ser:

- Conmutador sucio o averiado
- Los cepillos del colector están desgastados o fuera de uso.
- El reóstato trabaja en malas condiciones o se sobrecalienta.
- El circuito presenta conexión de resistencias variables o circuito abierto intermitente debido a una pérdida en la conexión o cables rotos.

Todas estas causas pueden generar una interrupción del arco eléctrico o también una caída brusca del amperaje seleccionado.

2.2.6 LA CORRIENTE DE SALIDA DEL EQUIPO DE SOLDADURA ES INCONSISTENTE

Se producen movimientos que varían la conexión en el interior del transformador. Estas variaciones pueden alterar la corriente de soldadura por ende causar defectos y problemas en el cordón de soldadura y sus propiedades.

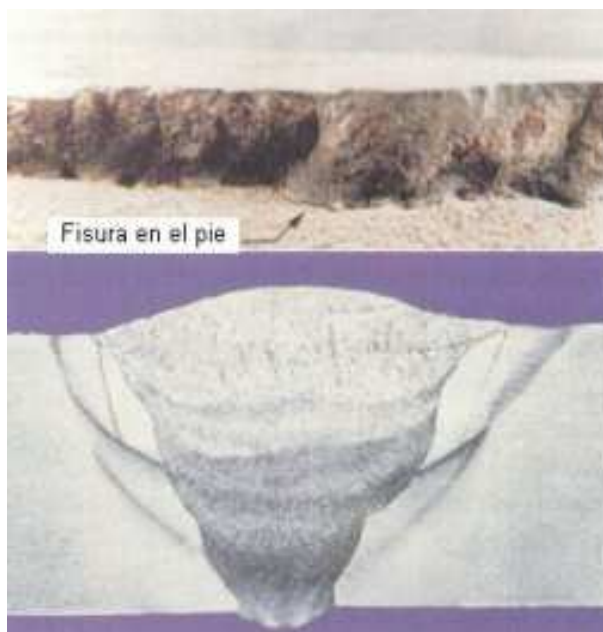
Las variaciones mencionadas pueden ser por elevación o disminución de corriente, siendo ambos casos de suma importancia y peligro tanto para la calidad del trabajo como para el bienestar del ejecutor.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DEFECTOS PRODUCIDOS POR EL MAL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Un alto de porcentaje de defectos presentes en cordones de soldadura se producen a causa del mal funcionamiento del equipo, este tipo de defectos son: grietas o fisuras, falta de penetración, cordones defectuosos, quemón, mordeduras, excesiva penetración, fusión incompleta y soplo de arco.

2.3.1 GRIETAS O FISURAS

Se refiere a roturas que se producen en el material base o en el cordón de soldadura que ocurren durante la solidificación y durante el proceso de enfriamiento. Las grietas en uniones soldadas se producen cuando las tensiones localizadas exceden la resistencia última del material. Figura 2-1



¹⁸ Figura 2-1. Fisura

2.3.1.1 Clasificación de las fisuras

Las fisuras se clasifican de la siguiente manera:

- a) *Fisuras longitudinales*: Son paralelas al eje de la soldadura. Fisuras longitudinales en pequeñas soldaduras entre grandes secciones, son frecuentemente el resultado de un alto grado de enfriamiento debido al exceso de corriente proporcionado por el equipo a causa de fallas en el funcionamiento. Como se indica en la figura 2-2



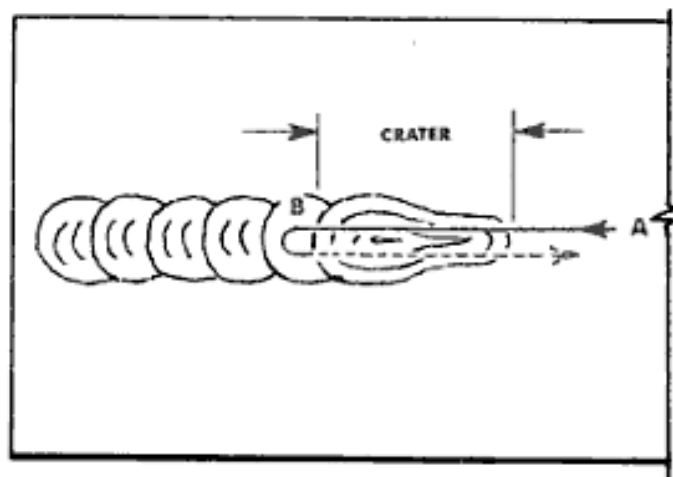
¹⁹ **Figura 2-2. Fisura Longitudinal**

- b) *Fisuras transversales*: Generalmente son el resultado de esfuerzos debido a contracciones longitudinales actuando en metales de soldadura de baja ductilidad. Se observa un ejemplo en la figura 2-3



²⁰ **Figura 2-3. Fisura Transversal**

- c) *Fisuras en el Cráter*: Al hacer contacto el arco con el metal por soldar, se forma un bolsillo o poza, denominado cráter que se presenta como un socavamiento al final del cordón de soldadura. El tamaño y la profundidad de un cráter indica la penetración. Generalmente las fisuras en el cráter tienen forma de estrella. Son superficiales, se forman en caliente y usualmente forman redes con forma de estrella. Ocurren cuando el arco es terminado incorrectamente. Ver figura 2-4



²¹ **Figura 2-4. Cráteres**

- d) *De garganta*: Son fisuras longitudinales ubicadas en la cara de la soldadura. Generalmente, son fisuras en caliente. Ver figura 2-5



²² **Figura 2-5. Fisura de Garganta**

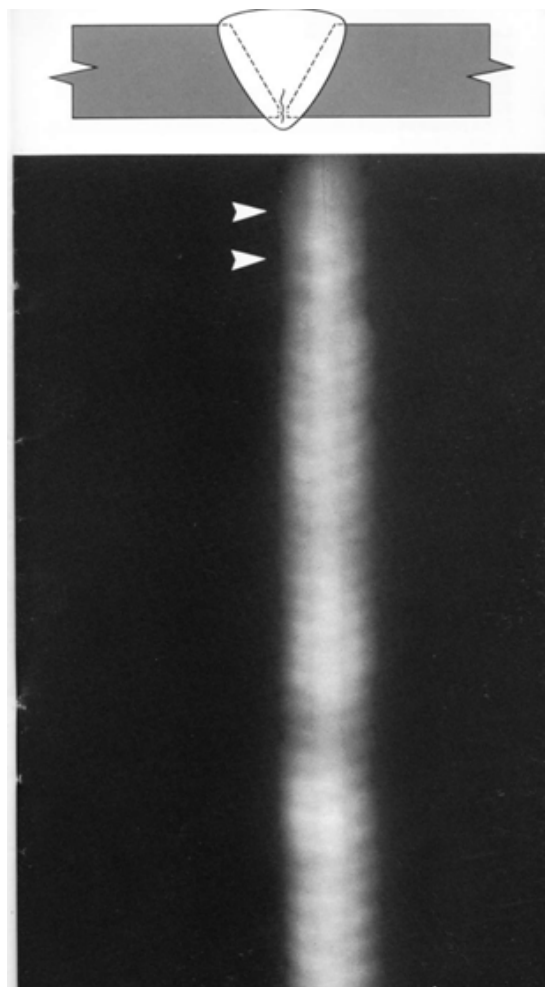
- e) *De borde*: Son generalmente fisuras en frío, en el caso de los aceros se produce en el intervalo de transformación de martensita a partir de la austenita. Se inician y propagan desde el borde de la soldadura, donde se concentran los esfuerzos de contracción. Se inician perpendicularmente a la superficie del metal base. Estas fisuras son generalmente el resultado de contracciones térmicas actuando en la zona afectada por el calor (ZAC). Se indica este defecto en la figura 2-6.



²³ **Figura 2-6. Fisuras de borde**

- f) *De raíz*: Son longitudinales, en la raíz de la soldadura o en la superficie de la misma. Pueden ser fisuras en caliente o en frío.

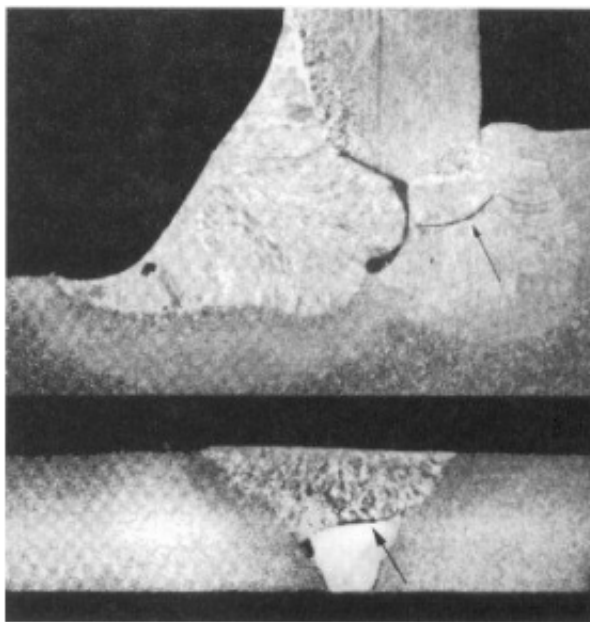
En la figura 2-7 se puede observar una radiografía que indica una fisura de raíz.



²⁴ **Figura 2-7. Fisuras en la raíz**

- g) *Fisuras bajo el cordón y fisuras en la ZAC:* Son generalmente fisuras en frío que se forman en la ZAC del metal base. Son generalmente cortas, pero pueden unirse para formar una fisura continua. Las que se dan bajo el cordón, pueden convertirse en un serio problema cuando están presentes: hidrógeno, microestructura poco dúctil y altos esfuerzos residuales. Ambas pueden ser fisuras en caliente o en frío. Son encontradas a intervalos regulares bajo la soldadura y también por el contorno de la ZAT donde los esfuerzos residuales son máximos.

En la figura 2-8 se presenta un ejemplo de estas fisuras.



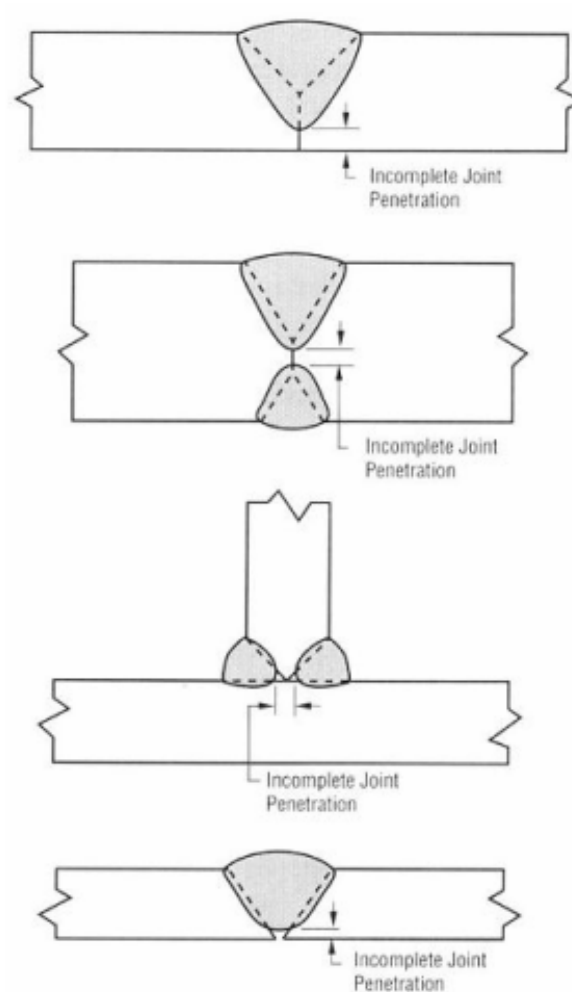
²⁵ **Figura 2-8. Fisura en la Zona Afectada por el Calor**

2.3.2 FALTA DE PENETRACIÓN

Ocurre cuando el metal de soldadura no se extiende a través de todo el espesor de la junta y el metal de aporte no llega hasta la raíz para fundirse con el metal base.

En la mayoría de los casos sucede por la presencia de corriente demasiado baja, baja potencia calórica del arco y de un control lateral inapropiado del arco de soldadura, por falta de preparación de biselés o bordes, por separación inadecuada de junta.

La figura 1-9 los casos en los que se pueden presentar problemas con la falta de penetración del material base.



²⁶ **Figura 2-9. Falta de Penetración**

Entre las principales causas de este problema se destacan los siguientes:

- Aportación deficiente de calor del arco por intensidades de corriente bajas.
- Por arco excesivamente largo
- Por excesiva velocidad de soldadura
- Excesiva altura del talón.
- Por ángulo de chaflán excesivamente agudo.

La falta de penetración puede ser de las siguientes formas:

- *Sin desalineación*: Es cuando hay carencia de metal de aporte en la raíz, por lo que se observa los bordes que no están fundidos en la junta.
- *Debido a la desalineación*: Es la falta de metal en la raíz, se da cuando existe desalineación en una de las placas de metal base.
- *Entre pases*: Es la falta de metal de aporte entre el pase raíz y los pases secundarios de soldadura.

De los tres casos mencionados sólo el primero se relaciona con el mal funcionamiento del equipo.

2.3.3 CORDONES DEFECTUOSOS

Los cordones defectuosos o con mala apariencia se producen por: electrodos de mala calidad, incorrecto uso de los electrodos, arco alto a causa de voltaje y amperaje altos y el sobrecalentamiento. Los dos últimos se producen generalmente por el mal estado de los equipos de soldadura.

Por lo general el aspecto superficial del cordón refleja la habilidad del soldador sin embargo, esto no excluye la posibilidad del fallo del equipo. En la figura 2-10 se observa un cordón defectuoso.

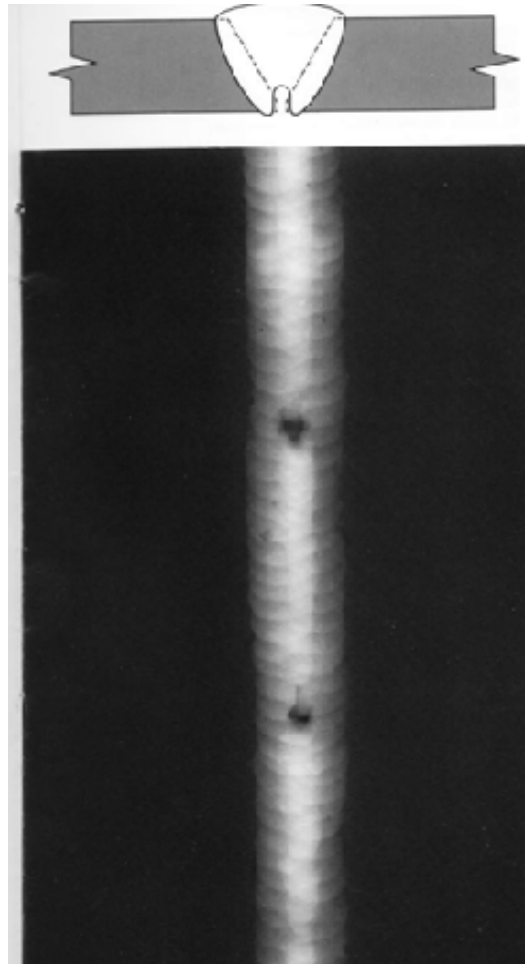


²⁷ **Figura 2-10. Cordones Defectuosos**

2.3.4 QUEMÓN

Es una porción del cordón de raíz donde el exceso de penetración ha causado que el metal de soldadura sea soplado hacia el interior, o puede descolgarse un excesivo metal fundido. Suele presentarse como una depresión no alargada, en forma de cráter, en la raíz. Como se indica en la figura 2-11.

Se produce por la incorrecta calibración de la máquina soldadora lo que causa una constante variación de corriente.



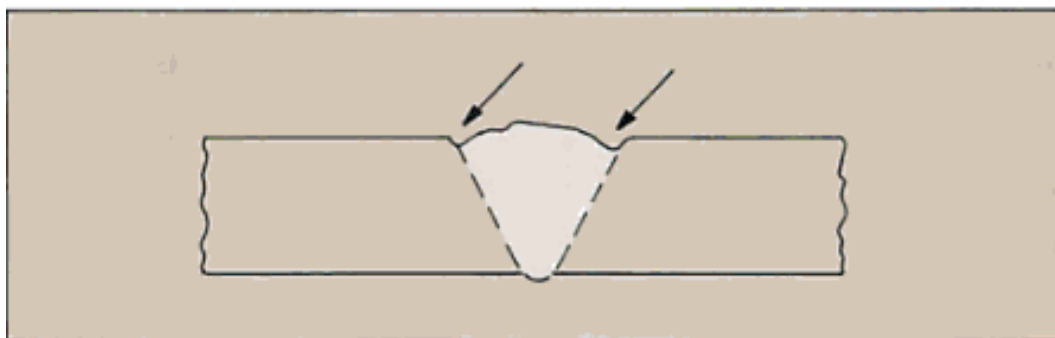
²⁸ Figura 2-11. Quemón

2.3.5 MORDEDURAS

Son un tipo de defecto que se produce por el exceso de corriente al soldar. Este exceso de corriente origina canaletas o hendiduras en el metal base, en uno o ambos bordes del cordón, generando concentradores de esfuerzos.

Se producen también en las soldaduras en ángulo, cuando no hay suficiente aporte del material sobre una pieza vertical.

Pueden aparecer mordeduras en la raíz o en la cara del cordón de soldadura. Ver figura 2-12.



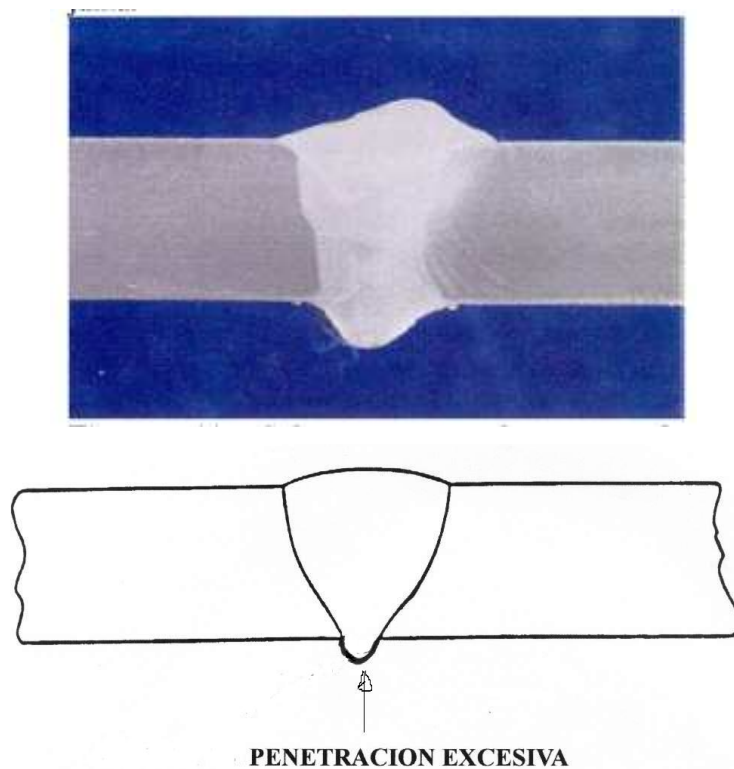
²⁹ **Figura 2-12. Mordeduras**

29. <http://books.google.com.ec/books/defectossoldadura/mordeduras>

2.3.6 EXCESIVA PENETRACIÓN

En una soldadura simple desde un solo lado, esta discontinuidad representa un exceso de metal aportado en la raíz de la soldadura que da lugar a excesos de metal fundido que puede ocasionar que este se cuelgue. Ver figura 2-13

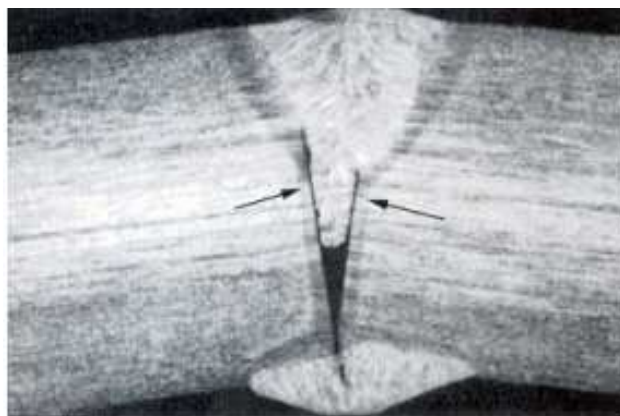
Este problema se origina por la inadecuada o excesiva corriente utilizada en el proceso de soldadura.



³⁰ Figura 2-13. Excesiva Penetración

2.3.7 FUSIÓN INCOMPLETA

Se trata de una discontinuidad bidimensional causada por la falta de unión entre el material de aporte y el material base, o entre los cordones de la soldadura. Como en la figura 2-14



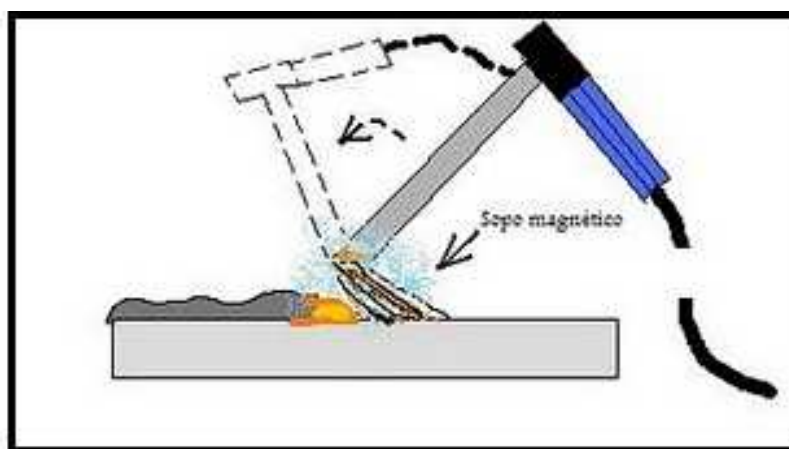
³¹ Figura 2-14. Fusión Incompleta

Entre las deficiencias que causan la fusión incompleta se destacan:

- No alcanzar la temperatura de fusión del metal base o del material de aporte.
- Inclinación inadecuada del arco
- Mala selección de la corriente de trabajo.

2.3.8 SOPLO DE ARCO O SOPLO MAGNÉTICO

El soplo de arco se produce a causa de fuerzas electromagnéticas que actúan sobre el arco que genera el electrodo, sobretodo cuando este se encuentra en bordes, extremos ó partes de piezas con forma aguda, generando un ir y venir en el arco, cambiando de dirección y dando violentos movimientos. Ver figura 2-15



³² **Figura 2-15. Soplo de Arco**

32. <http://soldaduraweb.blogspot.com/soldadura-soplo-magnetico.html>

La distorsión del campo magnético, se debe a que el arco no sigue el camino más corto del electrodo a la pieza, es decir, se desvía por los campos electromagnéticos que aparecen en la misma, producida por la intensidad de corriente necesaria para soldar.

2.4 PRINCIPALES CONSECUENCIAS

Un equipo de soldadura en mal funcionamiento produce defectos en los cordones pero estos defectos no sólo son importantes por la mala presentación del cordón sino por los problemas y fallas graves que se pueden generar.

El calor producido por arcos eléctricos y sus irradiaciones, y por chispas pueden causar explosiones o incendios.

Por ejemplo, al producirse grietas o fisuras en un cordón o material base se generan concentradores de esfuerzos. Es decir, que los esfuerzos soportados por el elemento unido no estarán correctamente distribuidos, además la resistencia de la unión disminuye significativamente.

Mientras los esfuerzos estén mal distribuidos una porción del elemento estará a cargo de soportar más de lo que sus límites lo permiten, produciéndose un fallo en el elemento y posible ruptura del mismo. Una corriente demasiado pequeña provoca que la penetración en el proceso de soldadura inadecuada, es decir, incompleta.

Al observarse una falta de penetración, en las áreas donde el material base no llegó a fundirse se forman ángulos o radios que dan lugar a la formación de concentradores de esfuerzos.

La presencia de un concentrador de esfuerzos en cualquier elemento o material debe considerarse de gran importancia por los graves inconvenientes y daños que se puede causar.

Además de los defectos y fallas existentes en el resultado de un proceso de soldadura existen otro tipo de consecuencias a causa del mal estado de un equipo de soldadura, relacionado con el factor humano.

En el caso de perjudicar al factor humano existen dos tipos: en primer lugar la persona que trabaja directamente con los equipos de soldadura, se puede ver afectada por las fallas del equipo en vista de que pueden ocasionarse quemaduras y descargas.

En segundo lugar la persona o personas relacionadas con el trabajo de los elementos elaborados con equipos de soldadura en mal estado, puesto que un elemento fabricado con un equipo defectuoso no presentará la resistencia y seguridades requeridas y sobretodo esperadas.

Los choques eléctricos pueden ser fatales y deben ser evitados. Instalaciones eléctricas defectuosas, puestas a tierra inadecuadas y el mantenimiento u operación incorrectos de un equipo eléctrico son fuentes comunes de estos choques.

Es necesario garantizar buenos contactos eléctricos en la pieza a soldar y en los terminales de salida de la máquina. Estos terminales deben mantenerse en buen estado, sin partes rotas o aislamiento defectuoso.

Las conexiones eléctricas defectuosas se pueden calentar y, eventualmente derretirse. Estas pueden causar malas soldaduras y provocar arcos o chispas peligrosas.

2.5 IMPORTANCIA SEGÚN NORMAS DE REFERENCIA

El control y certificación de fuentes de potencia para equipos de soldadura están respaldados por varias normas internacionales.

La National Electric Manufacturers Association NEMA presenta sus normas EW-1 y EW-3 que mencionan y describen los equipos de soldadura, las condiciones necesarias y características requeridas para estos procesos.

Las normas NEMA proponen detalladamente las pruebas, ensayos y observaciones a realizarse en una fuente de potencia de soldadura.

Adicionalmente describe el formato y el número de formatos que deben realizarse para la certificación.

2.6 RIESGOS DE ACCIDENTES

Con frecuencia se realiza la selección de un equipo para procesos de soldadura basándose en parámetros como: costo, disponibilidad, y otros factores, dejando como última opción la seguridad.

Jamás se ha puesto suficiente interés en que una de las consideraciones principales e importantes, en la selección y ejecución en el trabajo de soldadura, debe ser su funcionamiento seguro bajo condiciones que primen en el trabajo.

Pese a que la mayoría de voltajes empleados para procesos de soldadura eléctrica son bajos, se considera suficiente para representar una fuente potencial de serios daños en condiciones desfavorables. Los principales riesgos de accidentes son los derivados del empleo de la corriente eléctrica, las quemaduras, incendios y explosión.

El contacto eléctrico directo puede producirse en el circuito de alimentación por deficiencias de aislamiento en los cables flexibles o conexiones a la red o a la máquina en el circuito de soldadura cuando está en vacío.

El contacto eléctrico indirecta suele producirse con la carcasa de la máquina por algún defecto de tensión.

El soldador debe emplear protección facial con certificación de calidad para realizar soldadura por arco eléctrico, el visor posee características que dependen de la intensidad de corriente que se emplea para operar. En cada caso se emplean filtros, pantallas y placas filtrantes cuyas propiedades dependen de la intensidad en el proceso de soldadura. La pantalla indicará la cantidad de amperios para la que está destinada.

Es necesario realizar un chequeo general en el equipo de soldadura porque en el caso de que un cable o conexión no se encuentre en buen estado y el equipo de soldadura trabaje con intensidades de corriente superiores a las de trabajo, a causa del mal funcionamiento, pueden ocurrir descargas que finalicen en pérdidas humanas.

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS EN EQUIPOS DE SOLDADURA

3.1 INTRODUCCIÓN

El esquema de pruebas presentado a continuación ha sido diseñado para comprobar el estado de funcionamiento de una máquina previo a ser destinada a su trabajo cotidiano. Este procedimiento es parte del conjunto de pruebas necesarias para obtener la certificación de una máquina soldadora.

En otras palabras, no se trata de probar el diseño de una máquina, tema ya estudiado, sino el desarrollo de otro tipo de pruebas que aseguren un proceso de soldadura con variables confiables y que a la vez garanticen la seguridad de soldadores, operadores y personal de soldadura.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL CALIBRADOR

Para realizar las pruebas de certificación de las fuentes de potencia de los equipos de soldadura del Laboratorio de Tecnología de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional, se utilizará el equipo de marca Fronius denominado Sistema de Calibración.

Un sistema de calibración sirve para medir y tolerar los valores de trabajo teóricos con los valores reales obtenidos. El examen permite determinar la corriente y voltaje de los instrumentos de medida que poseen los equipos de soldadura y compararlos con sus especificaciones.

Este equipo se encarga de calibrar y medir los valores de corriente y voltaje de trabajo y en vacío, además realiza las curvas estáticas de las máquinas soldadoras.

El sistema está formado por un conjunto de resistencias con el fin de simular el arco eléctrico que se genera en el proceso de soldadura. Las resistencias están conectadas en serie de manera que se puede realizar las pruebas para diversos valores de resistencias.

Un valor alto de resistencia representará una distancia entre la placa y el metal base demasiado grande, es decir que el electrodo estaría demasiado separado del metal base.

3.3 CONTROLES Y TERMINALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

El sistema de calibración consta de las siguientes partes, las cuales están numeradas secuencialmente y corresponden con la numeración de las figuras adjuntas:

- 1. Visualizador de corriente:** Indica el valor momentáneo de corriente de la unidad de soldadura conectada.

2. **Visualizador de voltaje:** Indica el valor instantáneo del voltaje de trabajo del equipo de soldadura conectado.
3. **Interruptor del conjunto de resistencias:** Sirve para encender y apagar el conjunto de resistencias.
4. **Interruptores de carga de las resistencias:** Permite cargar o encender individualmente las resistencias. Al seleccionar estos interruptores se obtiene el valor de resistencia necesario para la prueba, si el equipo no dispone el valor se activa los interruptores cuya suma proporcione el solicitado. Es decir que, se pueden combinar diversos valores con el fin de obtener un valor específico.
5. **Lámpara de temperatura:** Enciende en caso de que la temperatura del refrigerante haya excedido su capacidad.
6. **Selector de medida:** Se utiliza cuando se emplea un equipo de medición externo, el selector permite elegir entre voltaje y corriente dependiendo de la medida a realizarse.
7. **Interruptor de voltaje:** Permite seleccionar el valor de voltaje a medirse, entre: voltaje de circuito abierto U_{peak} y el voltaje de trabajo U_{eff} .
8. **Perilla de voltaje de circuito abierto:** se utiliza para fijar el valor máximo del voltaje en circuito abierto. Se activa sólo cuando el interruptor de voltaje está ubicado en U_{peak} .

- 9. Interruptor para reiniciar:** Para tomar nuevos valores de voltaje en vacío. Se recomienda emplear este interruptor cada vez que se desee una nueva medida.

Los controles hasta aquí mencionados, se pueden observar en el panel frontal del sistema de calibración, como indica la figura 3.1.

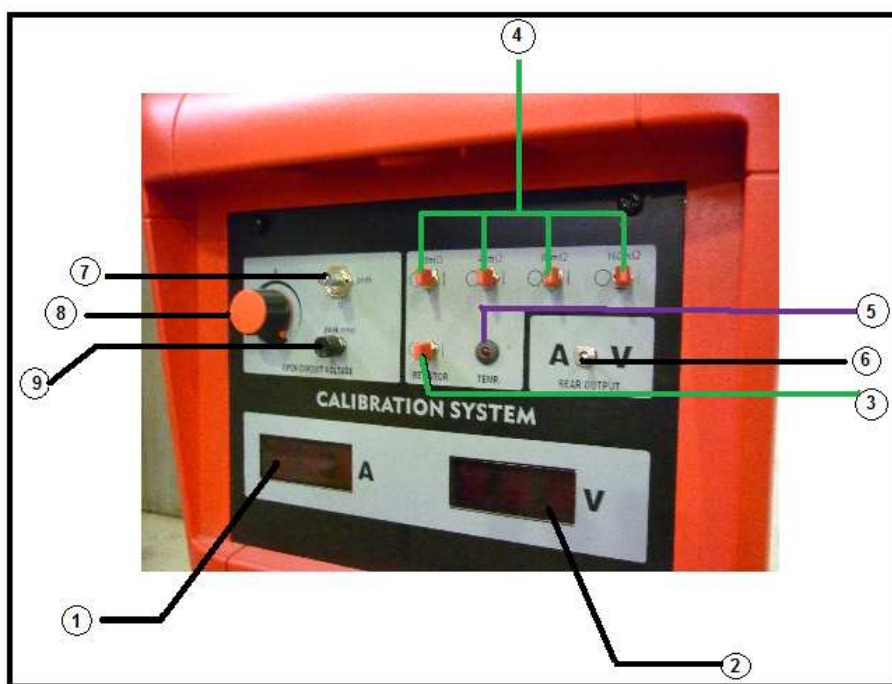


Figura 3-1. Controles del Calibrador

- 10. Conexión del equipo de soldadura:** Conectar el sistema de calibración con las salidas del equipo de soldadura. En la entrada de color rojo se ubica el positivo y en la de color azul el negativo de la soldadora. Fig.3-2
- 11. Conectores de corriente +/-:** Para conectar la soldadora bajo carga y medida de corriente. Ver figura 3-2.

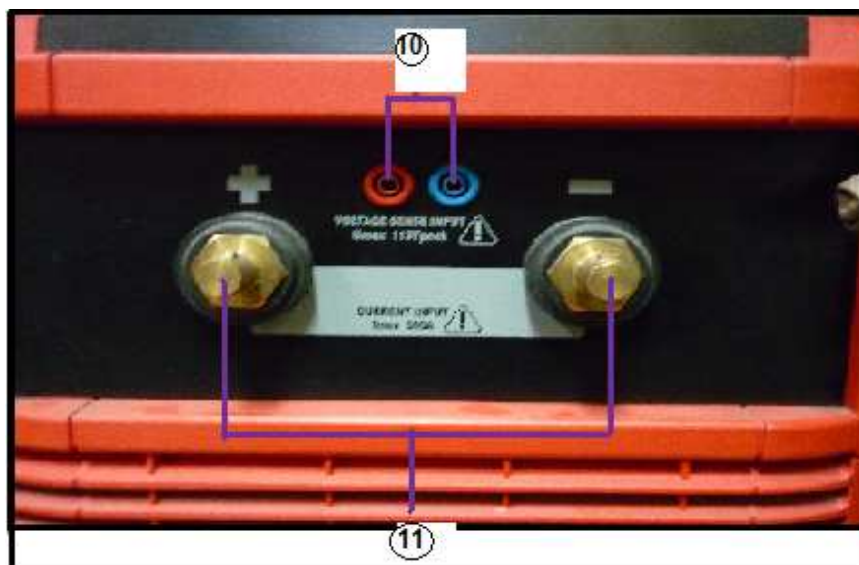


Figura 3-2. Terminales y Conectores

12. Interruptor principal: Sirve para encender y apagar el sistema de calibración. Figura 3-3

13. Interruptor del sistema de enfriamiento: para encender y apagar el sistema de enfriamiento. Figura 3-3

14. Medición de la salida de voltaje: Sirve para medir el voltaje de soldadura con equipo de medición externo. Figura 3-3

15. Medición de la salida de corriente: Permite medir la corriente de soldadura con un equipo externo. Figura 3-3

16. Medición de la salida de voltaje/corriente: permite conectar un equipo de medición externo al calibrador y a la soldadora para tomar medidas de voltaje o corriente de acuerdo a como el interruptor **6** esté ubicado.

17.Enchufes de poder: para conectar el equipo empleado para la calibración. (impresora, computadoras portátil, etc). Figura 3-3

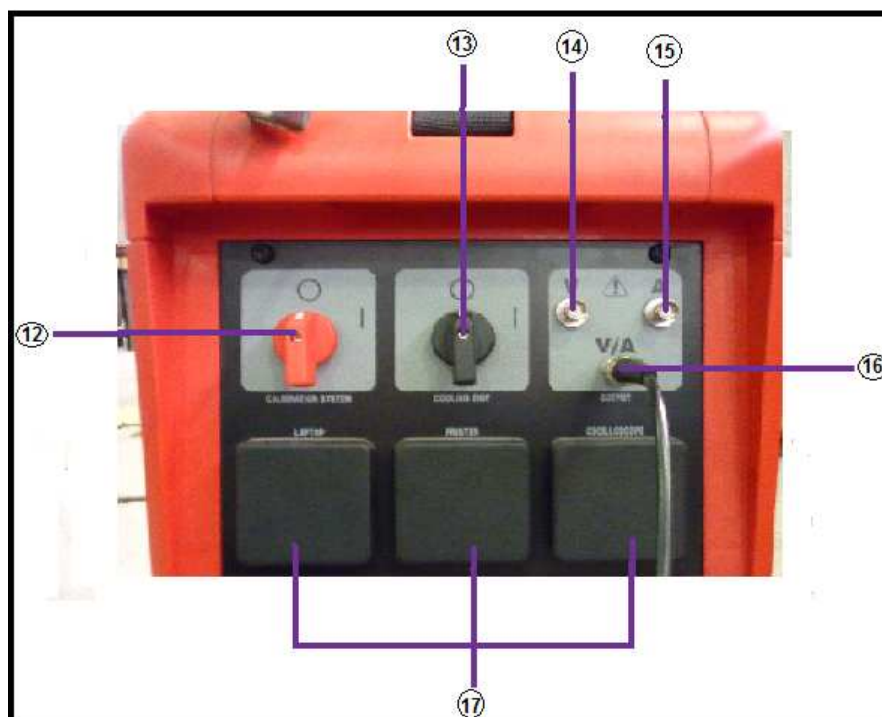


Figura 3-3. Interruptores Principales

18.Fusible F4: Provee energía a los enchufes. Figura 3-4

19.Fusible F1: Se encarga del circuito primario que conforma el sistema de calibración. Figura 3-4

20.Fusible F3: Está a cargo del interruptor magnético. Figura 3-4

21.Fusible F2: Relacionado con el circuito interno del sistema de calibración. Figura 3-4.

22. Conector para control de torcha: Se utiliza al trabajar con procesos MIG/MAG o TIG. Ver Figura 3-4

23. Conector para el botón de inicio: Sirve para conectar el sistema de encendido y apagado de la corriente de soldadura. No se activa a menos que el conector anterior esté en funcionamiento. Figura 3-4

24. Tubería para circulación del agua de enfriamiento. Figura 3-4

25. Tubería para retorno del agua de enfriamiento. Figura 3-4

26. Cable de poder: Se conecta a la red general de energía. Ver Figura 3-4

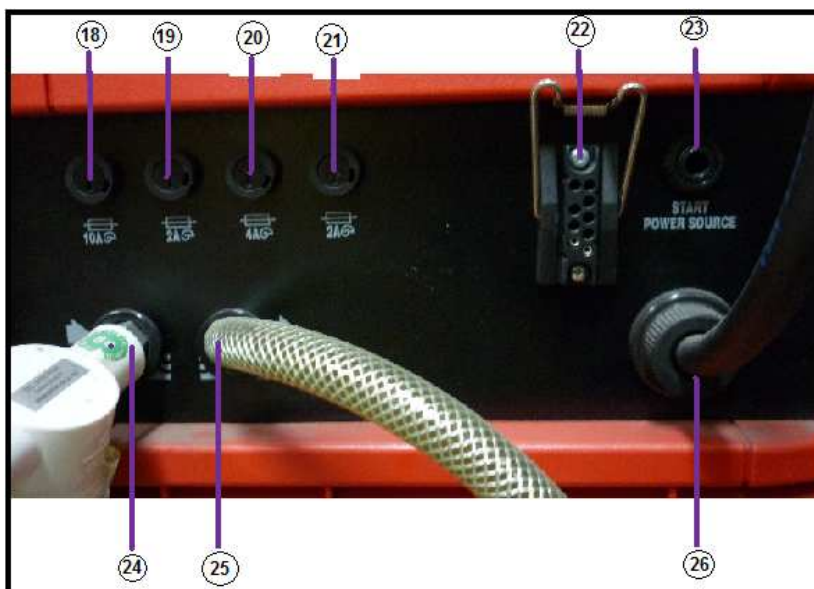


Figura 3-4. Fusibles y Tuberías

3.2.2 ACCESORIOS

27. Cable de medición: Sirve para conectar el sistema de calibración con un instrumento de medición externo. Figura 3-5.



Figura 3-5. Cable para Conexión con Equipos de Medición Externos

28. Cable de conexión del control de torcha. Figura 3-7

29. Pieza de prueba para conectar central Fronius. Figura 3-7

30. Pieza de prueba para conectar central Euro. Figura 3-6

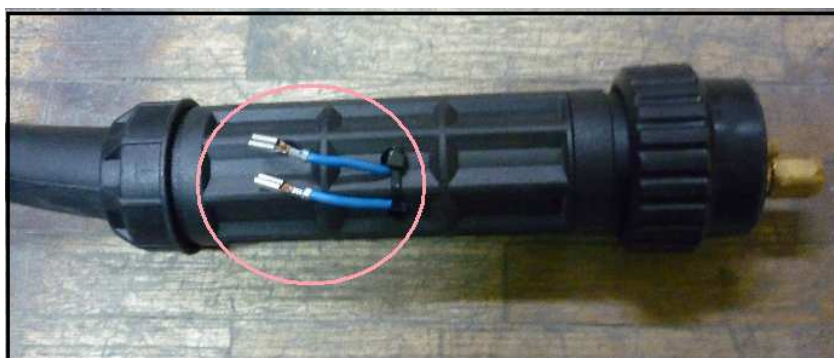


Figura 3-6. Elemento para Conexión Euro

31. Cable de corriente: Permite la conexión entre el calibrador y la salida del equipo de soldadura. Figura 3-7



Figura 3-7. Cable de Conexiones

32. Botón de inicio: Sirve para transmitir la señal producida por los equipos que trabajan en procesos TIG, MIG/MAG. Figura 3-8.



Figura 3-8. Botón de Torcha

33. Tubo para circulación de agua: Se utiliza al conectar la pieza de prueba Euro.

34. Pieza de prueba BNC: Permite conectar la línea de medición más filtro con un instrumento de medida.

35. Filtro de paso bajo: Sirve para filtrar señales de medida en caso de suscitarse señales de alta frecuencia que pueden causar interferencia. Debe conectarse con el final de la línea de medida.

3.2.3 SOFTWARE PARA EQUIPOS DIGITALES

El calibrador de marca Fronius que dispone el laboratorio, incluye un programa digital que registra los datos obtenidos en las pruebas y además elabora las curvas características del equipo calibrado. Ver 3-9, 3-10 y 3-11.

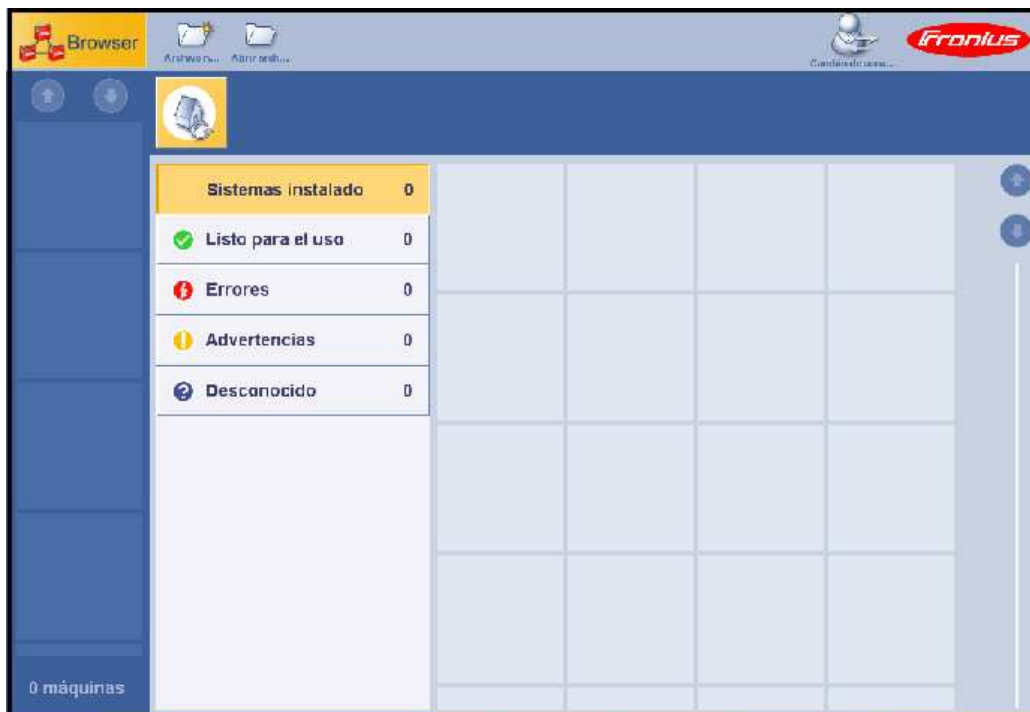


Figura 3-9. Ventana Principal del Software del Calibrador

El programa permite también calibrar el equipo en caso de ser necesario, sin desarmar ni abrir el equipo, es decir sin manipular el potenciómetro manualmente sino con una orden dada en el programa.

Sin embargo este programa puede emplearse únicamente con equipos de soldadura digitales, razón por la cual no es de mayor utilidad en las pruebas realizadas a los equipos de soldadura del laboratorio por cuanto no se dispone de estos equipos.

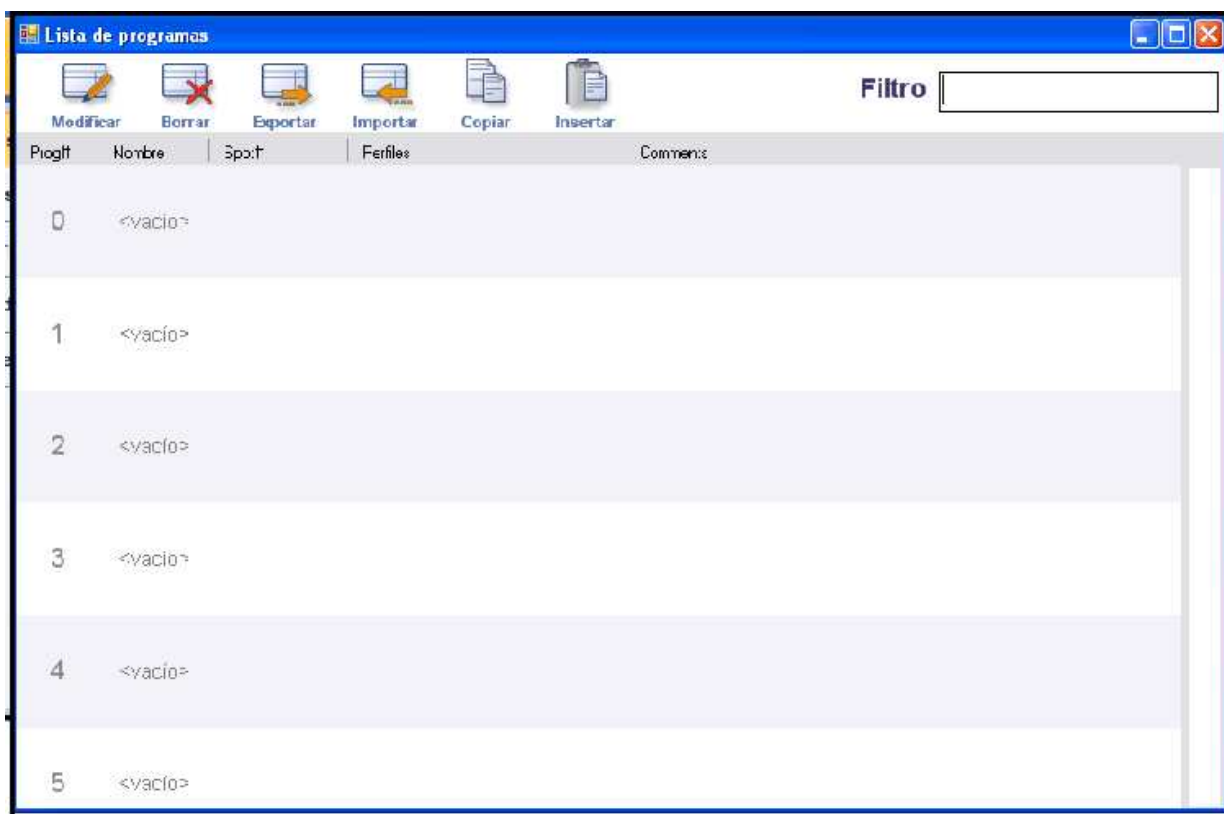


Figura 3-10. Ventana de Trabajo del Calibrador



Figura 3-11. Conexión del Calibrador, Fuente Digital y Software para Proceso de Calibración

3.4 TIPOS DE PRUEBAS QUE SE REALIZAN CON EL CALIBRADOR

El calibrador Fronius que utiliza el laboratorio de soldadura permite realizar tres tipos de pruebas:

3.4.1 PROCEDIMIENTO PARA CERTIFICAR VOLTÍMETROS Y AMPERÍMETROS DE LAS FUENTES DE POTENCIA.

El procedimiento para certificar voltímetros y amperímetros es una de las pruebas que realiza el laboratorio en vista de las exigencias que surgen en la industria.

Certificar el correcto funcionamiento de estos elementos, implica ofrecer mejor calidad en los trabajos de soldadura.

Esta prueba se realiza en base a las normas NEMA EW-1 y EW-2. Utilizando rangos y tolerancias mencionadas en dichas normas.

3.4.2 PROCEDIMIENTO PARA VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA.

Esta prueba incluye dos procedimientos puesto que en caso de no encontrarse en óptimas condiciones el equipo, se procede a realizar la calibración.

Esta prueba se diferencia de la anterior porque no se analiza únicamente los elementos de medida sino también el funcionamiento general del equipo.

Además el informe incluye la gráfica de curvas características y el certificado correspondiente.

3.4.3 PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN DE LA FUENTE DE SOLDADURA

Este procedimiento se refiere a la certificación completa de la fuente de soldadura. Es decir, que no sólo se realizan pruebas con el calibrador sino también las pruebas para certificación requeridas de acuerdo a la norma IEC 60974-1 y a las normas NEMA EW-1 Y EW-3.

Sin embargo, estas pruebas aún no se realizan en el laboratorio de soldadura en vista de que es un proyecto futuro para ampliar la oferta de servicios del laboratorio de soldadura.

3.5 METODOLOGÍA DE PRUEBAS

A continuación se describe la metodología utilizada para realizar las pruebas en los equipos del laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional.

3.5.1 PASOS GENERALES PARA REALIZAR LAS CERTIFICACIONES

- Revisión general del equipo para determinar si tiene daños ocultos (residuos de aceite, combustible, refrigerante, ruido, batería, alternador, arranque, interruptores, apariencia de equipo, generador de corriente AC 110-220V)
- Ejecución de mediciones según procedimientos que sugiere el fabricante en cada uno de los rangos.
- Toma de datos.
- Elaboración de las curvas características.
- Ejecución del informe considerando los datos obtenidos y comprobando con los valores de fábrica.
- Elaboración del certificado de calibración.
- Colocación de la etiqueta de calibración.
- Seguimiento posterior al proceso de calibración

3.5.2 CERTIFICACIÓN DE VOLTÍMETROS Y AMPERÍMETROS

Uno de los requerimientos actuales en la industria son los certificados de amperímetros y voltímetros de una fuente de potencia.

3.5.2.1 Procedimiento de Certificación sin necesidad de Calibración

Esta certificación se realiza de acuerdo a la siguiente secuencia: Figura 3-12

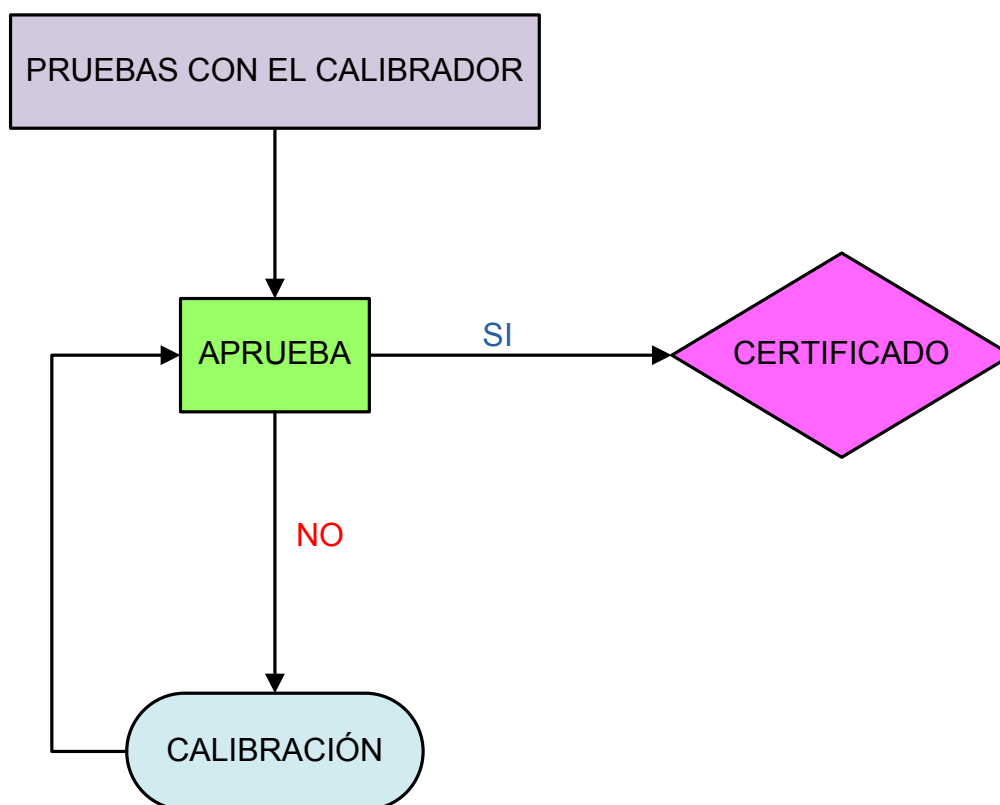


Figura 3-12. Diagrama de Procedimientos para Certificación de Voltímetros y Amperímetros de Fuentes de Potencia

Considerando la secuencia que debe seguir las pruebas en este caso se sigue el siguiente procedimiento:

1. Los equipos deben estar desconectados

2. Conectar los cables del calibrador a las terminales de salida de la fuente de potencia.
3. Conectar el multímetro al calibrador y encenderlo.
4. Encender la fuente de potencia y mantener en funcionamiento durante 10 minutos.
5. Encender el calibrador con el interruptor 12 y el sistema de refrigeración 13.
6. Colocar en la fuente el valor de corriente más alto permitido.
7. Colocar el interruptor de voltaje del calibrador en la posición U_{eff} asignar un valor de resistencia.
8. Encender el interruptor general de las resistencias 3.
9. Tomar los valores que aparecen en las pantallas e indicadores de los tres equipos.
10. Posteriormente colocar el selector de corriente de la fuente en su posición más baja y asignar otro valor de corriente de trabajo (menor a la medida anterior)
11. Seguir el procedimiento anterior hasta obtener cinco mediciones con diferentes valores de corriente de trabajo (menores a la primera)
12. Para tomar cada valor es necesario colocar el selector de corriente en el valor más bajo y luego de unos segundos colocarlo en el valor deseado.
13. Comparar los datos obtenidos y realizar el informe en caso de aprobar.

3.5.2.2 Procedimiento en Caso de ser necesaria la Calibración

Luego de efectuarse el procedimiento anterior y en caso de no aprobar, es necesario realizar un procedimiento de calibración. Para ello se siguen los siguientes pasos:

1. Revisar el manual de servicio del equipo a calibrar.
2. Abrir la fuente para ubicar el potenciómetro.
3. Variar el potenciómetro hasta lograr calibrarlo, tomando como referencia lo indicado en su respectivo manual.
4. Comprobar lo requerido con un multímetro certificado.
5. Armar la fuente, revisando que todo esté bien colocado.
6. Realizar nuevamente el procedimiento 3.4.2.1 y en caso de aprobar se procede a realizar el certificado, caso contrario se repetirá el procedimiento que se acaba de describir.

3.5.3 PRUEBA DE CALIBRACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE FUENTES DE POTENCIA

3.4.3.1 Medida del Voltaje en Circuito-Abierto

1. Los equipos deben estar desconectados.
2. Conectar el cable en la entrada del calibrador (10) (rojo + y azul -) y la salida de la fuente. Figura 3-13



Figura 3-13. Conexiones

3. Para tomar los valores pico de voltaje en circuito abierto, se debe colocar el interruptor (7) en la posición U_{peak} . Mientras que en la fuente de colocarse el valor más bajo (Fig.3-14)



Figura 3-14. Posición del Interruptor para Valores Pico

4. Encender el equipo de soldadura.
5. Encender el calibrador con el interruptor (12) y también el sistema de refrigeración.(Fig.3-3)
6. En la fuente se procede a colocar el valor más alto de corriente permitido.
7. Girar la perilla (8) del calibrador para cargar la fuente de poder con valores en un rango desde 200Ω hasta $5,2k\Omega$. (Figura 3-15)

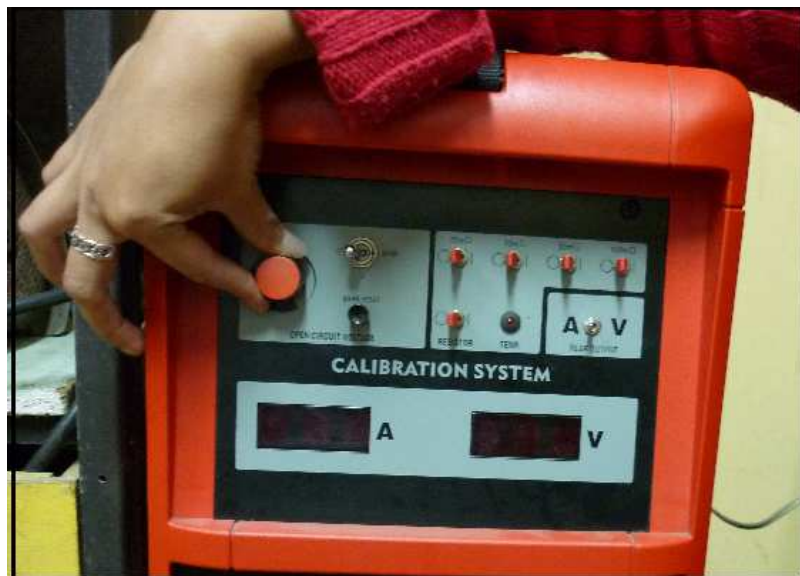


Figura 3-15. Posicionamiento de la Perilla de Corriente

8. Mantener la fuente de carga en el valor más alto indicado en la pantalla, este será el valor pico (OCV).
9. Para tomar una nueva medida pulsar el botón "peak reset" (9) para descargar el equipo. (Fig.3-1)

3.5.3.2 Medida del Voltaje de Trabajo

Seguir los pasos anteriores hasta el punto 5 posteriormente se realizan las siguientes variaciones:

1. La posición estándar de medida de voltaje en el interruptor (7) durante el proceso de calibración es U_{eff} . (Figura 3-16)



Figura 3-16. Posición del Interruptor en U_{eff}

2. Variar las resistencias, que sirven para simular el arco de soldadura, iniciando desde el valor más bajo. Para activar las resistencias mover el interruptor correspondiente (4). (Fig.3-17)



Figura 3-17. Variación de Resistencias

3. Las resistencias trabajan con formato de circuito en serie, es decir, que para obtener valores de resistencia que no proporciona el equipo, se seleccionan los interruptores que al ser sumados resulten el requerido.
4. Después de colocar los interruptores en los valores de resistencia solicitados, encender el interruptor **(3)**. Figura 3-18

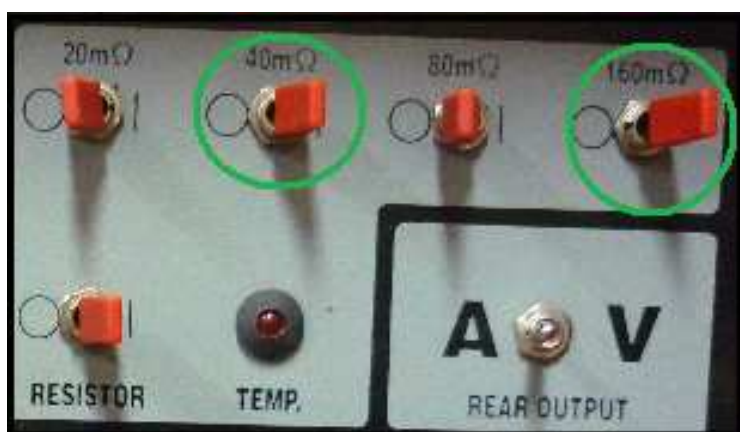


Figura 3-18. Selección de Resistencia

5. Tomar los valores que aparecen en la pantalla.
6. Repetir el proceso desde el punto 10 de acuerdo a la cantidad de medidas que se requieran.

3.5.3.3 Para Conectar un Instrumento de Medida Externo

- Ubicar el interruptor **(6)** de acuerdo a la medida que se vaya a tomar (corriente o voltaje). (Fig.3-1)
- Colocar el cable en espacio correspondiente **(14 o 15)** dependiendo de la medida a tomar. (Fig.3-3)

3.5.3.4 Procedimiento para Apagar el Equipo

1. Los interruptores de las resistencias deben apagarse previo a apagar el equipo de calibración.
2. Colocar la corriente del equipo de soldadura en su mínimo valor y apagarlo.
3. Asegurarse de que el calibrador no esté con carga, dejar unos minutos sin carga y proceder a apagarlo con el interruptor principal (12)
4. Desconectar los equipos de soldadura y de calibración de la línea eléctrica principal.
5. Proceder a desconectar los cables de medición de ambos equipos.

3.5.4 PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN DE FUENTES DE POTENCIA

El procedimiento para certificar fuentes de potencia se realiza de acuerdo a la norma IEC 60974-1 y a las normas NEMA EW-1 Y EW-3, a continuación se enunciarán y definirán las pruebas que deben realizarse para esta certificación puesto que no se puede realizar en el laboratorio.

3.5.4.1 Pruebas Visuales

Como su nombre lo indica estas pruebas se realizan el momento de recepción del equipo. Consiste en revisar el aspecto externo del equipo, incluyendo: carcasa y armazón, corrosión, protección, estado de cables y terminales, estado de pantallas y selectores, interruptores y encendido del equipo, sistema de enfriamiento.

3.5.4.2 Pruebas de Jalón

Esta prueba sirve para demostrar la capacidad que tiene la oreja de un equipo de soldadura para soportar por lo menos su propio peso. La prueba consiste en elevar el equipo sosteniendo de la oreja un cable o cadena a una altura de mínimo 6 pulgadas para probar la capacidad de dicha oreja. La prueba debe repetirse al menos tres veces.

3.5.4.3 Pruebas de Caída

Se realiza elevando la fuente a una altura mínima de 6 pulgada y dejarla caer en sus esquinas del fondo. Se efectúa la prueba tres veces haciendo que cada caída golpee una esquina diferente.

3.5.4.4 Pruebas de Fuerza Externa y Torque

Esta prueba se realiza empleando cordones flexibles, aplicando una fuerza externa durante un minuto.

El cable se coloca en una polea y un dinamómetro, por el otro lado se colocan pesas.

3.5.4.5 Pruebas de Puesta a Tierra

Es necesaria realizar esta prueba en todas las partes conductivas expuestas que serán energizadas produciendo contacto metal con metal y conectados a elementos de puesta a tierra comunes.

3.5.4.6 Medición de Rangos de Entrada y Salida

La corriente de entrada se mide cuando el equipo está operando con voltaje de entrada nominal y frecuencia nominal y se determina a la salida nominal.

Para una fuente de poder que tiene salida de corriente continua, la corriente y voltajes de carga se expresan como valores promedio.

Para una fuente cuya salida es de corriente alterna los valores de corriente y voltaje de carga se expresan como valores rms.

3.5.4.7 Pruebas de Temperatura

Las pruebas de temperatura deben realizarse en los equipos de acuerdo a las especificaciones de la norma NEMA EW-1.

Estas mediciones se realizan en los equipos tomando las temperaturas de los mismos cuando están trabajando o con carga hasta obtener una temperatura constante en los elementos del equipo.

Existen algunos métodos para realizar estas pruebas, entre ellos se encuentran:

- Método del Termómetro
- Método de Resistencia
- Método de Termocupla

Adicionalmente se debe considerar la temperatura del ambiente, la temperatura del aire de enfriamiento durante la prueba. Corrección de la temperatura por el tiempo de parada.

3.5.4.8 Pruebas de Alto Potencial

Las pruebas de alto potencial deben considerar los siguientes puntos:

- Voltaje de Prueba
- Duración de la Aplicación del Voltaje a Prueba
- Puntos de Aplicación del Voltaje de Prueba

Las pruebas de alto potencial se aplican a componentes y accesorios y en líneas de producción, empleando diferentes procedimientos especificados en la norma.

3.5.4.9 Eficiencia y Factor de Potencia

Para verificar la eficiencia y factor de entrada se consideran condiciones de entrada y salida. Además es importante para esta prueba la temperatura, medida de acuerdo a la prueba anterior 3.4.4.5, y las diferentes pérdidas que se pueden obtener. Para determinar la eficiencia se realizan mediciones de la potencia de entrada y de salida.

El factor de potencia se obtiene midiendo voltaje y corriente de entrada y empleando un medidor de factor de potencia.

3.6 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS

El proceso de pruebas se refiere a los pasos a seguir para realizar el proceso de calibración de una fuente de potencia de acuerdo a las características de la máquina.

3.6.1 DENOMINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ACUERDO A FRONIUS

FRONIUS que es la marca del calibrador con el cual trabaja el laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional, ha determinado los procesos y rangos de calificación para calibrar y certificar una fuente de soldadura en base a la norma IEC 60974-1.

Los códigos son los siguientes:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● <i>SERIES WTU</i> | <ul style="list-style-type: none"> → - SMAW convencional → - TIG convencional |
| <ul style="list-style-type: none"> ● <i>TP</i> (Trans pocket) | <ul style="list-style-type: none"> → - SMAW (inversores) |
- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● <i>SERIE VST</i> (Vario Star) | <ul style="list-style-type: none"> → - GMAW convencional |
| <ul style="list-style-type: none"> ● <i>VS</i> (Vario Synergic) | <ul style="list-style-type: none"> → - GMAW sinérgico |
| <ul style="list-style-type: none"> ● <i>TPS</i> (Trans Puls Synergic) | <ul style="list-style-type: none"> → - GMAW digital |
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● <i>SERIE TT</i> (Trans TIG) | <ul style="list-style-type: none"> → - GTAW digital DC |
| <ul style="list-style-type: none"> ● <i>MW</i> (Magic Wave) | <ul style="list-style-type: none"> → - GTAW digital AC/DC |

3.6.2 PRUEBAS PARA EQUIPOS MANUALES

Los equipos manuales presentan características de caída, a este grupo pertenecen los equipos que realizan proceso de soldadura SMAW y GTAW.

Para efectuar el proceso de calibración en este grupo se siguen los siguientes pasos:

3.6.2.1 Conexiones

En primer lugar se debe considerar que ambos se encuentren desconectados de la línea general de electricidad de manera que se evite cualquier tipo de accidente.

Las conexiones se efectuarán de acuerdo a lo mencionado en la metodología de pruebas, es decir, que los cables se conectan a los terminales de salida correspondientes de la fuente de soldadura. Como se indica en la figura 3-19

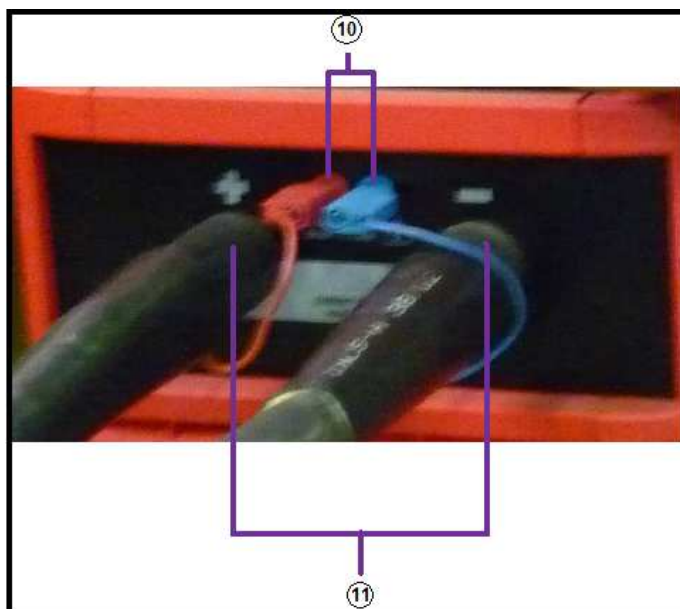


Figura 3-19. Conexiones del Calibrador a la Fuente

3.6.2.2 Valores de OCV

Para empezar la calibración se enciende primero la fuente colocando siempre los valores más bajos de corriente. Posteriormente se enciende el calibrador.

Colocar en la fuente, el valor más alto de corriente permitido y variar la perilla del calibrador para obtener el valor pico, como se indica en el punto 3.3.2. Si se considera necesario pueden tomarse dos o tres veces estos valores para comprobación.

3.6.2.3 Valores de Voltaje y Corriente de Trabajo

Los rangos de corriente y voltaje que se consideran para certificar una fuente de potencia y para realizar las pruebas en los equipos del Laboratorio de Soldadura son los determinados por Fronius que trabaja en base a la norma IEC 60974-1.

Para el caso de equipos de soldadura SMAW y GMAW convencionales, se realizarán tres mediciones, de manera que se puedan obtener curvas más acertadas, en cada uno de los siguientes rangos: ver Anexo B

Tabla 3-1: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo WTU140

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de	30-50 A	M1	7A
	80-100 A	M2	12A

Soldadura	120-140 A	M3	17A
Voltaje de Soldadura	-----	M4	-----
	-----	M5	-----
	-----	M6	-----
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-2: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo WTU190

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	30-50 A	M1	7A
	80-100 A	M2	12A
	170-190 A	M3	22A
Voltaje de Soldadura	-----	M4	-----
	-----	M5	-----
	-----	M6	-----
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-3: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo WTU205

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	30-50 A	M1	7A
	90-110 A	M2	13A
	180-200 A	M3	23A
Voltaje de Soldadura	-----	M4	-----
	-----	M5	-----
	-----	M6	-----
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-4: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo WTU305

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	30-50 A	M1	7A
	140-160 A	M2	18A
	280-300 A	M3	33A
Voltaje de Soldadura	-----	M4	-----
	-----	M5	-----

	-----	M6	-----
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

3.6.2.4 Calibración

Si un equipo proporciona valores que no cumplen con alguno de los rangos establecidos debe ser calibrado. Para efectuar la calibración de equipos de marcas diferentes a FRONIUS se debe revisar el manual de operaciones del equipo y seguir según lo señale.

Por lo general, se debe abrir la fuente y variar el potenciómetro hasta calibrarlo de acuerdo a los valores que indique el fabricante de la fuente.

Si los valores obtenidos con la prueba resultan dentro de los rangos establecidos, entonces se procede a certificar y emitir los informes correspondientes. Detallados en el capítulo siguiente.

3.6.2.4.1 Revisiones que deben incluirse en el Proceso de Calibración

Los equipos y fuentes de soldadura requieren de un mantenimiento continuo. El proceso de mantenimiento para equipos calibrados y certificados se detalla a continuación:

- Revisión general y visual del equipo.
- Desarme íntegro de los elementos eléctricos

- Revisión de diodos, mediante pruebas de continuidad empleando un multímetro.
- Revisión de puentes rectificadores, toma de medidas con multímetro.
- Revisión de resistencias, empleando multímetro.
- Revisión de relé, aplicando pruebas de continuidad.
- Revisión de circuitos principal y secundario, verificando el buen estado de componentes.
- Revisión de reóstato
- Revisión de selector y ajuste de la máquina
- Revisión total de cableado y conexiones principales, revisar el estado de cables.
- Revisión de horómetro y luces indicadores, comprobar buen funcionamiento con multímetro.
- Revisión de receptáculo 220/110 V

3.6.3 PRUEBAS PARA EQUIPOS SEMIAUTOMÁTICOS Y AUTOMÁTICOS

En el caso de estos equipos, se conoce que son de características planas, en este grupo se incluye los procesos: GMAW, FCAW y SAW.

El procedimiento para probar estos equipos varía en las conexiones y toma de ciertos datos como se detalla a continuación.

3.6.3.1 Conexiones

Los equipos deben estar desconectados de la fuente principal de energía. La diferencia en esta conexión es que los cables de entrada del calibrador (10 y 11) se unirán con la extensión especial Euro que se colocará en la salida del equipo, es decir en la conexión destinada a la torcha.

La extensión Euro se conecta al positivo del calibrador y tiene adaptado unos pequeños cables que se conectarán con el botón que da impulsos simulando el proceso de soldadura. Como indica la figura 3-20.



Figura 3-20. Conexiones Especiales para Equipos Semiautomáticos

El negativo se conectará con la conexión a tierra de la soldadora como en el caso anterior. Figura 3-21



Figura 3-21. Conexiones Equipos Semiautomáticos

El botón servirá para dar señales que simularán el trabajo del equipo, cada accionar del botón permitirán tomar los diferentes datos.

Para tomar los datos con diversos valores de corriente es necesario que al terminar cada conjunto de datos se apaguen las resistencias con el interruptor 3, mientras se elije el valor de resistencias, la corriente de la fuente debe estar en su valor mínimo y antes de iniciar la prueba colocar la corriente en el valor deseado, tomar los datos y repetir según lo mencionado las veces que se requiera.

3.6.2.2. Rangos de Prueba

Los rangos que se consideran en las pruebas para estos equipos son: Anexo B

Tabla 3-5: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo VST 267

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	40-60 A	M1	4A
	140-160 A	M2	5A
	240-260 A	M3	7A
Voltaje de Soldadura	14-20 V	M4	0,5V
	24-29 V	M5	0,5V
	32-38 V	M6	0,6V
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-6: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo TPS330, TPS330-2

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	40-60 A	M1	4A
	140-160 A	M2	5A
	310-330 A	M3	8A
Voltaje de Soldadura	20-22 V	M4	0,5V
	25-27 V	M5	0,5V
	30-32 V	M6	0,6V
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-7: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo TPS450, TPS450-2

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	40-60 A	M1	4A
	210-230 A	M2	6A
	435-450 A	M3	10A

Voltaje de Soldadura	20-22 V	M4	0,5V
	25-27 V	M5	0,5V
	30-32 V	M6	0,6V
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-8: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo TPS2700

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	27 A	M1	2A
	135 A	M2	2,7A
	270 A	M3	5,4A
Voltaje de Soldadura	10 V	M4	0,150V
	25 V	M5	0,225V
	40 V	M6	0,300V
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-9: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo TPS4000

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	40 A	M1	2A
	200 A	M2	4A
	400 A	M3	8A
Voltaje de Soldadura	10 V	M4	0,150V
	25 V	M5	0,225V
	40 V	M6	0,300V
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

Tabla 3-10: Rangos de Variables consideradas para Equipos tipo TPS5000

VARIABLE	RANGO	DENOMINACIÓN	TOLERANCIA MÁXIMA
Corriente de Soldadura	50 A	M1	2A
	250 A	M2	5A
	500 A	M3	10A
	10 V	M4	0,150V

Voltaje de Soldadura	25 V	M5	0,225V
	40 V	M6	0,300V
Voltaje en Circuito Abierto	-----	M7	-----

3.7 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MARCHA

El procedimiento para determinar los factores de marcha de los equipos de soldadura se realiza de acuerdo a la norma IEC 60974-1 (Ver Anexo A) la cual es considerada para equipos en fabricación y para procesos de certificación.

Para realizar esta prueba se considera un ambiente a 40°C, en caso de realizarse en una temperatura diferente los resultados obtenidos deberán interpolarse a la temperatura antes establecida.

Este ensayo se describirá de manera teórica en vista de que no se presentaron las condiciones necesarias para realizarlo experimentalmente.

El tiempo determinado para probar un factor de marcha es de 10 minutos, aún no se ha encontrado una manera para reducir el tiempo y optimizar el ensayo.

Para iniciar, el equipo debe estar frío es decir, sin trabajar previo a la prueba. El valor de corriente del equipo de soldadura debe estar en su máximo valor hasta que ocurra una de las siguientes opciones:

- a. Que se accione la protección térmica
- b. Que se alcance los límites de temperatura en los bobinados
- c. Un período de 10 minutos ha sido alcanzado.

Al activarse y reiniciarse el sistema de protección térmica en a. o después de b. o c, debe realizarse uno de las siguientes pruebas:

1. Para equipos con características de caída: El valor de corriente debe ser el más alto que se pueda disponer. Posteriormente se carga la fuente 60 veces con un pequeño corto circuito, con una resistencia externa entre $8\text{m}\Omega$ y $10\text{m}\Omega$ por 2s, seguido por una pausa de 3s.
2. En el caso de equipos con características planas: Se carga una vez con el valor que representa el 1,5 de la corriente máxima, por un lapso de 15s. Para equipos que poseen dispositivos de protección, los límites de corriente serán menores que 1,5 veces la corriente máxima medida, la prueba se realizará en el máximo valor de corriente permitida.

3.8 RESULTADOS OBTENIDOS

El procedimiento de calibración y certificación de fuentes de potencia de equipos para soldadura se efectuó en los equipos del laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo los siguientes resultados:

3.8.1 EQUIPOS PARA SOLDADURA MANUAL O DE CARACTERÍSTICAS DE CAÍDA

El laboratorio dispone de equipos para procesos SMAW y GTAW, los resultados de todos los equipos pueden observarse en el Anexo C.

Como ejemplo se utiliza los resultados de una soldadora LINCOLN IDEALARC 250. Para las pruebas se consideran los valores obtenidos en la pantalla del equipo, los datos que proporciona el calibrador y finalmente los datos tomados por un multímetro certificado. Figura 3-22.



Figura 3-22. EQUIPO LINCOLN IDEALARC 250

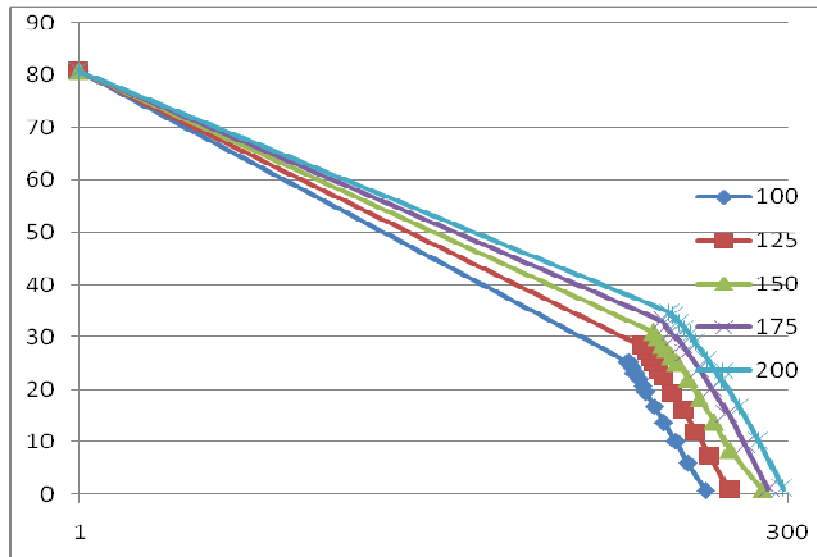


Gráfico 3-1: Gráfico de los Resultados Obtenidos en el Equipo LINCOLN IDEALARC 250

TABLA 3-11: Resultados Obtenidos en el Equipo LINCOLN IDEALARC 250

	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE
	75A		105A		120A		150A		200A	
Voltaje CC	0,3	68,5	0,5	98	0,5	109,3	0,6	131,7	0,7	185,2
	3,1	67,9	4,4	96,2	4,8	105,8	5,8	128	7,8	173,2
	5,8	67,4	8,2	94,3	9	104	10,7	124,3	13,8	161,2
	8,5	66,3	11,7	92,2	12,9	101,2	15,2	119,5	18,8	149,4
	10,9	65,1	15,1	90,2	16,4	98,4	19	113,9	23,2	139,4
	13,3	64,1	18,2	87,7	19,9	95,5	22,7	110,6	26,9	130
	14,5	63,5	19,9	87,3	21,5	94,3	24,7	108,6	28,9	127
	15,6	62,3	21,4	86,1	22,9	92,5	26,1	105,8	30,5	123,2
	16,8	62,4	22,8	84,9	24,2	90	27,6	103	31,8	118,9
	17,8	61,9	24	83,3	25,5	89,4	29,4	101,5	33,3	115
	18,9	61,2	25,5	82,5	26,9	87,7	30,8	100	34,5	111,6
OCV	83,9	0	83,9	0	83,9	0	83,9	0	83,9	0

TABLA 3-12: Resultados Obtenidos con el Calibrador para un Equipo LINCOLN IDEALARC 250

	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE
	100A		125A		150A		175A		200A	
Voltaje CC	0,6	153	0,7	185	0,8	220	0,9	255	0,9	284
	5,8	132	7	158	8,1	186	9,2	210	10	229
	10	120	11,8	141	13,7	163	15,3	181	16,6	198
	13,5	109	15,8	127	18	145	20	161	21,5	163
	16,5	100	19,1	116	21,8	133	23,8	144	25,5	154
	19,3	95	22,2	108	24,9	121	26,8	130	28,7	140
	20,5	92	23,4	104	26,1	116	28,2	125	30,2	134
	21,9	89	24,8	101	27,5	112	29,5	120	31,4	128
	23	87	25,9	98	28,5	107	30,6	115	32,5	122
	24	84	27	94	29,5	104	31,8	111	33,7	118
	25	82	28	92	30,7	100	32,8	107	34,5	113
OCV	80,7	0	80,7	0	80,7	0	80,7	0	80,7	0

TABLA 3-13: Resultados Obtenidos con el Multímetro para un Equipo LINCOLN IDEALARC 250

	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	VOLTAJE	CORRIENTE	CORRIENTE	VOLTAJE
	100A		125A		150A		175A		200A	
Voltaje CC	0,6	152,8	0,7	185,3	0,8	221	0,9	253,5	0,9	282,5
	5,8	132,4	7	156,9	8,1	185,9	9,2	209,8	10	228,1
	10	119,7	11,8	141,3	13,7	162,6	15,3	180,4	16,6	197,2
	13,5	109,2	15,8	127,2	18	144,8	20	159,5	21,5	163,1
	16,5	100,5	19,1	115,7	21,8	131,9	23,8	144,5	25,5	153,4
	19,3	94,7	22,2	108,2	24,9	121,3	26,8	130	28,7	140,3
	20,5	92,3	23,4	103,4	26,1	115,7	28,2	125,8	30,2	134,3
	21,9	88,9	24,8	101,1	27,5	112,3	29,5	120,4	31,4	126,9
	23	87,4	25,9	96,9	28,5	105,8	30,6	115,2	32,5	121,2
	24	83,8	27	93,4	29,5	104,3	31,8	110,3	33,7	117,2
	25	82,4	28	91,4	30,7	100	32,8	106,4	34,5	112,3
OCV	80,7	0	80,7	0	80,7	0	80,7	0	80,7	0

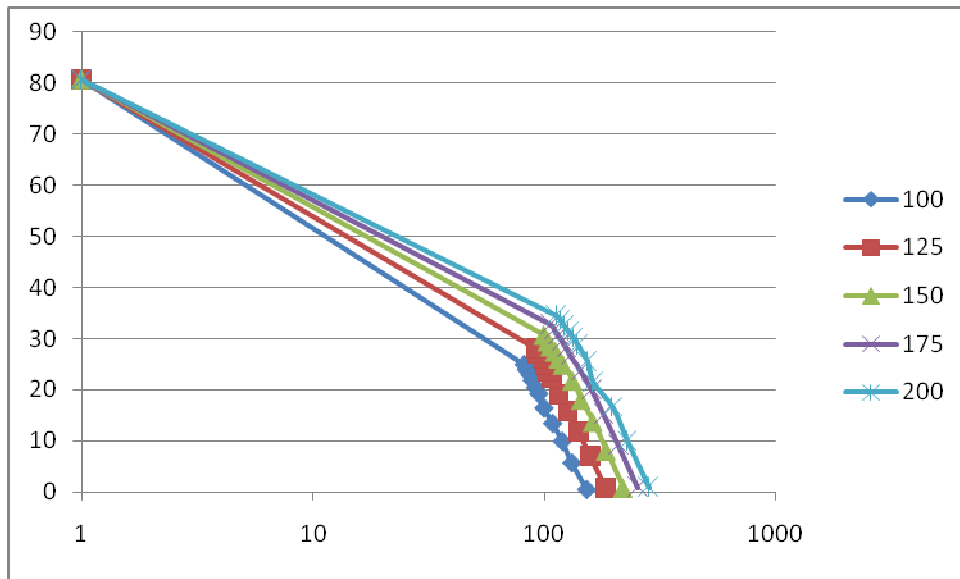


Gráfico 3-2: Gráfico de los Resultados Obtenidos con el Calibrador para el Equipo LINCOLN IDEALARC 250

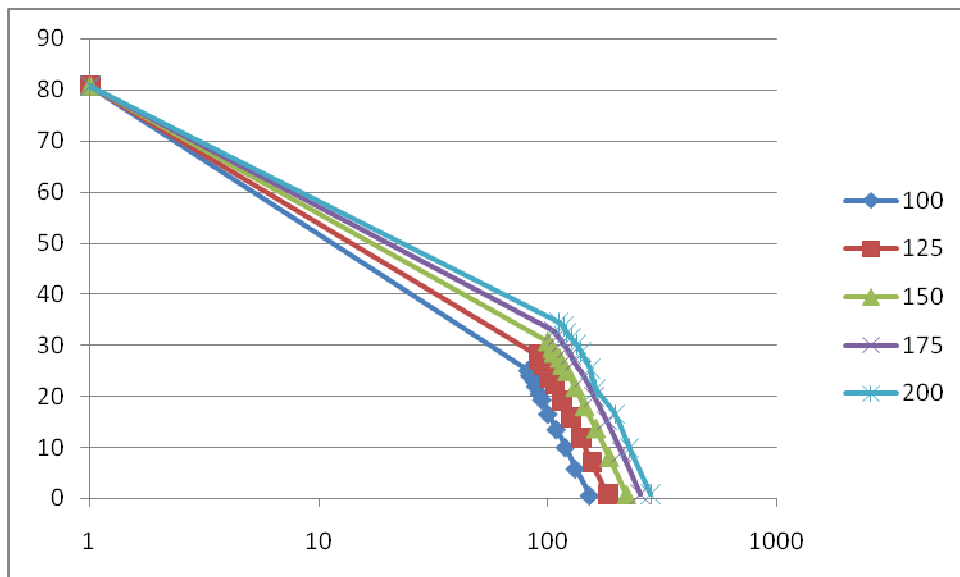


Gráfico 3-3: Gráfico de los Resultados Obtenidos con el Multímetro para el Equipo LINCOLN IDEALARC 250

3.8.2 EQUIPOS PARA SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA O DE CARACTERÍSTICAS PLANA

El ejemplo utilizado en este grupo será un equipo marca ESAB para proceso GMAW y FCAW. En este equipo las pruebas se realizaron en las dos potencias que el equipo dispone, los resultados presentados a continuación corresponden al nivel 1 o baja potencia. Los otros resultados pueden observarse en el Anexo C.

Se puede observar el equipo en la Figura 3-23



Figura 3-23. ESAB Smashweld 316

Los rangos de medición empleados son los correspondientes a un equipo VST267, tabla 3-5.

Tabla 3-14: Resultados Obtenidos para una Baja Corriente en un Equipo ESAB SMASHWELD 316

Resistencia	Fuente		Calibrador		Multímetro		Rango
	Voltaje V	Corriente A	Voltaje V	Corriente A	Voltaje V	Corriente A	
mΩ	35,18	0	35,18	0	35,18	0	
240	10	40	11,1	40	11	38,4	I
200	10	44	10,7	46	10,8	45,9	I
160	9,6	56	10,4	56	10,4	57,4	I
60	8,4	116	8,3	124	8,6	126	II
40	8	152	7,3	162	7,5	164	II
20	6,8	204	5,5	235	5,2	239	III

Tabla 3-15: Resultados Obtenidos para una Corriente Media en un Equipo ESAB SMASHWELD 316

Resistencia	Fuente		Calibrador		Multímetro		Rango
	Voltaje V	Corriente A	Voltaje V	Corriente A	Voltaje V	Corriente A	
mΩ	35,18	0	35,18	0	35,18	0	
240	12	44	13,1	46	13	48,2	I
200	11,6	56	12,7	54	12,9	56,4	I
180	11,6	52	12,5	60	12,2	60,3	I
160	11,6	68	12,2	66	12,4	68,2	I
60	10	144	9,8	146	9,9	149	II
20	8	232	6,5	275	6,7	280	III

Tabla 3-16: Resultados Obtenidos para una Alta Corriente en un Equipo ESAB SMASHWELD 316

Resistencia	Fuente		Calibrador		Multímetro		Rango
	Voltaje V	Corriente A	Voltaje V	Corriente A	Voltaje V	Corriente A	
mΩ	35,18	0	35,18	0	35,18	0	I
280	15,2	44	16,8	50	16,7	53,2	I
260	15,2	52	16,6	54	16,7	57	I
240	14,8	56	16	58	16,6	60,7	I
80	13,2	116	13,4	146	13,4	151	II

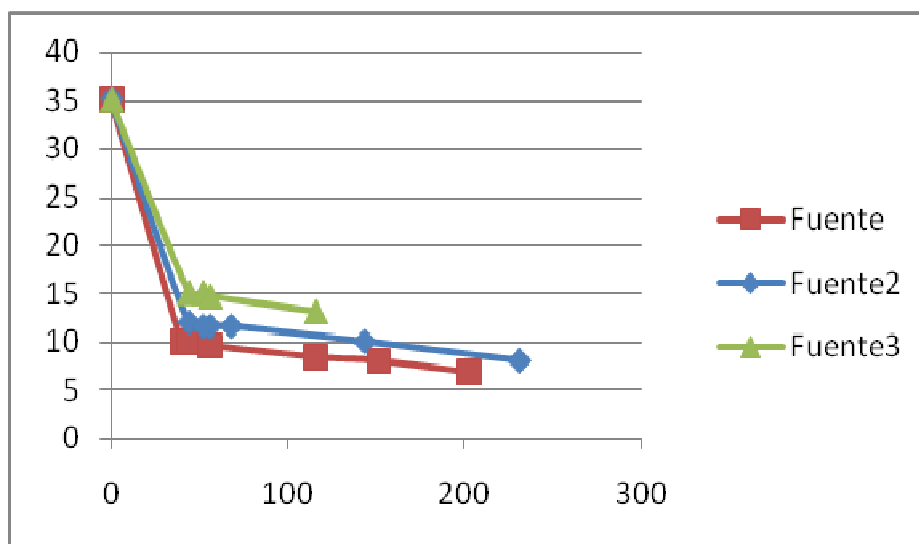


Gráfico 3-4: Gráfica de comparación de datos tomados de la Fuente a tres valores de corriente.

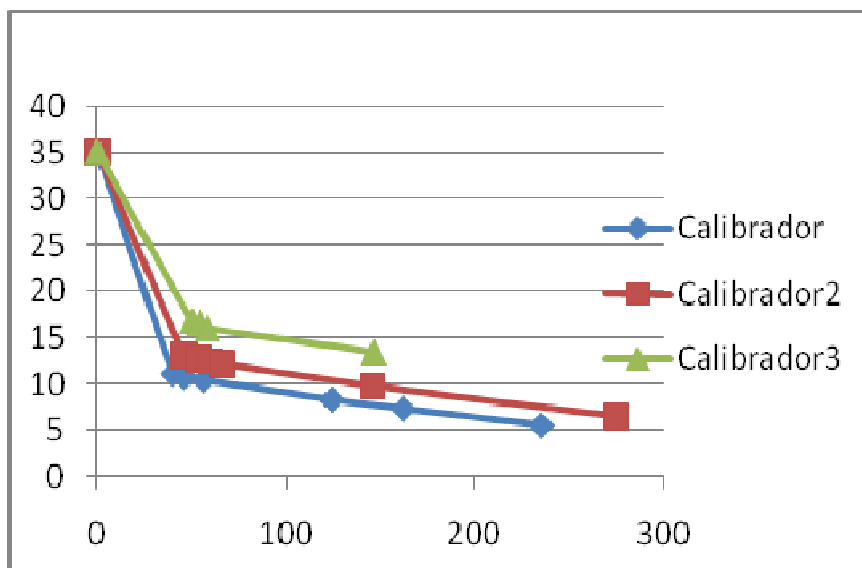


Gráfico 3-5: Gráfica de comparación de datos tomados del Calibrador a tres valores de corriente.

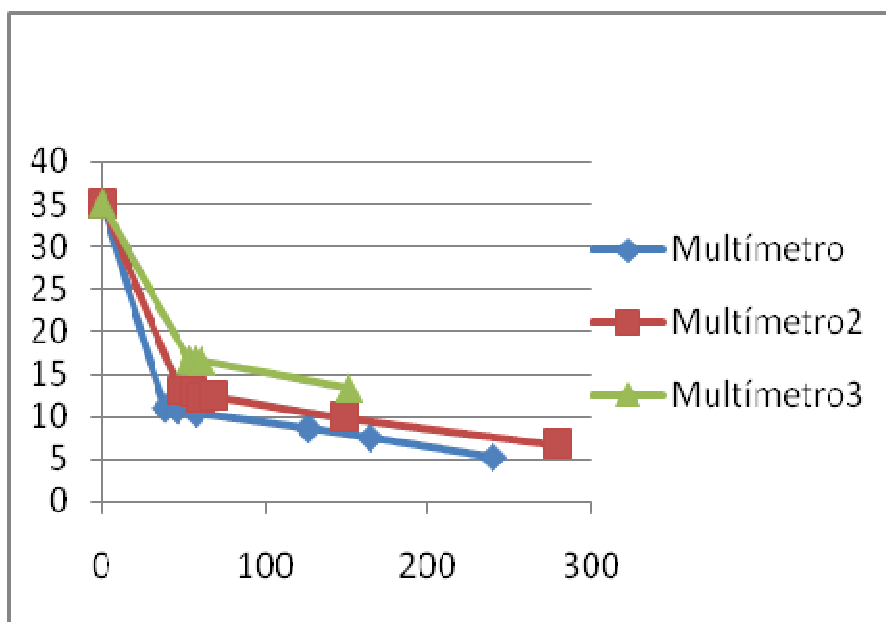


Gráfico 3-6: Gráfica de comparación de datos tomados del Multímetro a tres valores de corriente.

3.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.9.1 LINCOLN IDEALARC 250

Para el análisis de la fuente de potencia marca LINCOLN IDEALARC 250 propiedad del laboratorio de soldadura de la Escuela Politécnica Nacional, se emplea las tablas WTU205, en base a esta tabla 3-3 y a la tabla de datos 2-12 se concluye que el equipo analizado cumple con las medidas dentro de los rangos establecidos para certificar su calibración.

Las gráficas obtenidas demuestran la característica de caída del equipo sin mostrar grandes alteraciones, además se prueba experimentalmente la forma de las curvas características del equipo que concuerda con lo teórico.

Sin embargo realizando el análisis bajo el punto de vista de certificación de amperímetro y voltímetro se concluye que este equipo, obtiene la certificación porque al trabajar con una corriente de 200A, el indicador del calibrador muestra un valor de 198A, la tolerancia permitida es de 23A, es decir, que la diferencia no es considerable para dar por negada la certificación.

3.9.2 ESAB SMASHWELD 316

Para este análisis y certificación se emplean las tablas 3-5 y las tablas 3-14 hasta la 3-16. Se emplearon tres tipos de corriente de trabajo en cada una de las potencias del equipo.

Las tablas 3-14, 3-15 y 3-16 se tomaron en la posición de potencia más baja. Para certificar las fuentes es necesario únicamente un valor en cada rango de medición sin embargo se han realizado varios para poder diseñar las curvas características.

En las tablas 3-14 y 3-16 se observa que las mediciones para rangos I y II si se cumplen pero no hay un valor que cumpla en el rango III.

En la tabla 3-15 por el contrario no se obtuvo un resultado que cumpla con los valores establecidos en el rango II.

De acuerdo a lo expresado anteriormente se resuelve que es necesaria una calibración del potenciómetro de este equipo.

Con respecto a la certificación de amperímetro y voltímetro del equipo como se observa en la tabla 3-16 al emplear una resistencia de $80\text{m}\Omega$ existe una diferencia de 30A entre lo que indica el calibrador y lo que presenta la fuente, es decir, supera la tolerancia permitida que es de 7A.

Por lo tanto, tampoco se puede certificar estos elementos se requiere una revisión y control tanto del amperímetro como del voltímetro.

3.10 MANUAL DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN

El manual de seguridad del sistema de calibración disponible en el Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional permite mantener en buen estado el

equipo y aprovecharlo de mejor manera. Además reduce el riesgo de reparación prematura.

1. Realizar la conexión entre la fuente de potencia y el sistema de calibración cuando ambos están desconectados de la fuente principal de electricidad.
2. Para encender el calibrador es necesario que el selector de corriente de la fuente de potencia se encuentre en el valor mínimo.
3. Encender el sistema de refrigeración del calibrador inmediatamente después de encender el interruptor principal. No se debe trabajar sin el sistema de enfriamiento.
4. No desconectar el calibrador de la fuente general de electricidad mientras está encendido. Se pueden afectar los interruptores magnéticos internos porque el sistema se encuentra cargado eléctricamente.
5. Antes de apagar totalmente el calibrador verificar que los interruptores de resistencias, general y selectores, se encuentren apagados.
6. Revisar que las condiciones del lugar en el que se emplea el calibrador se encuentre limpio y seguro.
7. El calibrador no debe utilizarse con una corriente superior a los 500A puesto que pueden dañarse las resistencias y/o los relés pueden quemarse.

CAPÍTULO IV

ELABORACIÓN DEL FORMATO DE LOS INFORMES DE CALIBRACIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS INFORMES

El proceso de calibración está respaldado por un grupo de informes que se presentará posterior a las pruebas realizadas.

Previo a la realización del proceso de calibración en un equipo de soldadura debe realizarse una revisión visual y el correspondiente reporte de inspección visual.

La obtención del informe y aprobación del equipo dependerá de las buenas condiciones del mismo y de que el funcionamiento cumpla con lo estipulado en las normas, es decir, que el ensayo de calibración no detecte fallas o defectos considerables.

Los parámetros destacables y mencionados tanto en el informe inicial o reporte de inspección como para los informes finales, a partir de este momento se conocerán como información básica de la fuente y son:

- Marca
- Condiciones de entrada

- Dueño o Propietario de la Máquina
- Corriente y voltaje de trabajo
- Voltaje en vacío (OCV)
- Tipo de fuente
- Modelo
- Serie
- Proceso(s)
- Año de fabricación

Los parámetros mencionados entre otros se detallarán en los puntos siguientes, puesto que se consideran importantes para el adecuado desempeño del trabajo y de la calificación.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS FORMATOS

El proceso de calibración y certificación de fuentes de potencia para equipos de soldadura que se realizarán en el Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional se consideran en varios tipos de formatos dependiendo del procedimiento a seguir: uno de ellos que se tomará como común para los tres casos de certificación se denomina reporte de inspección visual y el otro para la presentación del informe final de certificación.

A continuación se detalla cada de uno de los formatos mencionados y los parámetros que en ellos se considera.

4.2.1 REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL

El reporte de inspección visual que antecede al ensayo de calibración y certificación contiene la siguiente información que deberá ser realizada por la persona encargada de realizar la prueba.

El reporte contiene los siguientes datos:

4.2.1.1 Encabezado

En esta sección se incluirá información necesaria para el proceso de recepción del equipo. Los datos requeridos son: (Ver figura 4-1)

- Fecha y hora de recepción
- Nombre de quien recibe el equipo a ensayar
- Número de orden de trabajo y nombre de la empresa o propietario

REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL	
Orden de trabajo No: Empresa/Propietario: Recibido por:	Fecha de recepción: Hora de recepción:

Figura 4-1. Encabezado del Reporte de Inspección Visual

4.2.1.2 Detalle de Placa o Información Básica de la Fuente

En este punto se ubican los datos proporcionados por la placa y la información básica del equipo.

- Tipo de Fuente
- Marca
- Modelo
- Serie
- Proceso
- Color
- Año de fabricación

Esta información es necesaria para decidir el procedimiento para efectuar el ensayo y proporcionar un distintivo al equipo. Ver figura 4-2.

Tipo de Fuente		Proceso	
Marca		Color	
Modelo		Año de fabricación	
Serie			

Figura 4-2. Información en el Detalle de Placa

4.2.1.3 Parámetros de Revisión

Se refiere al estado y desempeño del equipo. En esta sección se considera no sólo el buen funcionamiento del equipo sino también su apariencia y condiciones físicas.

Esta sección tiene como objetivo evitar problemas el momento de la devolución del equipo a su dueño, es decir, posterior al ensayo.

Los parámetros que el encargado de recepción debe considerar son: (Ver fig.4-3)

- *Datos de Placa:* Consiste en revisar que exista y sea visible en el equipo, se considera importante por la información y especificaciones del equipo
- *Apariencia General:* Se refiere al estado de la pintura y de la carcasa.
- *Cable principal:* Es importante que este cable esté en buenas condiciones por la seguridad del operador y de acuerdo a requerimientos de normas.
- *Protección de los cables:* Al igual que en el caso anterior está relacionado con la seguridad y también con el desempeño adecuado del equipo, ya que en el caso de encontrarse en mal estado los cables, el equipo tendrá fallas en su funcionamiento en cuanto a voltaje y corriente.
- *Control de encendido:* Algunos equipos presentan problemas con el encendido y por ende con el funcionamiento adecuado.
- *Estado de Porta-electrodo/ Torcha:* Dependiendo de la fuente a ensayar, defectos presentes en este elemento también produce defectos en los procesos de soldadura y puede interferir en los resultados del ensayo.

- *Conexión de Torcha:* Como en casos anteriores las conexiones están muy relacionadas con pérdidas, seguridad y defectos.
- *Estado de Conexión de Masa:* Al no conectarse la masa de manera adecuada no se produce un cierre adecuado del circuito.
- *Funcionamiento:* Es necesario para comprobar que el equipo puede ponerse en marcha.
- *Estado de la Pintura:* No sólo es importante porque así lo mencionan las normas sino también para evitar inconvenientes al entregar el equipo posterior a la prueba.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN	
		BUENA	MALA
Datos de Placa			
Apariencia General			
Cable principal			
Protección de los cable			
Tomacorriente			
Control de encendido			
Controles y Selectores			
Panel Frontal			
Estado de Portaelectrodo/Torcha			
Conexión de Torcha			
Estado de Conexión de Masa			
Funcionamiento			
Estado de la pintura			

Figura 4-3. Parámetros de Observación y Descripción

4.2.1.4 Observaciones

Esta sección está destinada para colocar informaciones extra o notas sobre temas que no se consideran en las secciones anteriores y que se consideran importantes para el operador y/o para el propietario del equipo.

4.2.1.5 Firmas

La sección final de este reporte se refiere a las firmas del encargado de recibir el equipo y de la persona representante o propietaria del equipo de soldadura que se va a certificar.

El motivo de este paso es confirmar el acuerdo sobre el estado del equipo que se va a calibrar de manera que se evite confusiones e inconvenientes el momento de finalizar el ensayo y devolverlo al propietario.

4.2.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA PROCESOS DE CALIBRACIÓN Y CERTIFICACIÓN

Posterior a la ejecución de la calibración y certificación de un equipo de soldadura es necesario presentar un informe escrito que permite al propietario del mismo demostrar la correspondiente certificación.

El informe propuesto para las certificaciones realizadas por el Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional considera las siguientes secciones:

4.2.2.1 Encabezado

El encabezado incluye información básica sobre el lugar donde se realiza la certificación y el número de páginas que contiene el mismo. Incluye también el nombre del ensayo realizado. Ver Figura 4-4



	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
	Facultad de Ingeniería Mecánica	
	Laboratorio de Soldadura	1 de 2
PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA CERTIFICAR FUENTES DE POTENCIA DE MÁQUINAS SOLDADORAS		

Figura 4-4. Encabezado del Protocolo de Pruebas

4.2.2.2 Datos Informativos

Esta sección consta de información útil para identificar el equipo y designar un código útil en todo el proceso de pruebas, tanto en el área financiera como en el área de trabajo.

La información que contiene es: (Ver figura 4-5)

- Empresa
- Nombre del solicitante
- Número de orden de trabajo
- Fecha de recepción
- Fecha de entrega

Empresa:		Fecha de recepción:	
Nombre del solicitante:		Fecha de entrega:	
Orden de trabajo N°:			

Figura 4-5. Datos Informativos

4.2.2.3 Detalle de Placa o Información Básica de la Fuente

Tipo de Fuente:		Proceso:	
Marca:		Color:	
Modelo:		Año de Fabricación:	
Serie:			

Figura 4-6. Descripción del Equipo

Para realizar la descripción del equipo se tiene algunos parámetros a considerar, como en la figura 4-6 y se describe a continuación:

4.2.2.3.1 Imagen del Equipo

En esta parte se incluye una fotografía del equipo probado, con el objetivo de demostrar el estado del mismo.

4.2.2.3.2 Tipo de Fuente

Es necesario conocer el tipo de fuente que trabaja con el equipo de soldadura para determinar el proceso de prueba a realizarse.

Además se conoce el tipo de características del mismo y los parámetros a considerarse para realizar el proceso de calibración.

4.2.2.3.3 Marca

Conocer la casa fabricante del equipo de soldadura es importante para realizar la calibración, en caso de ser necesaria.

El proceso de calibración depende del manual de funcionamiento de cada equipo, es decir dependiendo de su marca.

4.2.2.3.4 Modelo

La diversidad de modelos existentes para las empresas fabricantes es grande. Un modelo difiere de otro por sus capacidades y limitaciones.

Con el fin de evitar fallos en la realización de la certificación se solicita el modelo del equipo.

4.2.2.3.5 Serie

Una empresa productora de equipos para soldadura presenta varias opciones y modelos con diversas características y propiedades, para diferenciar estos equipos se desarrolla la opción de serie.

Es necesario en el proceso de calibración para conocer los parámetros de calificación en la certificación.

4.2.2.3.6 Proceso

El equipo de calibración trabaja con la norma IEC 60974-1. Y los procedimientos de ejecución de la prueba se determinan de acuerdo al proceso de soldadura que se realice.

4.2.2.3.7 Color

Se solicita el color del equipo para evitar confusiones con el equipo el momento de recepción y entrega del mismo.

4.2.2.3.8 Año de Fabricación

El proceso de calibración y certificación trabaja en base a la norma IEC 60974-1, la misma que menciona ciertas limitaciones para ejecutarlo, es decir, que para los equipos que no se incluyen en el rango mínimo de año de fabricación no se puede ejecutar la prueba.

Es por ello que se considera necesario conocer esta información e incluirla en el informe.

4.2.2.4 Datos de Placa

Los equipos deben proporcionar al usuario cierta información importante y necesaria para el desarrollo del trabajo, esta información debe ubicarse en una placa colocada en algún lugar de la soldadora.

Voltaje de entrada:		Ciclo de trabajo:	
Amperaje de entrada:		OCV:	
Voltaje de salida:		Fase:	
Amperaje de salida:			

Figura 4-7. Datos de Placa

La placa debe incluir los datos que se observan en la figura 4-7 y se describen en los siguientes numerales.

4.2.2.4.1 Voltaje y Corriente de Entrada

Las condiciones de entrada se consideran indispensables para un correcto funcionamiento y adecuada conexión del equipo para soldadura.

Un error en estas conexiones puede ocasionar accidentes y hasta daños graves en el equipo.

4.2.2.4.2 Voltaje y Corriente de Salida Máximos

Las variables de salida se consideran importantes para determinar el proceso de soldadura que se puede realizar y su máxima capacidad en el mismo, generalmente se encuentran bajo un rango.

Conocer las variables de salida permite determinar condiciones de trabajo óptimas produciendo buenos resultados además del funcionamiento más adecuado que permita al equipo cumplir su ciclo de trabajo de manera esperada.

4.2.2.4.3 Ciclo de Trabajo

El ciclo de trabajo provee información útil para no exceder las limitaciones del equipo, de manera que se puedan obtener resultados convenientes tanto en la ejecución como en el equipo. Generalmente, se establece para el amperaje nominal de la máquina.

4.2.2.4.4 Voltaje de circuito abierto OCV

Es necesario conocer el OCV para disponer de un parámetro de comparación con los datos que se obtienen con el proceso de calibración y con los que proporciona el indicador del equipo de soldadura.

4.2.2.4.5 Fase

Se necesita conocer el número de fases que tiene el equipo para determinar la conexión que debe tener, de manera que se eviten problemas y daños en el mismo, especialmente en la instalación.

4.2.2.5 Resultados Obtenidos

Presenta una tabla que incluye los resultados obtenidos tanto con el calibrador, en la pantalla del equipo de soldadura y el multímetro.

Permite comparar los datos de los equipos de medición y determinar los errores o fallas del equipo y concluir si es necesaria o no la calibración y también determinar la certificación o no del equipo.

RESULTADOS OBTENIDOS									
RESISTENCIA (Ω)	VOLTAJE						CORRIENTE		
	En Vacío			De Trabajo			A		
	CAL	EQUIPO	MULT	CAL	EQUIPO	MULT	CAL	EQUIPO	MULT
OBSERVACIONES:									

Figura 4-8. Tabla de Resultados Obtenidos

La tabla presenta los siguientes parámetros (Ver figura 4-8):

- Valor de resistencia empleada
- Voltajes en vacío
- Voltajes de trabajo
- Corrientes

También se pueden adicionar observaciones respecto a los resultados, al funcionamiento de los equipos y al proceso de medición y calibración.

4.2.2.6 Curvas Volt-Amp

La familia de curvas volt-amperio se incluye en el informe para determinar y distinguir mejor las variaciones de voltajes y amperajes.

Las gráficas obtenidas servirán para comparar con los datos proporcionados por el fabricante de manera que se determine si existe o no fallas y mal funcionamiento en el equipo.

4.2.2.7 Conclusión

Terminado el proceso de pruebas y luego de comparar y analizar los datos obtenidos se determina si el equipo revisado cumple o no los requerimientos para ser certificado.

En este punto del informe se registra los resultados del análisis. Figura 4-9

CONCLUSIÓN	CUMPLE	NO CUMPLE

Figura 4-9. Conclusión de la Prueba

4.2.2.8 Firmas Autorizadas

Con el objetivo de demostrar la credibilidad del informe finalmente se adjuntan las firmas autorizadas.

Estas firmas corresponden a la persona encargada de las pruebas de calibración y al jefe responsable del laboratorio.

4.2.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA PROCESOS DE CERTIFICACIÓN DE AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS

El procedimiento para certificar amperímetros y voltímetros incluye un informe que se detalla en los siguientes puntos.

4.2.3.1 Encabezado

El encabezado de los informes, independientemente del procedimiento a seguirse, es el mismo como se presentó en la figura 4-4, la variación se observa en el título del informe, como en la figura 4-10

CERTIFICACIÓN DE AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS DE FUENTES DE POTENCIA DE SOLDADORAS

Figura 4-10. Título del Informe

4.2.3.2 Datos Informativos

Se utilizan para identificar el equipo dentro del laboratorio. Contiene información básica y útil para el trabajo y control interno del laboratorio.

Entre la información que incluye está:

- Fecha de recepción y entrega
- Empresa
- Nombre del solicitante
- Número de orden de trabajo

DATOS INFORMATIVOS			
Empresa:		Fecha de recepción:	
Nombre del solicitante:		Fecha de entrega:	
Orden de trabajo N°:			

Figura 4-11. Datos Informativos

4.2.3.3 Descripción del Equipo o Información Básica

La descripción del equipo inicia con la imagen del equipo, con el objetivo de distinguir el equipo probado.

Además presenta una tabla con información característica del equipo. En la tabla se toma datos o información básica del equipo antes descrita.

Es importante conocer si los amperímetros y voltímetros de la fuente de potencia son digitales o analógicos por el tipo de revisión que se realiza en cada uno y por la exactitud que se puede obtener.

4.2.3.4 Datos de Placa

La placa que dispone de estos datos de trabajo del equipo se encuentra en los laterales de la carcasa. Esta placa tiene los datos que se describieron en la sección 4.2.2.4.

4.2.3.5 Resultados Obtenidos

Para presentar los resultados obtenidos se realizan tablas que contengan información bajo las cuales se realiza el procedimiento de pruebas, como por ejemplo las tolerancias que se consideran para aprobar o desaprobar el amperímetro y voltímetro.

Las figuras 4-12 y 4-13 muestran el formato de tablas que incluye este certificado, una tabla corresponde a los valores de corriente y la otra a los valores de voltaje.

TOLERANCIA	VOLTAJE					
	En Vacío			De Trabajo		
	CAL	EQUIPO	MULT	CAL	EQUIPO	MULT

Figura 4-12. Tabla de Valores de Voltaje

TOLERANCIA	CORRIENTE		
	A		
	CAL	EQUIPO	MULT

Figura 4-13. Tabla de Valores de Corriente

4.2.3.6 Conclusión

La conclusión que el informe señala si el amperímetro y voltímetro del equipo probado están en condiciones de certificarse o no.

4.2.3.7 Firmas

Para concluir el informe se anexan las firmas de los responsables de la prueba de certificación con el objetivo de dar veracidad al certificado.

4.3 DOCUMENTOS ADICIONALES

En el proceso de calibración y certificación de fuentes de potencia para equipos de soldadura se elaborarán adicionalmente dos documentos no mencionados antes.

El primero se refiere a un resumen y seguimiento del proceso de calificación, con el objetivo de dar a conocer el procedimiento, se denomina reportes de inspección y ejecución.

El segundo documento es un adhesivo que se colocará en el equipo de soldadura, de acuerdo a como se detalla en el proyecto referente a “PROCESOS DE INSTALACIÓN DE UN CENTRO DE CERTIFICACIÓN DE FUENTES DE SOLDADURA” del Ing. Ricardo Aguirre.

4.3.1 REPORTES DE INSPECCIÓN Y EJECUCIÓN

Este documento presenta información básica sobre el equipo calibrado e incluye una tabla que indica los pasos realizados en el proceso de prueba.

Este reporte se colocará como primera hoja del grupo a presentarse al propietario del equipo calibrado, de manera que tenga a su disposición información breve y concisa sobre el procedimiento.

CERTIFICADO No:	
Orden de trabajo No:	Fecha de recepción:
Empresa/Propietario:	Hora de recepción:
Solicitado por:	Fecha de entrega:
Recibido por:	Responsable:
Fecha Última de Calibración:	Próx. Calibración Recomendada:

Figura 4-14. Información Básica

El reporte incluye la siguiente información, como se describe también en la figura 4-14.

4.3.1.1 Certificado Número

El equipo de soldadura requiere control y calibración cada determinado intervalo de tiempo. Por lo tanto es necesario conocer el número de procesos de calibración que ha tenido la fuente.

4.3.1.2 Número de Orden de Trabajo

Este número es de utilidad para el laboratorio para identificar el equipo y su propietario. Es útil por el número de equipos que se tienen para certificar.

El número será el identificativo dentro del laboratorio para el encargado de realizar las pruebas correspondientes.

4.3.1.3 Empresa o Propietario

Se incluye en el reporte porque el nombre del propietario debe incluirse en cualquier informe, con el objetivo de evitar confusiones.

4.3.1.4 Solicitado Por

En varios casos la certificación es solicitada por empresas o personas externas a los propietarios del equipo, es por este motivo que se considera importante incluir este dato en el reporte general.

4.3.1.5 Recibido Por

Es importante conocer el nombre de la persona que recibe el equipo para ser calibrado por la responsabilidad que ello implica.

4.3.1.6 Fecha y Hora de Recepción

Es necesaria una constancia del ingreso del equipo para determinar el tiempo de entrega y por registro de ambas partes.

4.3.1.7 Fecha de Entrega

De la misma manera que en el caso anterior sirve como registro y control del trabajo realizado.

4.3.1.8 Responsable

En este caso se refiere a la persona a cargo del equipo de soldadura, en el caso de no ser el propietario.

4.3.1.9 Fecha Última de Calibración

Esta fecha es importante para conocer la frecuencia con se realiza el proceso de calibración y conocer si se sigue las sugerencias dadas.

4.3.1.10 Próxima Calibración Recomendada

El ejecutor del ensayo sugiere un fecha para la siguiente calibración de manera que se mantenga continuidad en el proceso y adicionalmente quienes empleen el equipo conozca la fecha de caducidad de la certificación.

4.3.1.11 Tipo de Trabajo

El proceso de certificación incluye la revisión general y estado del equipo. El equipo de calibración determinará si la fuente requiere ser calibrada o no.

En caso de que la fuente requiera calibración será realizado como parte del proceso caso contrario se procederá a certificar únicamente.

Este enunciado se refiere a que la fuente puede ser únicamente certificada o calibrada y certificada.

4.3.1.12 Número de Equipos

La empresa o propietario puede disponer de más de un equipo de soldadura y requerir que todos sus equipos sean certificados y/o calibrados.

Observar la figura 4-15 que incluye los dos enunciados anteriores

TIPO DE TRABAJO:	
NÚMERO DE EQUIPOS:	

Figura 4-15. Número de Equipos y Tipo

4.3.1.13 Actividades Ejecutadas

Detalla los procesos y revisiones efectuadas durante el proceso de certificación y calibración, y el orden en que se deben realizar.

En la figura 4-16 se puede observar el diseño de la tabla y la información que contiene.

ACTIVIDADES EJECUTADAS

ACTIVIDAD	SI	NO
Inspección Visual		
Protocolo de Pruebas		
Proceso de Calibración		
Informe de Certificación		
Valor Final		

Figura 4-16. Tabla de Actividades Realizadas

Entre las actividades a realizar están:

- Inspección Visual
- Protocolo de Pruebas
- Proceso de Calibración

- Informe de Certificación
- Valor Final

4.3.2 ADHESIVO DE CERTIFICACIÓN

El adhesivo de certificación se considera importante puesto que los informes antes mencionados estarán a disposición del propietario del equipo e interesado en la certificación. Sin embargo, el operador no dispone constantemente de esta información.

En ciertos casos para quienes solicitan trabajos con este equipo es importante comprobar o conocer la calibración y certificación del mismo. Además la información que el adhesivo contiene es básica y necesaria para mantener un control adecuado del mismo y para quien la opera.

A continuación se enumeran los datos que se incluye puesto que en puntos anteriores han sido ya detallados.

- Título del Adhesivo: Certificación
- Certificado Número
- Tipo de Fuente
- Marca
- Modelo
- Serie
- Proceso

- Color
- Año de fabricación
- Fecha de Calibración
- Próxima Calibración Sugerida
- Firmas de Autorización

El modelo del adhesivo se adjunta en la figura 4-17.

 EPN 	
Laboratorio de Soldadura	
CERTIFICACIÓN	
Certificado No:	Serie
Tipo de Fuente	Proceso
Marca	Color
Modelo	Año fabricación
Fecha calibración	Próx.calibración
Firma Autorizada 1	Firma Autorizada 2

Figura 4-17. Adhesivo de Certificación

CAPÍTULO V

DETERMINACIÓN DE COSTOS DE LA PRUEBA PARA CERTIFICAR Y CALIBRAR FUENTES DE POTENCIA

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se definirán los costos que implican ejecutar el proceso de certificación y calibración de fuentes de potencia de equipos de soldadura.

Adicionalmente se analizará y propondrá un costo para la calibración y certificación de fuentes de potencia para equipos de soldadura que realizará el Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional, con el fin de proveer mayores ingresos y beneficios a la entidad mencionada.

5.2 ANÁLISIS DE COSTOS

Para determinar el costo general en primer lugar se debe determinar valores como:

5.2.1 COSTO DE CALIBRACIÓN

- Costo hora-hombre

- Costo del equipo
- Depreciación del calibrador
- Costo-hora del equipo de calibración
- Costo de energía eléctrica
- Costo de mantenimiento anual

5.2.1.1 Determinación del Costo Hora del Equipo

El costo por hora del equipo de calibración se determina considerando parámetros como:

- Costo inicial del equipo
- Depreciación
- Número de horas de operación de la máquina
- Costo de Mantenimiento

5.2.1.2 Determinación de la Depreciación del Calibrador

El valor de la depreciación se obtiene con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V_o - V_f}{n}$$

Donde: V_o = Costo inicial del equipo

V_f = Costo inicial del equipo, en la mayoría de los casos resulta cero

n = Vida útil

$$V_o = 13000$$

$$d_c = \frac{13000 - 0}{5}$$

$$d_{anual} = 2600USD$$

$$d_{mensual} = 216,67USD$$

$$d_{hora} = 9,027USD$$

Es importante especificar que el Calibrador de Fuentes de Potencia trabajará alrededor de 8 a 10 horas mensuales, es decir que, realizará la calibración de dos equipos mensualmente.

TABLA 5-1: Depreciaciones Anuales

DEPRECIACIÓN	VALOR
d	2600
V_o	13000
V_{f1}	10400
V_{f2}	7800
V_{f3}	5200
V_{f4}	2600
V_{f5}	0

5.2.1.3 Determinación de la Depreciación del Multímetro

El valor de la depreciación para el multímetro se calcula con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V_o - V_f}{n}$$

Donde: V_o = Costo inicial del equipo

V_f = Costo inicial del equipo, en la mayoría de los casos resulta cero

n = Vida útil

$$V_o = 350$$

$$d_M = \frac{350 - 0}{2}$$

$$d_{anual} = 175USD$$

$$d_{mensual} = 14,58USD$$

$$d_{hora} = 0,61USD$$

5.2.1.4 Determinación de la Depreciación Total

La depreciación utilizada para calcular costos finales se obtiene con la suma de la depreciación del calibrador y la depreciación del multímetro.

Se indica a continuación el valor de la depreciación total:

$$d_{Thora} = d_G + d_M$$

$$d_{thora} = 9,027 + 0,61$$

$$d_{Thora} = 9,637 \text{ \$/h}$$

5.2.1.5 Costo del Mantenimiento

Se establece como costo de mantenimiento anual el de 600USD anuales que han sido estimados de acuerdo a los elementos del equipo. Determinándose como 0,07USD por hora.

5.2.1.6 Costo del kilowatio-Hora

El costo de energía eléctrica se definió de acuerdo al pliego tarifario presentado por la Empresa Eléctrica Quito vigente del 1 al 31 de mayo del presenta año, se seleccionó la Tarifa General con Demanda BTGD. Ver ANEXO E.

$$\text{Costo kWh} = 0,068 \text{ USD}$$

El proceso de calibración para un equipo de soldadura toma dos horas en realizarse.

$$\text{Costo kWh} \times 2h = 0,136\text{USD}$$

5.3 COSTO HORA-HOMBRE

5.3.1 COSTO HORA/HOMBRE PARA CERTIFICACIÓN DE VOLTÍMETRO Y AMPERÍMETRO

Durante el procedimiento de certificación de voltímetro y amperímetro se emplearán tres personas u operadores, cuyos costos se consideran de acuerdo a la institución, estimando los siguientes valores:

Costo hora $_{\text{Ingeniero}} = 20\text{USD}$

Costo hora $_{\text{Auxiliar}} = 15\text{USD}$

Costo hora $_{\text{Operador}} = 5\text{USD}$

De acuerdo a la participación de cada uno en el proceso de certificación se determina que el Ingeniero participa una hora y el auxiliar y operador se emplearán durante las dos horas de la prueba. En total se considera para los cálculos 40USD/hora.

5.3.2 COSTO HORA/HOMBRE PARA CERTIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN

En el procedimiento de certificación y posterior certificación se emplearán, como en el caso anterior, tres personas u operadores, cuyos costos se consideran de acuerdo a la institución. Sin embargo en caso de que el equipo requiera

calibración es necesaria la participación de un técnico eléctrico. Considerando estos parámetros la aproximación de costos se hará de acuerdo a los dos casos.

Costo hora $_{\text{Ingeniero}} = 20\text{USD}$

Costo hora $_{\text{Auxiliar}} = 15\text{USD}$

Costo hora $_{\text{Operador}} = 5\text{USD}$

Costo hora $_{\text{Técnico eléctrico}} = 30\text{USD}$

5.3.2.1 Procedimiento de Certificación del Equipo que No Requiere Calibración

La prueba para este caso tomará 3 horas en realizarse, para lo cual el Ingeniero se considera durante una hora y el auxiliar y operador participan las 3 horas de ensayo. Por lo tanto el costo sería de 60USD/hora.

5.3.2.2 Procedimiento de Certificación del Equipo que Requiere Calibración

La prueba para este caso tomará 5 horas en realizarse, para lo cual el Ingeniero se considera durante dos horas y el auxiliar y operador participan las 5 horas de ensayo. Adicionalmente se trabaja con un técnico eléctrico durante dos horas, se obtiene como resultado 70USD/hora.

5.4 DETERMINACIÓN DEL COSTO Y PRECIO DE LAS PRUEBAS

Finalmente para determinar el costo total del proceso de calibración y certificación de fuentes de potencia de equipos de soldadura se consideraron los siguientes datos:

5.4.1 COSTO Y PRECIO PARA CERTIFICACIÓN DE AMPERÍMETRO Y VOLTÍMETRO

El procedimiento de certificación de amperímetros y voltímetros de las fuentes de potencia se realiza durante dos horas. De acuerdo a este tiempo se han determinado los costos de los equipos y elementos empleados.

Los costos empleados para determinar el precio final del procedimiento de certificación de amperímetros y voltímetros de fuentes de potencia se expresan en la tabla 5-2 y 5-3.

TABLA 5-2: Costos por Hora de los Parámetros Considerados Para Certificación de Amperímetros y Voltímetros y Equipos Sin necesidad de Calibración.

				Costo/hora
Electricidad				0,068
Mantenimiento	600	50	1,666667	0,069444
Horas/hombre				40
Depreciación/h				9,637

TABLA 5-3: Costos por dos horas y Costo Total del Procedimiento de Certificación de Voltímetros y Amperímetros

PARÁMETROS	COSTO
$d_{\text{hora}} * 2$	19,274
electricidad*2	0,136
mantenimiento*2	0,138889
Certificado	50
horas/hombre*2	60
TOTAL	129,5489

Es importante mencionar que en vista de que los gastos considerados son básicos no es necesaria la aplicación de fórmula para determinar el costo total sino únicamente la suma de los costos parciales por hora.

El porcentaje de utilidad requerido está entre 10 y 25% tomando en cuenta factores económicos y financieros internos.

Precio Total de la Certificación de Amperímetro y Voltímetro = 161,93USD

5.4.2 COSTO PARA CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS QUE NO REQUIEREN CALIBRACIÓN

Para determinar los costos de equipos y elementos necesarios para realizar este procedimiento se emplearon los datos que se presentan en la tabla 5-19.

TABLA 5-4: Costos por tres horas y Costo Total del Proceso de Certificación de Fuentes de Potencia que No Requieren Calibración

PARÁMETROS	COSTO
$d_{\text{hora}} * 3$	28,911
electricidad*3	0,204
mantenimiento*3	0,208333
Certificación	50
horas/hombre*3	80
TOTAL	159,3233

Al costo total se adiciona el porcentaje de ganancia requerido que es del 25%, el resultado es:

Precio Total de la Certificación de Fuentes Calibradas= 199,15USD

5.4.3 COSTO PARA CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS QUE REQUIEREN CALIBRACIÓN

Para certificar fuentes que no se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma IEC 60947-1 es necesario realizar el procedimiento de calibración y a continuación realizar nuevamente el ensayo.

Para determinar el precio de esta prueba se emplearon los costos indicados en la tabla 5-5

TABLA 5-5: Costos por Hora de la Prueba para Equipos que deben ser Calibrados

				Costo/hora
Electricidad				0,068
Mantenimiento	600	50	1,666667	0,069444
Horas/hombre				70
Depreciación/h				9,64

TABLA 5-6: Costos por cinco horas y Costo Total del Proceso de Certificación de Fuentes de Potencia que Requieren Calibración

PARÁMETROS	COSTO
$d_{\text{hora}} * 5$	45,135

electricidad*5	0,34
mantenimiento*5	0,347222
Certificación	50
horas/hombre*5	145
TOTAL	240,8222

Para esta prueba se emplea al técnico eléctrico durante dos horas. Posterior a la calibración se vuelve a realizar la prueba con el calibrador.

Con un porcentaje de ganancia de 25%, el precio final es:

Precio Final de la Certificación y Calibración de Fuentes = 301,03USD

5.4.4 COSTO PARA CERTIFICACIÓN DE FUENTES DE POTENCIA PARA EQUIPOS DE SOLDADURA

El procedimiento de certificación total de fuentes de potencia para equipos de soldadura es un proyecto del Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional considerando que aún no se pone en marcha este proyecto no se puede definir un costos y precios específicos para este procedimiento.

Sin embargo, de acuerdo a consultas realizadas y aproximaciones planteadas se estima que el precio final de una certificación de este tipo, que se realiza de acuerdo a las normas NEMA EW-1 y EW-3, sería de aproximadamente 400USD.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Al llevar a cabo las pruebas en los equipos del laboratorio de soldadura y de acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que un alto porcentaje de equipos requieren ser calibrados, esta situación se produce debido a los años de funcionamiento.
- Al elaborar las curvas características utilizando los valores obtenidos experimentalmente, se comprueba la correcta efectividad del ensayo y su procedimiento en vista de que las gráficas de curvas conseguidas se asemejan a las curvas teóricas.
- Al seguir el procedimiento de calibración se emplean tres elementos de medición: el calibrador, la fuente con su amperímetro y voltímetro y el multímetro. Se determinó la importancia del empleo del calibrador al realizar las pruebas porque en caso de existir un amplio intervalo entre los valores proporcionados por el calibrador y por la fuente se tomará con referencia el que se obtenga con el calibrador.
- El software disponible para un completo procedimiento de calificación y certificación facilita y optimiza este proceso. En fuentes marca Fronius y digitales permite calibrar el equipo utilizando sólo un ordenador.

- El procedimiento para determinar los factores de marcha se encuentra en la norma IEC 60974-1. El calibrador presentó limitaciones para medir este parámetro puesto que no dispone de las características necesarias para probar equipos cuyos factores de marcha superan los del calibrador.
- Para certificar amperímetros, voltímetros y calibración de una fuente de potencia no se requiere más de un dato para cada rango.
- Una fuente de potencia que no se encuentra calibrada produce defectos que afectan la calidad de los cordones de soldadura.
- Calibrar y certificar fuentes de potencia de soldadura permite garantizar calidad en la soldadura además de mantener la seguridad del operador.
- El conocimiento de las curvas características de un equipo de soldadura permite determinar la calidad y funcionamiento adecuado.
- El desarrollo y exigencias de la Industria, sobretodo en el área petrolera, contribuyen al progreso de este proyecto además, de abrir el mercado para la participación del Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional con el servicio de certificación y calibración de voltímetros y amperímetros de fuentes de potencia de soldadura.
- El servicio de calibración y certificación de fuentes de potencia tiene factibilidad en el mercado por las nuevos requerimientos y desarrollo de normas de calidad y seguridad.
- Un cordón de soldadura con buen acabado indica calidad de soldadura y seguridad y ese tipo de cordones se obtienen con equipos en condiciones óptimas y operadores calificados.

- Un cordón de soldadura de mala calidad y presentación se produce por falta de experiencia por parte del operador pero también puede producirse por el mal funcionamiento y fallas en el equipo.
- Un trabajo de soldadura de buena calidad se obtiene con personal y equipos calificados y certificados.

6.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable dar inicio de este servicio por parte del Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional puesto que presenta las condiciones y conocimientos requeridos para emprender el procedimiento de Calibración y certificación de fuentes de potencia.
- Para medir el OCV de los equipos manuales (SMAW y GTAW convencionales) es necesario tomar un solo valor, obtenido en el calibrador y comparado con el multímetro. Por el contrario para determinar el OCV en equipos semiautomáticos, de acuerdo a la norma, se requieren un conjunto de datos que permitan calcular un promedio que se definirá como el valor OCV del equipo.
- En los equipos que no se pueden calibrar con el software se requieren los manuales de funcionamiento de cada equipo, los mismos que son proporcionados por el fabricante e indican el procedimiento adecuado.
- Es recomendable tomar varios datos para cada rango con el fin de obtener resultados suficientes para diseñar las curvas características de manera acertada.
- Las condiciones ambientales deben considerarse para efectuar los procedimientos de calibración. El calibrador no debe exceder la temperatura de

trabajo que puede tolerar caso contrario pueden afectarse los interruptores magnéticos.

- Al adquirir equipos de soldadura es importante solicitar las curvas de funcionamiento de los mismos puesto que el conjunto de curvas garantiza la calidad de la máquina. Anteriormente este conjunto de curvas se incluía al comprar el equipo.
- Los amperímetros y voltímetros empleados para el procedimiento de calibración deben estar certificados bajo normas internacionales.
- Las pruebas de certificación de amperímetros y voltímetros de fuente de potencia de máquinas soldadoras deben realizarse al menos cada 6 meses.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN WELDING SOCIETY, “*Manual de Soldadura*”, Tomo I, Capítulo1
- HORWITZ, Henry (1976),”*Soldadura, Aplicación y Práctica*”, Alfaomega; México.
- LAWRENCE Matthews (1986),”*Estimación de Costos*”,McGraw Hill, México.
- NEMA, *IEC 60974-1*, Parte I.
- *Manual de Soldadura EXSA-OERLIKON*, Edición I, 1995
- http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://soldadura.org.ar/img/2009/IMPERFECCIONES_EN_SOLDADURA_TIPOS_DE_DISCONTINUIDADES
- <http://publishing.yudu.com/Library/Ar47e/discontinuidadesdeso/resources/4.htm>.^{(18) (19) (20) (21) (22) (23) (31)}
- <http://www.scribd.com/doc/27318249/Defectos-de-soldadura>^{(24) (25) (26) (27) (28) (30)}
- http://www.syhrep.com/manual_catalogo_oerlikon.pdf

• CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
FUENTES DE POTENCIA DE MÁQUINAS SOLDADORAS.....	7
1.1 Principios de Funcionamiento	7
1.1.1 TRANSFORMADOR.....	8
1.1.2 TRANSFORMADORES-RECTIFICADORES	12
1.1.3 GENERADOR.....	14
1.1.4 ALTERNADORES.....	16
1.1.5 INVERSORES	18
1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA.....	21
1.2.1 Clasificación de las fuentes de potencia SEGÚN las características volt-amp.....	21
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA SEGÚN LAS NORMAS NEMA.....	24
1.2.3 CLASIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA DE ACUERDO AL TIPO DE CORRIENTE	27
1.2.4 clasificación de acuerdo al grado de participación del factor humano	28
1.3 Parámetros y características.....	29
1.3.1 CARACTERÍSTICAS	29
1.4 DEFINICIONES BÁSICAS	32
1.4.1 Factor de Marcha o Ciclo de Trabajo (X).....	32
1.4.2 Voltaje de Carga	32

1.4.3	Corriente de Soldadura.....	32
1.4.4	Voltaje Sin Carga (OCV).....	33
1.4.5	Valor Convencional.....	33
1.4.6	Carga Convencional	33
1.4.7	Valor Estimado.....	33
1.4.8	Corriente Convencional de Soldadura I_2	34
1.4.9	Voltaje de Carga Convencional U_2	34
1.4.11	Mínima corriente de soldadura Medida $I_{2\text{mín}}$	34
1.4.12	Máxima corriente de soldadura Medida $I_{2\text{max}}$	34
1.4.13	Voltaje de Suministro Medido U_1	34
1.4.14	Corriente de Suministro I_1	35
1.4.15	Corriente Suministrada Medida Sin Carga I_0	35
1.4.16	Corriente Suministrada Efectiva Máxima $I_{1\text{eff}}$	35
1.5	AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS	35
1.5.1	AMPERÍMETRO	36
1.5.2	voltíMETROS.....	40
CAPÍTULO II		43
DEFECTOS EN EL CORDÓN DE SOLDADURA A CAUSA DEL MAL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA Y RIESGOS DE ACCIDENTES ASOCIADOS.....		43
2.2	Descripción de las posibles causas del mal funcionamiento del equipo	44
2.2.1	FALLA DE ENCENDIDO	45
2.2.2	EQUIPO ENCENDIDO PERO NO TRABAJA.....	45

2.2.3 ARCO DEMASIADO BAJO.....	46
2.2.4 excesivo chisporroteo	46
2.2.5 EL CALOR DE SOLDADURA RESULTA DIFICIL DE CONSERVAR..	47
2.2.6 la corriente de SALIDA DEL EQUIPO DE SOLDADURA ES INCONSISTENTE.....	47
2.3 Descripción de los defectos producidos por el mal funcionamiento del equipo	48
2.3.1 GRIETAS O FISURAS.....	48
2.3.2 FALTA DE PENETRACIÓN.....	53
2.3.3 CORDONES DEFECTUOSOS	55
2.3.4 QUEMÓN.....	56
2.3.5 MORDEDURAS	57
2.3.6 EXCESIVA PENETRACIÓN.....	57
2.3.7 FUSIÓN INCOMPLETA.....	58
2.3.8 SOPLO DE ARCO o soplo magnético	59
2.4 Principales consecuencias.....	60
2.5 Importancia según normas de referencia.....	62
2.6 Riesgos de accidentes	62
CAPÍTULO III	64
PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS EN EQUIPOS DE SOLDADURA.....	64
3.1 INTRODUCCIÓN	64
3.2 DESCRIPCIÓN DEL CALIBRADOR	64

3.3 CONTROLES Y TERMINALES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE CALIBRACIÓN.....	65
3.2.2 ACCESORIOS.....	71
3.2.3 SOFTWARE PARA EQUIPOS DIGITALES.....	73
3.4 TIPOS DE PRUEBAS QUE SE REALIZAN CON EL CALBRADOR.....	75
3.4.1 PROCEDIMIENTO PARA CERTIFICAR VOLTÍMETROS Y AMPERÍMETROS DE LAS FUENTES DE POTENCIA.....	75
3.4.2 PROCEDIMIENTO PARA VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LAS FUENTES DE POTENCIA.....	76
3.4.3 PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN DE LA FUENTE DE SOLDADURA	76
3.5 METODOLOGÍA DE PRUEBAS	77
3.5.1 PASOS GENERALES PARA REALIZAR LAS CERTIFICACIONES..	77
3.5.2 CERTIFICACIÓN DE VOLTÍMETROS Y AMPERÍMETROS	77
3.5.3 PRUEBA DE CALIBRACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE FUENTES DE POTENCIA	80
3.5.4 PRoCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN DE FUENTES DE POTENCIA	85
3.6 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS.....	89
3.6.1 DENOMINACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ACUERDO A FRONIUS.....	89
3.6.2 Pruebas para Equipos Manuales.....	90
3.6.3 PRUEBAS PARA EQUIPOS SEMIAUTOMÁTICOS Y AUTOMÁTICOS	95

ANEXOS

Tabla de Figuras

CAPÍTULO I	1
² Figura 1-1. Elementos del Transformador	9
³ Figura 1-2. Transformador monofásico	11
⁴ Figura 1-3 Transformador trifásico	12
⁶ Figura 1-5. Fuente Tipo Transformador-rectificador	13
⁷ Figura 1-6. Generador.....	15
⁸ Figura 1-7. Fuente de Potencia Tipo Alternador	16
⁹ Figura 1-8. Esquema Eléctrico del Inversor	20
¹⁰ Figura 1-9. Fuente de Potencia Tipo Inversor	20
¹¹ Figura 1-10 Ajuste de Corriente según la Característica Estática.....	31
¹² Figura 1-11 Curvas Volt-Amperio de un alternador	31
¹⁴ Figura 1-12. Amperímetro Analógico	38
¹⁵ Figura 1-13. Amperímetro Digital.....	39
¹⁶ Figura 1-14. Voltímetro Analógico	41
¹⁷ Figura 1-15. Voltímetro Digital	41
CAPÍTULO II	43
DEFECTOS EN EL CORDÓN DE SOLDADURA A CAUSA DEL MAL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA Y RIESGOS DE ACCIDENTES ASOCIADOS.....	43
¹⁸ Figura 2-1. Fisura	48
¹⁹ Figura 2-2. Fisura Longitudinal	49

²⁰ Figura 2-3. Fisura Transversal.....	49
²¹ Figura 2-4. Cráteres.....	50
²² Figura 2-5. Fisura de Garganta.....	50
²³ Figura 2-6. Fisuras de borde	51
²⁴ Figura 2-7. Fisuras en la raíz.....	52
²⁵ Figura 2-8. Fisura en la Zona Afectada por el Calor.....	53
²⁶ Figura 2-9. Falta de Penetración	54
²⁷ Figura 2-10. Cordones Defectuosos	55
²⁸ Figura 2-11. Quemón.....	56
²⁹ Figura 2-12. Mordeduras	57
³⁰ Figura 2-13. Excesiva Penetración.....	58
³¹ Figura 2-14. Fusión Incompleta.....	58
³² Figura 2-15. Soplo de Arco.....	59
CAPÍTULO III	64
PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS EN EQUIPOS DE SOLDADURA.....	64
Figura 3-1. Controles del Calibrador	67
Figura 3-2. Terminales y Conectores	68
Figura 3-3. Interruptores Principales	69
Figura 3-4. Fusibles y Tuberías.....	70
Figura 3-5. Cable para Conexión con Equipos de Medición Externos	71
Figura 3-6. Elemento para Conexión Euro.....	71
Figura 3-7. Cable de Conexiones.....	72

Figura 3-8. Botón de Torcha.....	72
Figura 3-9. Ventana Principal del Software del Calibrador.....	73
Figura 3-10. Ventana de Trabajo del Calibrador	74
Figura 3-11. Conexión del Calibrador, Fuente Digital y Software para Proceso de Calibración	75
Figura 3-12. Diagrama de Procedimientos para Certificación de Voltímetros y Amperímetros de Fuentes de Potencia.....	78
Figura 3-13. Conexiones.....	80
Figura 3-14. Posición del Interruptor para Valores Pico.....	81
Figura 3-15. Posicionamiento de la Perilla de Corriente	82
Figura 3-16. Posición del Interruptor en U_{eff}	83
Figura 3-17. Variación de Resistencias.....	83
Figura 3-18. Selección de Resistencia.....	84
Figura 3-19. Conexiones del Calibrador a la Fuente.....	90
Figura 3-20. Conexiones Especiales para Equipos Semiautomáticos	96
Figura 3-21. Conexiones Equipos Semiautomáticos.....	96
Figura 3-22. EQUIPO LINCOLN IDEALARC 250.....	103
CAPÍTULO IV.....	116
ELABORACIÓN DEL FORMATO DE LOS INFORMES DE CALIBRACIÓN	116
Figura 4-1. Encabezado del Reporte de Inspección Visual.....	118
Figura 4-2. Información en el Detalle de Placa.....	119
Figura 4-3. Parámetros de Observación y Descripción	121
Figura 4-4. Encabezado del Protocolo de Pruebas.....	123

Figura 4-5. Datos Informativos	123
Figura 4-6. Descripción del Equipo	124
Figura 4-7. Datos de Placa.....	127
Figura 4-8. Tabla de Resultados Obtenidos.....	129
Figura 4-9. Conclusión de la Prueba	130
Figura 4-10. Título del Informe	131
Figura 4-11. Datos Informativos	132
Figura 4-12. Tabla de Valores de Voltaje	133
Figura 4-13. Tabla de Valores de Corriente	134
Figura 4-14. Información Básica.....	135
Figura 4-15. Número de Equipos y Tipo.....	139
Figura 4-16. Tabla de Actividades Realizadas	139
Figura 4-17. Adhesivo de Certificación.....	141