

Tema  
**N.º 1**



Curso de capacitación sobre  
el proceso de soldado  
**Introducción a  
la soldadura**



# SEGURIDAD



¡Suelde  
y corte  
de manera  
segura!

Como en todos los trabajos, la seguridad es primordial. Debido a que existen varios códigos y normas de seguridad vigentes, le recomendamos que siempre lea cuidadosamente todas las etiquetas y el Manual del Usuario antes de instalar, operar o hacer el mantenimiento de la unidad. Lea la información de seguridad al comienzo del manual y en cada sección. Además, lea y cumpla todas las normas de seguridad vigentes, en especial la norma ANSI Z49.1 denominada Seguridad en soldadura, corte y procesos aliados.

La norma ANSI Z49.1: denominada Seguridad en soldadura, corte y procesos aliados se puede descargar gratuitamente del sitio web de la Sociedad Estadounidense de Soldadura: <http://www.aws.org>

La lista que sigue a continuación muestra las normas de seguridad adicionales y cómo acceder a ellas.

*Prácticas Seguras para la Preparación de Recipientes y Tuberías para Soldadura y Corte*, Norma AWS F4.1, Sociedad Estadounidense de Soldadura, de Global Engineering Documents (Teléfono: 1-877-413-5184, sitio web: [www.global.ih.com](http://www.global.ih.com)).

*Código Eléctrico Nacional*, Norma NFPA 70, de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, Quincy, MA 02269 (Teléfono: 1-800-344-3555, sitio web: [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org) y [www.sparky.org](http://www.sparky.org)).

*Manejo seguro de cilindros con gases comprimidos*, Folleto CGA P-1, de la Asociación de Gases Comprimidos, 4221 Walney Road, 5th Floor, Chantilly, VA 20151 (Teléfono: 703-788-2700, sitio web: [www.cganet.com](http://www.cganet.com)).

Seguridad en la Soldadura, el Corte y los Procesos Aliados, Norma CSA W117.2, de la Asociación de Normas Canadienses, Venta de normas, 5060 Spectrum Way, Suite 100, Ontario, Canada L4W 5NS (Teléfono: 800-463-6727, sitio web: [www.csa-international.org](http://www.csa-international.org)).

*Práctica Segura para la Protección Ocupacional y Educativa de los Ojos y el Rostro*, Norma ANSI Z87.1, del Instituto Nacional de Normas de los Estados Unidos, 25 West 43rd Street, New York, NY 10036 (Teléfono: 212-642-4900, sitio web: [www.ansi.org](http://www.ansi.org)).

*Norma para la Prevención del Fuego durante la Soldadura, el Corte y Otros trabajos en caliente*, Norma NFPA 51B, de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, Quincy, MA 02269 (Teléfono: 1-800-344-3555, sitio web: [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)).

Normas de Seguridad y Salud Ocupacional para la Industria en General, OSHA, Título 29, Código de Regulaciones Federales (Code of Federal Regulations, CFR), parte 1910, subparte Q, y parte 1926, subparte J, de la Oficina de Impresión del Gobierno de los EE. UU., Superintendencia de Documentos, P.O. Box 371954, Pittsburgh, PA 15250-7954 (Teléfono: 1-866-512-1800) (Existen 10 Oficinas Regionales de OSHA—el teléfono de la Región 5, Chicago, es 312-353-2220, sitio web: [www.osha.gov](http://www.osha.gov)).

Folleto, *Valores Umbrales Límites (Threshold Limit Values, TLVs)*, de la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH), 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, OH 45240 (Teléfono: 513-742-3355, sitio web: [www.acgih.org](http://www.acgih.org)).

*Remolcar un tráiler – Equiparse para estar seguro*, Publicación del Departamento de Transporte de los EE. UU., Administración Nacional de Seguridad de Tráfico por Carretera, 400 Seventh Street, SW, Washington, D.C. 20590

Comisión de Seguridad para los Productos de Consumo (U.S. Consumer Product Safety Commission, CPSC), 4330 East West Highway, Bethesda, MD 20814 (Teléfono: 301-504-7923, sitio web: [www.cpsc.gov](http://www.cpsc.gov)).

*Manual de Aplicaciones para la Ecuación de Levantamiento de NIOSH Revisada*, Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional (The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH), 1600 Clifton Rd, Atlanta, GA 30333 (Teléfono: 1-800-232-4636, sitio web: [www.cdc.gov/NIOSH](http://www.cdc.gov/NIOSH)).

Preparado por el Departamento de Capacitación de Miller Electric Mfg. Co.

©2012 Miller Electric Mfg. Co.

Los contenidos de esta publicación no se podrán reproducir sin la autorización de Miller Electric Mfg. Co., Appleton Wisconsin, U.S.A.

## ADVERTENCIA

Este documento contiene información general sobre los temas que aquí se tratan. No es un manual de aplicaciones y no contiene una declaración completa de todos los factores relacionados con estos temas.

Solamente personas calificadas deberán llevar a cabo la instalación, operación y mantenimiento de los equipos de soldadura por arco y el uso de los procedimientos descritos en este documento de acuerdo con los códigos pertinentes, las prácticas seguras y las instrucciones del fabricante.

Siempre asegúrese de que las áreas de trabajo estén limpias y sean seguras, y de que exista la ventilación adecuada. La mala utilización de los equipos y el incumplimiento de los códigos pertinentes y las prácticas seguras puede derivar en graves lesiones personales y daños a la propiedad.

## Curso de capacitación sobre el proceso de soldadura y los metales de aportación:

Bienvenido al curso de capacitación sobre el proceso de soldadura y los metales de aportación. Esta serie de capacitación se desarrolló con el objetivo de brindar un conjunto básico de materiales educativos que se pueden utilizar de manera individual o en el entorno del aula.

Los temas que se tratarán en el curso son los siguientes:

### Proceso de soldadura

- Tema 1. **Introducción a la soldadura**
- Tema 2. **La seguridad en la soldadura**
- Tema 3. **Electricidad básica para la soldadura**
- Tema 4. **Diseño de la fuente de alimentación para soldaduras**
- Tema 5. **Fuentes de alimentación accionadas por motor**
- Tema 6. **Soldadura por arco de metal protegido**
- Tema 7. **Soldadura por arco de tungsteno con gas**
- Tema 8. **Soldadura por arco metálico con gas**
- Tema 9. **Soldadura por arco con núcleo de fundente**
- Tema 10. **Gubladura por arco de plasma**
- Tema 11. **Solución de problemas en los procesos de soldadura**

### Metales de aportación

- Tema A. **Introducción a los metales**
- Tema B. **Acero bajo en carbono**
- Tema C. **Acero de aleación baja**
- Tema D. **Acero inoxidable**
- Tema E. **Aluminio**
- Tema F. **Operaciones de endurecimiento superficial**

Tenga en cuenta que este curso no fue desarrollado con el objeto de enseñar la técnica de la soldadura o del corte sino para brindar una base de conocimiento general sobre los distintos procesos y los temas relacionados.

## Tabla de contenidos

<b>Procesos de unión de materiales</b>	<b>1</b>
<b>Métodos de soldadura por arco</b>	<b>1</b>
<b>Términos eléctricos de soldadura</b>	<b>2</b>
<b>Procesos de soldadura por arco eléctrico</b>	<b>5</b>
<b>Tipos de juntas de soldadura</b>	<b>17</b>
<b>Tipos y posiciones de soldadura</b>	<b>19</b>
<b>Símbolos de soldadura</b>	<b>20</b>
<b>Términos y definiciones</b>	<b>22</b>
<b>Ocho factores que deben considerarse al seleccionar el metal de aportación o los electrodos</b>	<b>30</b>
<b>Preparación para soldadura por arco</b>	<b>32</b>
<b>Mercados de la soldadura por arco</b>	<b>33</b>

## Procesos de unión de materiales

Muchos de los productos que las empresas manufactureras y constructoras fabrican hoy en día requieren la aplicación de algún tipo de proceso de unión en la producción de ese producto. Existen tres categorías principales de procesos de unión de materiales: sujeción mecánica, enlace adhesivo y soldadura.

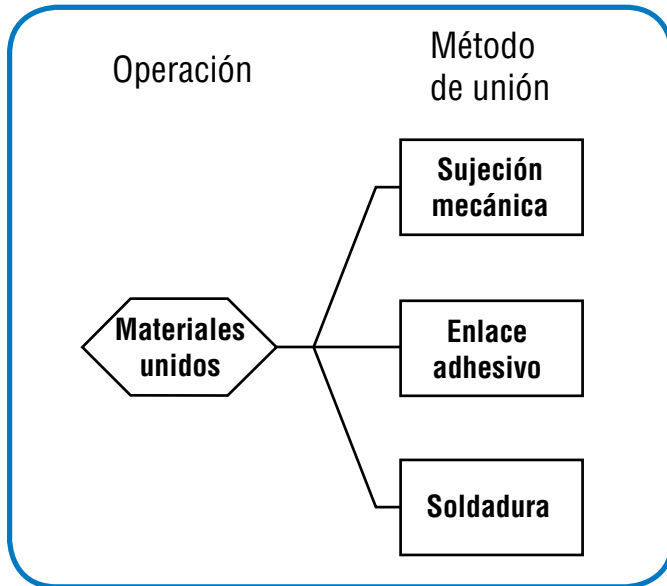


Figura 1 – Procesos de unión de materiales

### Sujeción mecánica

La sujeción mecánica une dos materiales mediante una fuerza de sujeción. Los tornillos, los pernos, los clavos y los remaches son algunos ejemplos de distintos tipos de sujetadores mecánicos. Este método permite desmontar los materiales en caso de ser necesario.



### Enlace adhesivo

El enlace adhesivo une los materiales mediante un material no metálico. Los adhesivos se encuentran disponibles en varias formas diferentes que incluyen geles, líquidos, pastas y gotas. Este proceso es particularmente útil para unir materiales diferentes entre sí.



### Soldadura

La AWS define la soldadura como un proceso de unión que produce la coalescencia de materiales calentándolos a la temperatura de soldadura con aplicación de presión o sin ella, o mediante la aplicación de presión sola, y con el uso de metal de aportación o sin él.

La soldadura se diferencia de los otros procesos de unión en que la unión creada por ella es muy fuerte y permanente. Las partes que se han soldado no se pueden separar con facilidad. La soldadura es rápida y es una de las maneras más económicas de unir metales de manera permanente.

Existen hasta 94 tipos diferentes de procesos de soldadura reconocidos por la AWS que usan diferentes fuentes de energía para unir metales. Los procesos de soldadura que se mencionan en este libro son algunos de los procesos de soldadura por arco eléctrico que más se usan hoy en día. Estos procesos son soldadura por arco de metal protegido (SMAW), soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW), soldadura por arco metálico con gas (GMAW), soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW), y soldadura por arco sumergido (SAW).



La Sociedad Estadounidense de Soldadura (AWS) define el término "soldadura por arco" (Arc welding, AW) como un grupo de procesos de soldadura que produce la coalescencia de piezas de trabajo a través de su calentamiento con un arco. Estos procesos se emplean con metal de aportación o sin él.

El calor necesario para la soldadura se crea estableciendo un arco eléctrico entre un electrodo y el metal que se va a soldar. Se puede usar corriente continua (CC) o corriente alterna (CA).

El charco de metal líquido que se origina cuando se realiza la soldadura debe estar protegido del aire para evitar que se oxide (y se vuelva frágil). Esto se puede lograr a través del uso de un fundente contenido sobre el electrodo o dentro de éste, o mediante el uso de un gas de protección externo. En algunos casos, se usan tanto el fundente como el gas de protección.

En la mayoría de los casos, no se creará una soldadura lo suficientemente fuerte con sólo fundir las piezas de metal. Es por esto que generalmente se agrega metal de aportación para aumentar la fuerza total de la soldadura. Según el proceso de soldadura que se emplee, el metal de aportación también puede ser el electrodo o bien se agrega por separado.

El éxito en la soldadura se logra no sólo gracias a la habilidad de la persona que realiza el proceso de soldadura sino también debido a que se une cuidadosamente la química del metal de aportación al metal base. De esta manera se puede garantizar que la soldadura resultante tendrá las propiedades químicas y físicas requeridas para cumplir con los requisitos de mantenimiento de la parte que se está soldando.

### Métodos de soldadura por arco

En la fabricación, los procesos de soldadura se pueden llevar a cabo mediante la aplicación de los métodos manual, semiautomático, automático y robótico. En la soldadura manual, todos los aspectos del arco y del depósito de soldadura se controlan manualmente.

## Soldadura semiautomática

La AWS define la soldadura semiautomática como la soldadura manual realizada con equipos que controlan automáticamente una o más de las condiciones de soldadura.

El alimentador de alambre y el aspecto de voltaje constante de la fuente de alimentación convierten en semiautomáticos a los procesos de alambre continuo tales como GMAW y FCAW. El alimentador de alambre controla el agregado de metal de aportación y el voltaje del arco controla la longitud del arco. Por lo tanto, se controlan dos partes automáticamente. El operador, mientras suelda, maneja físicamente los ángulos del soplete o pistola, y las velocidades de avance.

## Soldadura automática

La AWS define la soldadura automática como la soldadura con equipos que requieren una observación ocasional o ninguna observación de la soldadura, y no requieren ajustes manuales de los controles de los equipos.

La soldadura automática se puede realizar mediante la aplicación de una serie de procesos de soldadura de tres maneras básicas: soldadura de automatización fija, de automatización flexible y robótica (Automatización programable).

La automatización fija usa una máquina especial, diseñada específicamente para soldar por arco las mismas partes específicas en una base de producción continua. Un operador monta una pieza en un portapiezas, presiona el botón Inicio y la pieza se suelda automáticamente. El operador desmontará la pieza soldada, la inspeccionará, cargará otra pieza y empezará el proceso nuevamente (generalmente en los procesos GMAW o GTAW).

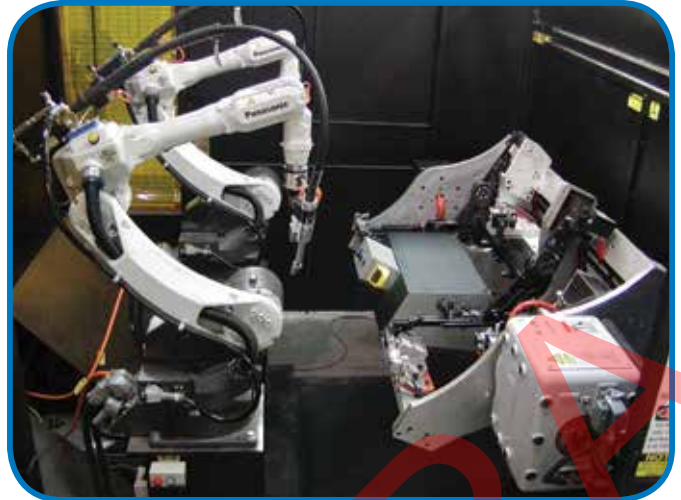
Las piezas que se van a soldar se pueden rotar debajo del soplete para soldar o éste se puede mover de un lado a otro de la pieza o alrededor de ésta, por lo general, en un sólo eje de movimiento. Las piezas que se van a soldar tienen, normalmente, un diseño simple que requiere una soldadura simple. A menudo se utilizan los siguientes métodos:

- – Soldadura de puntos por arco
- – Soldadura de tapón o ranura
- – Soldadura lineal
- – Soldadura circunferencial

La automatización flexible es simplemente una variación de la automatización fija pero que permite alguna variación en las piezas tales como un cambio de diámetro en una soldadura circunferencial o una adaptación de longitud en una soldadura longitudinal.

## Soldadura robótica (Automatización programable)

La AWS define la soldadura robótica como la soldadura realizada y controlada por un equipo robótico.



Los robots permiten un movimiento rápido sobre una envoltura de trabajo para soldar piezas componentes pequeñas o conjuntos de piezas grandes. El robot puede realizar una soldadura de un tamaño adecuado con exactitud y de manera sistemática, a una velocidad y repetitividad óptimas.

Los robots tienen la capacidad de hacer tiradas de producción pequeñas que se pueden reacondicionar para realizar cambios, o se pueden programar especialmente para que realicen tiradas de producción grandes, lo que permite operar 24 horas por día durante los 7 días de la semana.

La soldadura robótica ofrece las siguientes ventajas:

- Reduce los riesgos para el operador.
- Reduce el desperdicio de materiales y las horas de trabajo, ya que permite una mayor exactitud y consistencia.
- Tiempos de ciclos más rápidos de las piezas.
- Puede soldar en todas las posiciones.
- Capaz de adaptarse rápidamente a la soldadura una variedad de piezas de producción según sea necesario o cambios de piezas.

La soldadura robótica es programable y altamente flexible para adaptar y cambiar rápidamente el movimiento del arco de soldadura con el fin de realizar soldaduras de alta calidad sobre diseños de piezas complejos.

## Términos eléctricos de soldadura

### Voltaje primario

El voltaje primario es la entrada de voltaje a la máquina suministrada por la empresa de energía o por una unidad generadora de energía eléctrica auxiliar. Este voltaje tiene un voltaje o potencial constante en cada receptáculo. Este voltaje podría ser 120 (110/115), 208 (200), 230 (220/240), 460 (440/480), 575 (600), etc., V.C.A. (voltios de corriente alterna) con una frecuencia de 50 o 60 Hz. Los transformadores de las fuentes de alimentación para soldaduras están diseñados para funcionar con estos voltajes.

El voltaje primario puede ser monofásico o trifásico (Figura 2 y Figura 3). El voltaje primario se mide en el panel eléctrico o dispositivo de desconexión de línea, receptáculo o fleje de terminal dentro de la máquina de soldar.

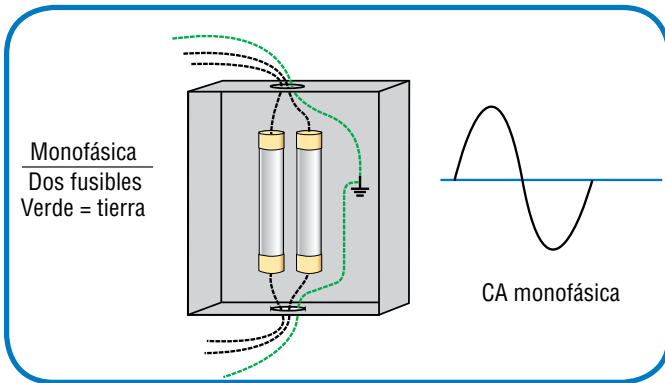


Figura 2 – Energía primaria monofásica (1Ø)

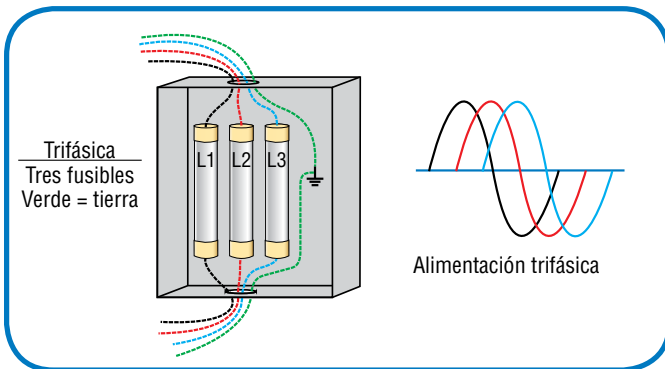


Figura 3 – Energía primaria trifásica (3Ø)

## Tipos de corriente para soldar

Existen dos tipos de corriente eléctrica: corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).

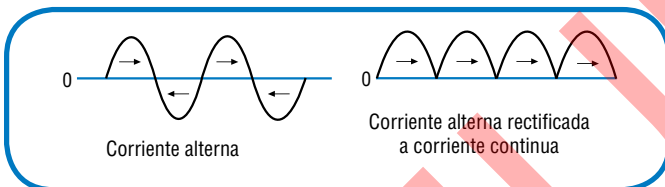


Figura 4 – Corriente alterna convertida a corriente continua

## Corriente continua

La corriente continua es una corriente eléctrica que fluye en una dirección y tiene polaridad negativa o positiva. Una batería, una linterna (pilas secas) o un automóvil (pilas hidroeléctricas), constituyen una fuente de corriente continua y tienen una terminal positiva y una negativa (polo). La teoría convencional del flujo de la corriente eléctrica, adjudicada a Benjamin Franklin, establece que los electrones fluyen desde la terminal positiva (+) a la terminal negativa (-).

Una máquina de soldar con salida de corriente continua también tiene una terminal positiva y una terminal negativa. La polaridad de la corriente eléctrica (o la dirección del flujo de la corriente) se selecciona conectando el cable del electrodo, el soporte y un electrodo a la terminal positiva o a la terminal negativa. El cable de trabajo junto con su abrazadera se conecta a la terminal opuesta. La corriente fluye desde la terminal negativa (-) a la terminal positiva (+) en una sola dirección. Esta es la teoría de los electrones que pertenece a Thomas Edison y se aplica en la teoría de la soldadura por arco.

## Polaridad

La polaridad del arco de soldadura de corriente continua o la dirección del flujo de corriente eléctrica son muy importantes. El proceso de soldadura por arco de metal protegido (SMAW) primero se aplicó con electrodos metálicos sin recubrir o apenas recubiertos con fundente conectados a la terminal (polo) negativa (-). La conexión de trabajo se hacía luego a la terminal (polo) positiva (+) de la fuente de alimentación para soldaduras. Este es el electrodo negativo y también se denomina "polaridad directa" (Figura 5). Cuando el electrodo se conecta a la terminal positiva (+) (electrodo positivo) y el cable de trabajo a la terminal negativa (-), la conexión se conoce como electrodo positivo o "polaridad invertida" (Figura 6). Es importante realizar las conexiones de manera tal que el flujo de la corriente esté en la dirección correcta para el procedimiento y proceso de soldadura específicos.

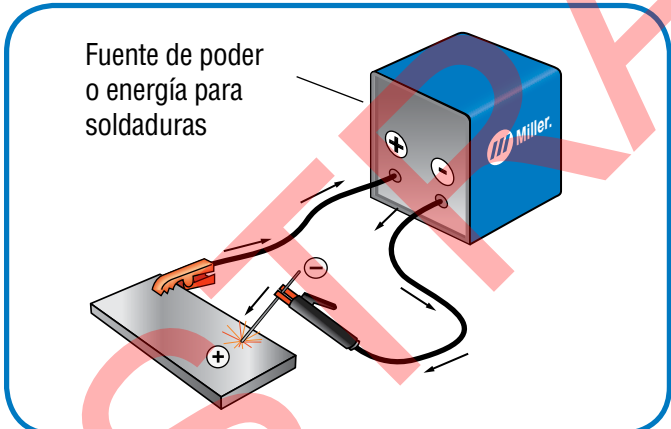


Figura 5 – Corriente continua con electrodo negativo (CCEN)

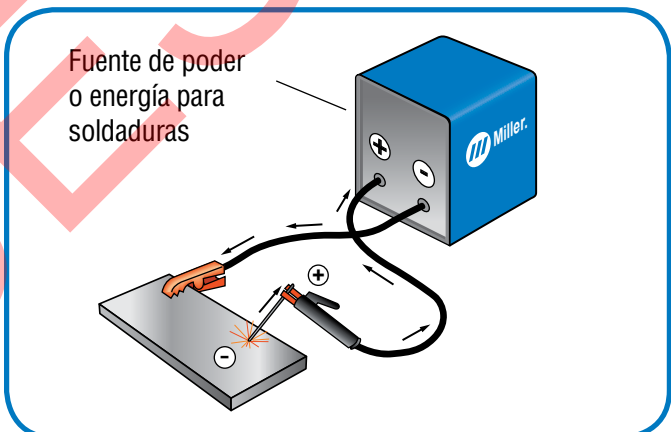


Figura 6 – Corriente continua con electrodo positivo (CCEP)

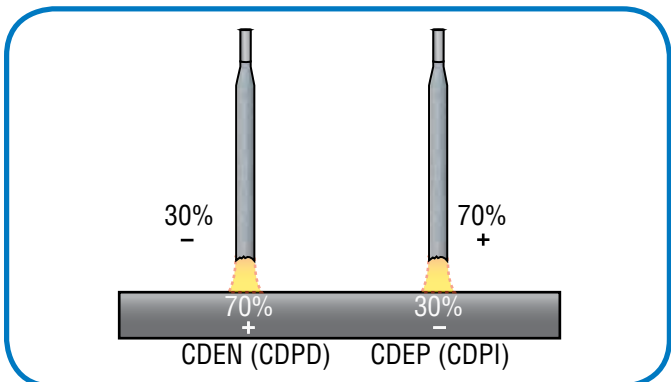


Figura 7 – Corriente continua con distribución del calor