

# WELDING JOURNAL

EN ESPAÑOL

ENERO 2023



**Cómo mejorar la  
eficiencia en el  
lugar de trabajo**

**Soldadura  
ferroviaria**



**ADEMÁS: SOLDADURA POR RESISTENCIA ■ MANUFACTURA ADITIVA ■ ERGONOMÍA DE LA SOLDADURA**

ADIÓS A LAS SUPOSICIONES.  
***APROVECHE LOS AHORROS  
POR TIEMPO LIMITADO.***



Los nuevos sistemas de ranurado y corte por plasma Powermax SYNC™ revolucionarán su manera de trabajar. El nuevo cartucho consumible de una sola pieza se coloca de manera fácil, proporciona una calidad de corte constante y simplifica las necesidades del inventario. La tecnología avanzada de la antorcha le permite controlar el sistema, para que desperdicie menos tiempo y produzca más piezas de alta calidad, siempre. Hay sistemas disponibles de 65, 85 y 105 A. Descubra más en [www.Hypertherm.com/SYNC](http://www.Hypertherm.com/SYNC).



## ARTÍCULOS

### **12** Mejore la eficiencia de la soldadura en los lugares de trabajo de la construcción

Los contratistas de construcción y los montadores de acero deben tener en cuenta los cuatro consejos descritos en este artículo para combatir las demoras en los proyectos y los desafíos laborales.

**A. Moore y M. Goelzer**



### **16** Mejora de la infraestructura en las vías

Cómo un proceso de restauración de componentes de interruptores está facilitando las reparaciones ferroviarias.

**J. Smith y R. Zatezalo**



### **20** En camino a la comprensión de los códigos de AWS para el transporte ferroviario

Además de la especificación D15.1 de la Sociedad y otros códigos, este artículo destaca la fabricación de material rodante, los materiales y procesos utilizados en la construcción, y más.

**P. Burys**



## SECCIONES

- 5** Editorial
- 6** Manual de seguridad
- 7** Preguntas y respuestas – resistencia

- 10** Nuevos productos y literatura
- 29** Punto de vista
- 29** Índice de anunciantes

## ARTÍCULOS

### 26 Fabricación aditiva de metal de soldadura para piezas grandes en 3D

La impresión en metal 3D a gran escala es una solución para los retrasos actuales en la cadena de suministro de grandes piezas fundidas, forjadas y ensamblajes.

**B. K. Narayanan y T. Melfi**



Crédito de la portada: Shutterstock.

### OFFICERS

**President** Dennis K. Eck  
Diversified Services & Solutions LLC

**Vice President** Michael A. Krupnicki  
Rochester Arc + Flame Center

**Vice President** Richard L. Holdren  
Welding Consultants LLC/ARC Specialties

**Vice President** D. Joshua Burgess  
Tennessee Valley Authority

**Treasurer** Mary Bihrlé  
Consultant

**Executive Director & CEO** Gary Konarska II  
American Welding Society

### DIRECTORS

R. Ashelford (Dist. 13), Rock Valley College  
T. Brosio (Dist. 14), Major Tool & Machine  
D. E. Clark (Dist. 20), DEClark Welding Engineering PLLC  
A. Classens (Dist. 4), A. E. Classens & Associates  
J. Davis (Dist. 21), Consultant  
R. Emery (Dist. 22), College of the Sequoias  
M. Hanson (Dist. 15), Compass Electronics Solutions  
R. E. Hilty (Dist. 7), Hilty Sign & Fabrication Co.  
T. S. Holt (Dist. 18)  
J. Jones (Dist. 16), Evergy Inc.  
J. Jones (Dist. 17), Harris Products Group  
T. Kinnaman (Dist. 1), T. C. Kinnaman Welding Solutions  
T. Kostreba (Dist. 10), Erie High School

D. H. Lange (Dist. 12), Northeast Wisconsin Tech. College  
S. Moran (Dist. 3), General Dynamics Electric Boat  
W. F. Newell (At Large), Euroweld Ltd.  
C. E. Pepper (Dist. 9), C. E. Pepper & Associates  
D. Peterson (Dist. 5), Central Maintenance and Welding  
N. Peterson (At Large), Miller Electric Mfg. LLC  
W. R. Polanin (Past President), WRP Associates  
S. Raghunathan (At Large), Saudi Aramco  
R. W. Roth (Past President), RoMan Mfg. Inc.  
K. Shatell (At Large), Pacific Gas & Electric Co.  
L. E. Showalter (At Large), Newport News Shipbuilding  
M. M. Skiles (At Large), Consultant  
R. H. Stahura (Dist. 6), ESAB Welding & Cutting Products  
K. Temme (Dist. 2)  
P. I. Temple (Dist. 11), Welding Consultant  
J. Thompson (Dist. 8), Consultant  
B. Towell (Dist. 19), Industrial Inspection & Services LLC

### WELDING JOURNAL en Español

**Editor** Carlos Guzman

### WELDING JOURNAL

**Publisher/Editor** Annette Alonso

### Editorial

**Managing Editor** Kristin Campbell

**Sr. Editor** Cindy Weihl

**Associate Editor** Katie Pacheco

**Associate Editor** Alexandra Quiñones

**Education Editor** Roline Pascal

**Peer Review Coord.** Brenda Flores

**Publisher Emeritus** Jeff Weber

### Design and Production

**Managing Editor, Digital and Design** Carlos Guzman

**Production Manager** Zaida Chavez

**Assistant Production Manager** Brenda Flores

### Advertising

**Senior Sales Executive** Scott Beller

**Manager, Sales Operations** Lea Owen

### Subscriptions

**Subscriptions Representative** Marandi Gills  
[mgills@aws.org](mailto:mgills@aws.org)

### aws.org

8669 NW 36 St., # 130, Miami, FL 33166-6672  
(305) 443-9353 or (800) 443-9353

La AWS valora la diversidad, defiende prácticas equitativas e invita a sus miembros a establecer una cultura en la comunidad de soldadura para aprender y celebrar las diferencias entre las personas. La AWS reconoce que un compromiso de diversidad, igualdad e inclusión es esencial para alcanzar la excelencia en la Asociación, sus miembros y empleados.

*Welding Journal en español* (ISSN 2155-5559 impresa/print) (ISSN 2689-064X en línea/online). Lectores del *Welding Journal en español* pueden hacer copias de artículos para uso personal, educacional, e investigación, pero este contenido no se puede vender. Favor indicar crédito apropiado a los autores de los artículos. No obstante, los artículos marcados con asterisco (\*) tienen derechos reservados y no se pueden copiar. Para más información, favor contactar a nuestro departamento editorial

## Creando lo nuevo con manufactura aditiva

La manufactura aditiva (AM, por sus siglas en inglés) de metales es un campo en expansión cuya base es el conocimiento del comportamiento de la soldadura de aleaciones y de los metales. La MA crea nuevos materiales fundiendo capa por capa de materia básica con el uso de un plan de calentamiento controlado por computadora. Este proceso ha sido posible mediante la mejora de algoritmos de control por computadora y planeación de vías térmicas robóticas.

Tanto la soldadura por fusión como la soldadura de estado sólido crean estructuras unidas más grandes que sus materiales iniciales y, en ese sentido, son aditivas y no sustractivas como lo es el maquinado. La AM aporta otro nivel de planeación a ese proceso de adición de metal y luego se enfoca en el nuevo material que se crea al final del proceso. Ahora pueden construirse componentes estructurales completos a partir de material de AM y un solo tipo de materia básica que ha sido estandarizado.

Las personas relacionadas con la soldadura pueden ver que hacer partes mediante la AM es localmente un simple proceso más de soldadura. Eso se aplica tanto para procesos de fusión de cama de polvo (PBF, por sus siglas en inglés), los cuales pueden usar rayos de densidad de alta energía como láseres o rayos de electrones, como para procesos de deposición de energía dirigida (DED, por sus siglas en inglés), los cuales usan materia básica introducida localmente. La DED puede usar diversos procesos de arco y rayo. Estas mismas fuentes de calor se usan para soldadura.

Muchos sectores industriales están empezando a ver cómo la AM puede llenar ciertos nichos para estructuras metálicas. Estos sectores incluyen el aeroespacial y el médico, así como las áreas de defensa, de energía y de contenedores a presión, las cuales recientemente agregaron documentos para el uso de la AM. Debido al aumento de interés en este proceso, la AWS está trabajando en el desarrollo de mejoras al actual estándar AWS D20.1, *Specification for Fabrication of Metal Components Using Additive Manufacturing* (Especificación para la fabricación de componentes metálicos usando manufactura aditiva), el cual cubre diversos procesos de AM. Su participación en las actividades de los comités de códigos puede mejorar éste y otros estándares de la AWS.

El tipo de nichos más adecuado para la AM tiene equipos de producción como moldes y partes geométricas ajustadas individualmente, como por ejemplo implantes estructurales para usos médicos, dentales y veterinarios. La AM tiene un mayor control geométrico que muchos procesos de creación de formas para metales, por lo que es una consideración que se ha discutido ampliamente para PBF. Tanto la DED como la PBF demandan menos herramienta que otros procesos para lograr formas finales, por lo que la velocidad para producir partes finales, particularmente para producciones pequeñas de partes, puede ser una gran ventaja. La AM no necesita crear un componente terminado en su totalidad debido a que se necesita siempre una base original. La rehabilitación y el reformado son otras opciones para nichos.

La AM puede impulsar nuevos desarrollos que pueden ser útiles en otras situaciones que entran de manera más natural en la soldadura. Por ejemplo, la DED por arco crea nuevo material usando planeación de trayectorias y arreglos por capas de cordones de soldadura, similares a las soldaduras a tope de pasadas múltiples por arco y soldaduras en filete. Las demandas de AM para control en la forma del cordón, la posición y la altura de la capa están desafiando los límites de los procesos de DED por arco para el control de lazo cerrado y de ajuste. Estas mejoras en el control luego pueden estar disponibles para los procesos de soldadura robótica por arco para soldaduras a tope y en filete. [WJ](#)



*William Mohr  
Ingeniero jefe,  
Integridad  
Estructural EWI,  
Presidente, D20*

**“Se necesitarán nuevos procesos, procedimientos, máquinas y materias básicas para lograr el potencial de la AM para la fabricación rápida, confiable y estable de nuevos componentes. Eso significa que habrá mucha creación nueva en este espacio.”**

## La ergonomía en el ambiente de la soldadura

La ergonomía es la ciencia de acomodar y diseñar las cosas para un uso eficiente. Ésta implica hacer que el lugar de trabajo se ajuste a las necesidades de los trabajadores. Ésta no trata de hacer que los trabajadores se ajusten al lugar de trabajo. Por el contrario, la ergonomía se enfoca en cambiar las cosas (herramientas, equipo, instalaciones, etc.), no en cambiar a las personas. Sus propósitos son los siguientes:

- Evitar lesiones y trastornos;
- Garantizar la seguridad, la salud y la productividad del trabajador;
- Reducir los costos de compensación y el ausentismo; y
- Cumplir con las regulaciones.

Cuando un lugar de trabajo está bien diseñado, el trabajador se siente, cómodo, la calidad y la producción aumentan y todo mundo se beneficia.

### Naturaleza del riesgo

La soldadura introduce muchos retos ergonómicos. Con frecuencia requiere posiciones incómodas del cuerpo. La posición del cuerpo y el tiempo son factores clave para provocar lesiones durante la soldadura. Para reducir los riesgos, deben considerarse soluciones ergonómicas para todas las situaciones de soldadura.

### Causas comunes de problemas

- Estiramiento
- Encorvamiento
- Levantamiento de objetos pesados
- Uso de fuerza continua
- Trabajo con equipo que vibra
- Movimientos repetitivos
- Posturas incómodas
- Temperatura

### Posibles soluciones

- Reconozca que la lesión por movimiento repetitivo con frecuencia se percibe de manera errónea como un tipo de debilidad o fatiga a corto plazo. Ésta puede ser el inicio de lesiones más graves.

- Atienda las quejas de manera oportuna.
- Obtenga realimentación de los empleados mediante la discusión de posibles soluciones. Haga del conocimiento de los empleados todo nuevo plan, y promueva la aceptación de soluciones por parte de los empleados.
- Rediseñe la estación de trabajo con la ayuda de los empleados. Los empleados deben sentirse parte del proceso.
- Utilice la gravedad cuando ésta pueda ayudar a mover material al área o estación de trabajo. Esto ayuda a evitar manejo innecesario de material.

### Soluciones prácticas para evitar riesgos

- Evite posiciones de trabajo fijas debido a que éstas reducen el flujo de sangre hacia los músculos.
- Mantenga los codos cerca del cuerpo.
- Evite posiciones donde los brazos estén arriba del nivel de los hombros.
- Use herramientas manuales más ligeras.
- Cuelgue las herramientas.
- Soporte sus codos.
- Brinde suficiente descanso.
- Utilice dispositivos de sujeción.

### Factores de diseño de estaciones de trabajo que se deben considerar

- Posición del trabajo
- Capacidad física del trabajador
- Diseño y peso de las herramientas
- Mecánica de operación del cuerpo
- Tipo de equipo de protección usado
- Espacio de trabajo/ambiente (tamaño, iluminación, temperatura, ruido, vibración, etc.)
- Requerimientos físicos del trabajo (levantamiento, giro, estiramiento, etc.)
- Requerimientos mentales (motivación, estado de alerta, concentración, etc.)
- Fuerza y tamaño de los trabajadores **WJ**

Adaptado de *American Welding Society (AWS) Safety and Health Fact Sheet No. 13, Ergonomics in the Welding Environment* (Hoja informativa No. 13 de seguridad y salud, ergonomía en el ambiente de soldadura, de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS)). Todas las Hojas Informativas de Seguridad y Salud de la AWS están disponibles a través del sitio web de la AWS, en [aws.org](http://aws.org). Dé clic en "Standards" en la página principal y luego en "Safety & Health". La AWS no se hace responsable por afectaciones a personas o propiedad ni por otros daños de cualquier otra naturaleza, ya sea especiales, indirectos, consecuenciales o compensatorios, que resulten de manera directa o indirecta de la publicación de esta información, de su uso o de la dependencia de la misma. AWS tampoco da garantía alguna en cuanto a la exactitud o a la integridad de toda información aquí publicada.

## Resistencia

POR DR. MARK L. BOYLE

**La sección de preguntas y respuestas de la RWMA (Asociación de Fabricantes de Soldadura por Resistencia, por sus siglas en inglés) de este número incluye varias preguntas sobre el monitoreo del proceso de soldadura por resistencia.**

**P:** nuestro proceso de soldadura por resistencia produce resultados inconsistentes. La mayoría de las soldaduras son buenas, pero obtenemos demasiadas soldaduras débiles que requieren retrabajo o causan desperdicios corriente abajo. ¿Cómo puedo averiguar qué está mal?

**R:** la consistencia del proceso es un problema común en la soldadura por resistencia. Hay varias cosas que pueden estar fallando, todas causadas por variaciones en una o más de estas áreas: desempeño del equipo, propiedades de los materiales y ajustes del proceso. Siempre recomendamos que los clientes empiecen su investigación por los parámetros del proceso de soldadura registrados con un verificador de soldadura (es decir, un monitor de soldadura). ¿Por qué? Los datos recolectados por estos dispositivos pueden revelar algo que hasta los ojos y oídos mejor entrenados de un operador experimentado no pueden. Aun cuando es obvio que la soldadura no



*El operador utiliza un monitor de soldadura para verificar el proceso durante la producción.*

está funcionando, el operador puede no ser capaz de localizar la raíz del problema, mientras que los datos de un monitor sí podrían hacerlo. Sin datos de un monitor, el operador trabaja en gran medida a ciegas y adivinando la raíz del problema.

**P:** ¿Qué parámetros del proceso pueden medirse mediante un monitor de soldadura?



*Monitores y verificadores de soldadura por resistencia de escritorio y portátiles.*

**R:** un monitor de soldadura por resistencia puede capturar corriente eléctrica durante la soldadura, voltaje entre electrodos, fuerza de electrodos y movimiento de electrodos.

Los modelos básicos generan un valor numérico agregado (por ejemplo, mínimo o máximo) para uno o más parámetros. Los monitores más avanzados pueden capturar y analizar toda la forma de onda de alta resolución de cada parámetro. Las formas de onda brindan mucha más información útil sobre el proceso de soldadura dinámica que los valores agregados. Por ejemplo, las formas de onda pueden revelar salpicadura debida a un ensamblaje inconsistente, hardware flojo de la máquina de soldadura y sincronización

inconsistente entre la aplicación de la fuerza mecánica y la potencia eléctrica.

**P:** ¿Qué me dicen estos parámetros acerca de la soldadura?

**R:** la soldadura por resistencia se logra aplicando calor y presión en el tiempo. Se suministra calor haciendo pasar corriente a través de los electrodos y el elemento soldado. Se suministra presión apretando el elemento soldado entre dos electrodos a una fuerza predeterminada. El perfil de tiempo (velocidad a la cual se aplican corriente y presión) puede afectar el resultado de la soldadura.

El calor y la presión no pueden medirse directamente, pero son una consecuencia de la corriente a través de las partes, del voltaje a través de los electrodos y de la fuerza aplicada por la cabeza de soldadura. De estas mediciones pueden derivarse otros parámetros eléctricos como la potencia y la resistencia. Además, el proceso de soldadura causa un movimiento pequeño (desplazamiento) de los electrodos que puede revelar si la soldadura ha progresado de acuerdo a lo esperado.

Un cambio en cualquiera de estos parámetros podría indicar problemas en el proceso de soldadura, como por ejemplo, alineación incorrecta, suciedad/desperdicios, cambio en el material, cambio en el recubrimiento y otros defectos.

**P:** ¿Un monitor de soldadura puede determinar una soldadura buena o mala?

**R:** el monitor con sus valores resultantes y/o formas de onda no puede, por sí mismo, decir si la soldadura fue buena o mala. Sin embargo, puede comparar la soldadura más reciente con una soldadura buena conocida. Si los parámetros son similares, ésta se pasa como “buena”; si éstos están fuera del rango, la soldadura es señalada como “diferente”. El calificativo “diferente” con frecuencia se considera malo en un valor de producción,

y la parte sería señalada para retrabajo o como desecho.

Para determinar el rango de valores o límites aceptables, un usuario ejecuta un diseño de experimentos usando diferentes ajustes del equipo para soldar que afectarán la calidad de la soldadura. Se registran y se revisan formas de onda con resultados de calidad de soldadura. Al final del estudio, pueden establecerse los límites superior e inferior de los parámetros, de forma que el rango incluya las soldaduras buenas y excluya las soldaduras malas. Los valores límite óptimos reflejan un equilibrio entre los éxitos cuando se acepta una soldadura buena y cuando se evitan muchos falsos positivos; es decir, soldaduras que generan lecturas dentro de los límites no cumplen las especificaciones de calidad de la soldadura. Es un esfuerzo que ocupa tiempo, pero que da como resultado ajustes del proceso que identificarán una soldadura buena dentro de los límites estadísticos. Para soldaduras críticas, éste es el procedimiento de facto que se debe seguir para productos como componentes de seguridad o dispositivos médicos.

**P:** ¿Para qué más pueden usarse los monitores de soldadura?

**R:** además del aseguramiento de la calidad, los monitores de soldadura se usan para identificar ajustes correctos en el desarrollo del proceso y para solución de problemas durante el mantenimiento, certificación de equipos y almacenamiento de datos. Identificar y monitorear los ajustes correctos de soldadura brinda un medio para el control de calidad del producto que se está fabricando. Durante el desarrollo del proceso, se puede comparar la estabilidad de los ajustes y optimizar el proceso.

En la solución de problemas durante el mantenimiento, los monitores de soldadura son muy útiles para capturar valores y formas de onda para indicar la fuente probable del problema. La forma de la onda puede indicar problemas en las propiedades del material, cambios en los ajustes del proceso y mal funcionamiento del equipo. La clave está en identificar rápidamente la fuente real del problema y retomar la producción.

Los monitores de soldadura además pueden verificar o certificar que el



*Visualización de formas de onda capturadas para múltiples parámetros. Las áreas amarillas y verdes muestran regiones de interés definidas por el usuario. Limite las líneas por encima y por debajo del proceso para garantizar el éxito.*

equipo está operando como se espera. Si usted programó una soldadura de 2000 A por 10 ms, querrá asegurarse de que la fuente de poder funcione como se espera.

Finalmente, dado que el monitor está registrando los valores, también hay una opción para almacenar los datos. Cuando se conecta a un sistema de ejecución de manufactura, pueden almacenarse valores de soldadura para una parte producida en particular.

**P:** ¿Dónde se almacenan los datos del monitor de soldadura, y cómo puedo usarlos?

**R:** los datos pueden almacenarse localmente en el monitor de procesos o en un servidor en red ya sea localmente o en la nube. Los monitores modernos de alto desempeño tienen software que almacena los valores registrados en un servidor de base de datos. Puede accederse a esta base de datos mediante software de control estadístico de procesos (SPC, por sus siglas en inglés) analítico, que se usa para monitorear el estado del equipo y que es analizado mediante programas de eficiencia general de los equipos.

Los gerentes de producción, ingenieros de proceso y operadores pueden usar los datos almacenados para tomar decisiones informadas sobre el proceso de producción, las cuales afectan la calidad del producto, el rendimiento y el costo.

**P:** ¿Estos datos pueden usarse para algoritmos de aprendizaje de máquina o inteligencia artificial?

**R:** de hecho, ¡sí pueden! La inteligencia artificial (AI por sus siglas, en inglés) y el aprendizaje de máquina (ML por sus siglas, en inglés) se están aplicando en el campo de la soldadura para crear límites inteligentes adaptivos y predecir la calidad de la soldadura.

Los algoritmos de AI/ML buscan tendencias en los datos registrados que pueden no haberse visto mediante el análisis estándar de gráficas. Además, las herramientas de AI/ML pueden generar muchas características de datos a partir de las formas de onda del proceso. Estas características pueden usarse para detectar detalles sutiles sobre el proceso de soldadura. Aun cuando el volumen solo de datos pueda sobrepasar las herramientas de software SPC comunes y corrientes, los datos pueden ser manejados fácilmente por algoritmos modernos de ML que se ejecutan en computadoras asequibles.

Los programas de AI/ML van más allá de los límites instantáneos simples que mencionamos anteriormente. Esto adapta límites durante el proceso de soldadura, permitiendo fluctuaciones externas que ocurren de manera natural con el tiempo (temperatura ambiente, cambio de electrodos, etc.). Estos límites adaptivos inteligentes permitirán un mayor rendimiento y una mejor calidad.



*Los monitores de soldadura de última generación utilizan inteligencia artificial y aprendizaje automático.*

La AI/ML puede ser capaz de alcanzar el santo grial del monitoreo de procesos y finalmente contestar la pregunta “¿La soldadura más reciente fue buena o mala?” La AI/ML además puede brindar un medio para predecir la calidad de la soldadura.

**MARKL. BOYLE**, PhD, es gerente sénior, ingeniería de producto y aplicaciones, de AMADA WELD TECH, Monrovia, California. email at [mark.boyle@amadaweldtech.com](mailto:mark.boyle@amadaweldtech.com).

# ¿Buscando Tungsteno Toriado del 2%?



El tungsteno toriado del 2% ha sido el estándar de la industria de la soldadura por décadas. Ahora algunos distribuidores le harán creer que la disponibilidad del tungsteno toriado llegó a su fin.

Los Tungsten Electrode Experts de Diamond Ground Products tienen tungsteno toriado del 2% en existencia y disponible por tiempo indefinido.

Llame a DGP para conseguir su tungsteno toriado al 2% o 4% o para obtener una muestra gratuita de nuestras otras variantes de tungsteno, como Tri-Mix™ o Cryo-T. Estas son mejores opciones y no como otras imitaciones baratas que dicen ser “tecnología nueva”.



*“The Tungsten Electrode Experts”*

2651 Lavery Court • Newbury Park, CA 91320  
Tel: 805.498.3837 • sales@diamondground.com  
**DIAMONDGROUND.COM**

### Monitor de purga de soldadura actualizado con funciones adicionales



El 100 Weld Purge Monitor® PurgEye® les permite a los soldadores saber exactamente cuál es el contenido de oxígeno antes, durante y después de soldar para eliminar grietas y otros defectos estructurales en metales. Éste brinda lecturas exactas desde un nivel de oxígeno atmosférico (20.94%) hasta 100 ppm (0.01%) de oxígeno, el cual es adecuado para acero inoxidable. El monitor portátil cuenta con una carcasa metálica, una actualización con respecto a la de plástico; una pantalla LCD fácil de leer; íconos de batería baja y sensor; y un modo automático de reposo para ahorrar batería cuando el monitor no se está usando. Además, el monitor tiene calificación IP65 y viene con botones pulsadores a prueba de fugas; funciones de auto-calibración; un ensamble de sonda a prueba de fugas, sellado al vacío; y una banda para muñeca/cuello.

**Huntingdon Fusion Techniques HFT**  
huntingdonfusion.com  
(800) 431-1311

### Alimentador de alambre que se conecta con máquinas para soldar de otras marcas

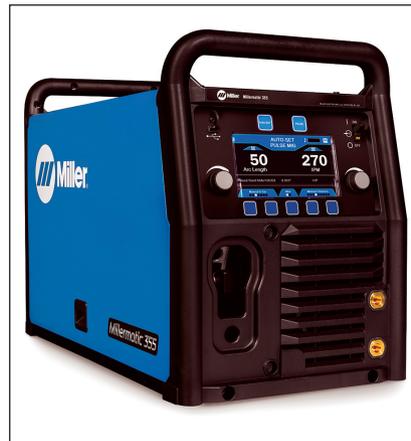
El módulo de comunicación RobustFeed Pro Connect les permite a los usuarios de máquinas para soldar de otras marcas utilizar el alimentador de alambre portátil



til RobustFeed Pro. Éste funciona con las fuentes de poder Idealarc® CV, Invertec® V350 y Flextec® 650 de Lincoln Electric, así como con los modelos Dimension™ y XMT® de Miller Electric. El módulo es adecuado para aplicaciones de alimentador portátil en los sectores naval, de la construcción civil, ferroviario y de mantenimiento pesado. Está diseñado para usuarios de equipo de acero estructural de tanques, contenedores, tráileres y equipo móvil que desean mejorar su tiempo productivo y mantener el desempeño de la alimentación de alambre en condiciones industriales severas.

**ESAB Welding & Cutting Products**  
esab.com  
(800) 372-2123

### Máquina para GMAW que acepta diferentes materiales



La máquina para soldadura por arco con electrodo metálico protegida con gas (GMAW) Millermatic® 355 funciona para fabricantes que necesitan soldar materiales variados en muchos ambientes de trabajo. La fuente de poder puede operar en corriente alterna monofásica o trifásica. Ésta ofrece funciones de GMAW y GMAW pulsada para acero suave, aluminio y acero inoxidable en espesores desde calibre 22 hasta 1/2 pulgada. Su función de GMAW pulsada les permite a los operadores reducir la entrada de calor para mejores resultados en acero inoxidable (con menos riesgo de distorsión o perforación por fusión en metales delgados) y menos salpicadura en todos los materiales. Su sistema industrial de alimentación de alambre de cuatro rodillos asegura una alimentación consistente

de todos los tipos de alambre y diámetros a todas las velocidades.

**Miller Electric Mfg. LLC**  
millerwelds.com  
(800) 426-4553

### Marcador de punta dual que produce marcas finas y extra-finas

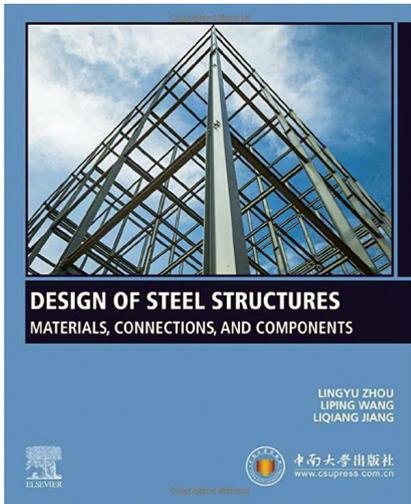


El marcador de punta dual Dura-Ink® crea marcas tanto finas como extra-finas usando un marcador en lugar de dos. Sus puntas de tinta permanente de dos lados facilitan el cambio entre tamaños de marcas para escritura gruesa en espacios grandes, y marcado de precisión ultra-fino en áreas pequeñas. El marcador de resistencia industrial seca rápidamente y está diseñado para escribir en diversas superficies. Además, es resistente al desgaste y a las condiciones climáticas para marcas más duraderas. Otras características incluyen tapas con clip integrado que entran una en la otra para evitar pérdida de tapas o que el marcador ruede y se caiga de las superficies de trabajo, un cuerpo de plástico durable para reducir la ruptura en el sitio de trabajo o en la planta, y tinta libre de xileno para un marcado seguro. El marcador está disponible en dos colores: rojo y negro.

**Markal**  
markal.com

### Libro que se enfoca en el diseño de estructuras de acero

El libro *Design of Steel Structures: Materials, Connections, and Components* (Diseño de estructuras de acero: materiales, conexiones y componentes) introduce conceptos y principios básicos para el diseño de estructuras de acero. En sus 428 páginas incluye capítulos sobre los siguientes temas: materiales (por ejemplo, acero de alto desempeño, acero formado en frío y otros tipos nuevos de acero); modos de falla de las estructuras de acero; miembros bajo tensión, compresión, doblado y cargas combinadas; conexiones de acero; sistema



estructural típico de acero; miembros de materiales compuestos; y resistencia a la vibración de miembros y conexiones de acero. Además, el libro cubre la historia y la aplicación general de las estructuras de acero junto con en el estado de las tendencias y clasificaciones típicas de las estructuras de acero. También incluye métodos de cálculo teórico y métodos de diseño de ingeniería, así como un gran número de casos de ingeniería. El libro está dirigido a personas relacionadas con la ingeniería civil o estructural.

Elsevier  
elsevier.com

### Interruptor de circuito de falla a tierra que protege a los trabajadores

El interruptor de circuito de falla a tierra (GFCI, por sus siglas en inglés) SB5000 Industrial Shock Block® ayuda a proteger a los trabajadores contra choque eléctrico detectando corriente de fuga e interrumpiendo el circuito para cargas de hasta 60 A.



Su función avanzada de protección de verificación de tierra monitorea la continuidad del cable a tierra desde el interruptor GFCI hasta la carga para interrumpir la energía o evitar la energización de equipo si se encuentra en riesgo. Esta función ofrece una opción de terminación Zener de dos etapas que cumple con M421 de la *Canadian Standards Association (CSA), Use of Electricity in Mines* (uso de electricidad en minas), y puede identificar un cable averiado antes de que se energice el equipo. El GFCI es adecuado para diversos sectores industriales, como el de la construcción, minería y manufactura general, así como en sitios donde se esté usando equipo eléctrico en exterior o en ambientes mojados.

Littelfuse  
Littelfuse.com  
(773) 628-1000

### Máquina con bastidor dividido que facilita las operaciones de tronzado, refrentado y biselado

La máquina con bastidor dividido estilo almeja COHOG® corta, refrenta y bisela tubo de manera simultánea. Ésta elimina las complicaciones asociadas con las máquinas tradicionales de fabricación de tubo montado en el diámetro exterior. Sus



patas de sujeción con auto-escuadreo se alinean rápidamente y aseguran la máquina al tubo, haciéndolo lo suficientemente rígido para cortar y biselar tubo de pared gruesa en una operación sin vibración ni rechinado. Además, incluye un anillo fijo maquinado de aleación de aluminio 7075 y recubrimiento duro para una mayor resistencia y durabilidad. Sus cojinetes excéntricos ajustados con precisión soportan por completo al anillo rotatorio, el cual está maquinado en una forja de acero especial. También está tratado térmicamente y niquelado para una resistencia duradera al desgaste y a la corrosión. Otras características incluyen correderas de herramientas indexables y mecanismos de disparo que usan un sistema de ubicación marcado para una alineación precisa y una rápida sujeción sin calzas ni ajustes a prueba y error. Pueden montarse fácilmente diversos módulos de cuchillas en las portaherramientas, y éstas pueden aceptar cuchillas de acero de herramienta de alta velocidad o insertos de corte.

ESCO Tool  
escotool.com  
(800) 343-6926

### Pistola de GMAW con extracción de humo con un diseño de peso ligero

En comparación con los modelos anteriores, la pistola para soldadura por arco con electrodo de metal protegida con gas con extracción de humo xFUME® PRO de peso ligero muestra mejoras a su diseño frontal y a sus componentes internos. Ésta reduce su peso un 20% y aumenta su potencia de succión y flujo un 10%. Su manija patentada maximiza el flujo de aire a través de la antorcha sin comprometer la ergonomía ni el confort. La articulación esférica en la base de la manija le permite al cable moverse independientemente de la manija, lo cual

significa que el soldador tiene menos peso que manipular mientras articula la pistola. La pistola de soldadura está diseñada para mejorar las condiciones de trabajo de los soldadores protegiéndolos de los humos de soldadura y reduciendo el impacto físico cotidiano de la soldadura. Para un desem-

peño óptimo, la pistola de soldadura puede combinarse con unidades de extracción de humo xFUME® ADVANCED.

ABICOR BINZEL USA  
binzel-abicor.com  
(301) 846-4196





*Los contratistas de construcción y los montadores de acero deben buscar en sus operaciones de soldadura para compensar las desaceleraciones del proyecto y los desafíos laborales.*

## Mejore la eficiencia de la soldadura en los lugares de trabajo de la construcción

Para los contratistas de la construcción, cumplir con el cronograma y entregar proyectos terminados de alta calidad dentro del presupuesto son fundamentales para seguir siendo competitivos. Encontrar eficiencias en la operación y tomar medidas para mejorar el rendimiento en la soldadura de campo estructural puede ayudar a los contratistas a alcanzar estos objetivos. Estas acciones son especialmente importantes ya que muchas operaciones continúan lidiando con interrupciones causadas por problemas en la cadena de suministro y escasez de mano de obra calificada, dos desafíos que pueden afectar significativamente los plazos y la productividad del proyecto.

Prestar atención a los siguientes cuatro consejos sobre operaciones de soldadura puede ayudar a mejorar la eficiencia y el rendimiento en el lugar de trabajo.

### **Consejo 1: Considere el proceso de soldadura**

Las ventajas de la soldadura por arco con núcleo de fundente autoprotectido (FCAW-S) sobre la soldadura por arco metálico protegido (SMAW) pueden parecer obvias para algunos, pero hay muchas empresas de construcción y montaje que todavía completan soldaduras de multipasada con el proceso SMAW. El SMAW es útil para muchas aplicaciones de campo, incluida la instalación de pasamanos y escaleras, así como la construcción de vigas de acero de alma abierta. Es probable que el proceso SMAW esté aquí para quedarse debido a su movilidad, confiabilidad y configuración simple.



*Fig. 1 — cambiar a un alambre de soldadura con núcleo de fundente autoprotegido para proyectos que requieren soldaduras de multipasadas más grandes ofrece mayores tasas de deposición y eficiencia, lo que ayuda a los contratistas a completar los trabajos más rápido.*

Sin embargo, cambiar a un alambre de soldadura con núcleo de fundente autoprotegido para proyectos que requieren soldaduras de multipasada más grandes ofrece varios beneficios (Fig. 1), que incluyen tasas de deposición más altas y una mayor eficiencia de deposición.

- **Tasas de deposición más altas.** Comúnmente se utiliza  $\frac{1}{8}$  pulgada. Los electrodos SMAW 7018 generalmente producen tasas de deposición de 3 libras/hora o menos. Por el contrario, un alambre de soldadura con núcleo fundente comparable para todas las posiciones puede duplicar o incluso triplicar esta producción.
- **Mayor eficiencia de deposición.** La eficiencia de deposición se refiere al porcentaje del electrodo que realmente llega a la soldadura final. Después de cada soldadura, ya sea que un electrodo se use total o parcialmente, el trozo de electrodo restante generalmente termina en el mismo lugar, que es en el suelo o en el bote de la basura. Esto se suma a los costos de consumibles de una operación. Por ejemplo, cuando se utiliza un electrodo 7018 SMAW de  $\frac{1}{8}$  pulgada, las operaciones tienen la suerte de lograr una eficiencia del 70% después de tener en cuenta el flujo y la pérdida de la solapa. Cambiar a un alambre de soldadura con núcleo de fundente puede generar ganancias de eficiencia del 10 % o más debido a la

mayor capacidad para alimentar y depositar metal fundido en la junta de soldadura. Esto se combina con el hecho de que los soldadores pueden arrancar y detenerse en cualquier momento sin desperdicio de consumibles..

## Consejo 2: Elija el alambre de soldadura adecuado para el trabajo

Cuando se trata de soldadura estructural con un alambre de soldadura con núcleo de fundente autoprotegido, muchos contratistas usan lo que se conoce como alambre de soldadura T-8. T-8 es la abreviatura de E71T-8, que es la clasificación enumerada en AWS A5.20, Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding (Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura por arco con núcleo fundente). Los alambres de soldadura T-8 son versátiles y adecuados para soldar en todas las posiciones. Brindan una buena tenacidad al impacto a bajas temperaturas de servicio y se pueden usar para soldaduras de multipasada de espesor ilimitado. Tenga en cuenta que estos alambres de soldadura funcionan con polaridad negativa de electrodo de corriente continua (DCEN).

Si bien es comprensible el atractivo de usar un solo alambre de soldadura para todo un proyecto, considere cambiar a un alambre de soldadura T-6, que está clasificado como E70T-6 en AWS A5.20, para soldaduras planas y horizontales. Si bien



*Fig. 2 — La caída de voltaje en los cables de soldadura es un problema común con los procesos de soldadura de alambre en el lugar de trabajo. La caída de voltaje se puede reducir prestando atención a las longitudes excesivas de los cables, los cables que están en malas condiciones, los calibres inadecuados y cualquier impedancia al flujo de corriente en las conexiones.*

su uso se limita a las posiciones plana y horizontal, en comparación con los alambres de soldadura T-8, los alambres de soldadura T-6 generalmente producen índices de deposición más altos junto con características operativas mejoradas y facilidad de uso a amperajes muy altos. También proporcionan una buena penetración y, por lo general, producen una buena tenacidad al impacto a baja temperatura. Cabe señalar que, a diferencia de los alambres de soldadura T-8, los alambres de soldadura T-6 están diseñados para soldar con polaridad positiva de electrodo de corriente continua (DCEP).

Muchos productores de alambres de soldadura T-8 y T-6 realizan pruebas de metal de aporte de acuerdo con los requisitos de AWS D1.8, Structural Welding Code — Seismic Supplement, Annex A (Código de soldadura estructural, Suplemento sísmico, Anexo A). Estos alambres de soldadura se conocen informalmente como alambres sísmicos. Esto se debe a que AWS D1.8 es el complemento relacionado con la sísmica de AWS D1.1, Structural Welding Code: Steel (Código de soldadura estructural: acero). Al realizar las pruebas de acuerdo con AWS D1.8, Anexo A, los usuarios de los alambres de soldadura con núcleo de fundente autoprotectido sísmico obtienen información sobre el rendimiento del alambre de soldadura en diferentes entradas de calor.

Si bien los alambres de soldadura T-11 (clasificados como E70T-11) eran una opción popular para la soldadura de campo estructural antes de la introducción de los alambres de soldadura T-6 y T-8, tienen algunas limitaciones. En primer lugar, no ofrecen el mismo nivel de dureza que los cables sísmicos, lo que limita su capacidad de uso en estas aplicaciones. En

segundo lugar, tienen limitaciones de paso según muchos códigos de fabricación. Por esta razón, generalmente no se utilizan para espesores de material o tamaños de soldadura superiores a ½ pulgada.

Aunque los alambres de soldadura T-11 tienen algunas limitaciones, son una opción popular para conexiones auxiliares en materiales más delgados. También están disponibles en una gama mucho más amplia de diámetros y ofrecen una mayor facilidad de uso en comparación con los alambres de soldadura T-8.

### **Consejo 3: Comprenda la caída de voltaje y cómo abordarla**

Un obstáculo común con los procesos de soldadura de alambre en el lugar de trabajo es la caída de voltaje que ocurre en los cables de soldadura (Fig. 2). La caída de voltaje surge debido a la resistencia en la ruta de la corriente, que generalmente es causada por la distancia, la configuración y la condición de la soldadura. Circuito por el que debe circular la corriente.

Para minimizar la caída de tensión tenga cuidado con cables de excesiva longitud, cables que estén en malas condiciones (cables cortados o encintados, aislamiento dañado, etc.), calibres inadecuados y cualquier impedancia al flujo de corriente en las conexiones (cables corroídos, mal engarzadas o conexiones sueltas).

Incluso pequeños cambios en el voltaje pueden hacer que una fuente de poder de soldadura ajuste el amperaje significativamente cuando se usan procesos de soldadura con alambre de voltaje constante (CV). Otra forma de evitar la caída de voltaje es invertir en tecnología que se ajuste automáticamente. Por ejemplo, la tecnología de compensación de longitud de cable (CLC™) en ciertas fuentes de energía de Miller Electric Mfg. LLC corrige el voltaje automáticamente detectando y luego ajustando la caída del mismo. Esto garantiza que el voltaje establecido por los operadores sea el voltaje que obtienen, incluso a cientos de pies de distancia de la fuente de alimentación en un lugar de trabajo.

Independientemente de cuán problemática pueda ser la caída de voltaje o si se utiliza una tecnología de compensación, es importante asegurarse de que los cables de soldadura estén en buen estado y aptos para el servicio. En el campo, los cables de soldadura pueden desgastarse o dañarse fácilmente. Asegúrese de inspeccionar y mantener regularmente los cables de soldadura. Deben ponerse fuera de servicio según sea necesario para evitar riesgos de seguridad.

### Consejo 4: Elija soluciones que mejoren la seguridad en el lugar de trabajo

Un lugar de trabajo más seguro es más productivo y rentable a largo plazo porque hay menos tiempo perdido debido a accidentes y lesiones. Muchas opciones de equipos y tecnología juegan un papel en la seguridad en el lugar de trabajo. Estas opciones van desde unidades de motor más silenciosas hasta caretas versátiles que brindan cobertura tanto para soldar como para esmerilar.

Busque soluciones de soldadura que ayuden a mantener a los trabajadores más seguros, cómodos y productivos. Esto incluye reducir la fatiga del operador y el riesgo de lesiones por resbalones, tropiezos y caídas en el lugar de trabajo. Por ejemplo, la tecnología ArcReach® permite a los operadores ajustar los parámetros justo donde están trabajando usando el alimentador de alambre o el control remoto de soldadura por arco de tungsteno con gas/SMAW (GTAW), lo que elimina la necesidad de regresar a la fuente de energía cada vez que se necesitan cambios.

### Conclusión

Como muchos contratistas de la construcción y montadores de acero buscan formas de compensar las demoras en los proyectos y los desafíos laborales, se acercan a las soluciones en la operación de soldadura. Las eficiencias operativas se pueden impulsar utilizando tecnologías de soldadura más nuevas y siguiendo las mejores prácticas. El resultado final es ayudar a los soldadores a ser más eficientes en el campo. [WJ](#)

**AARON MOORE** ([aaron.moore@millerwelds.com](mailto:aaron.moore@millerwelds.com)), CWI, es gerente de producto, y **MATT GOELZER** ([matt.goelzer@millerwelds.com](mailto:matt.goelzer@millerwelds.com)), CWI, es especialista técnico de productos en Miller Electric Mfg. LLC, Appleton, Wis.

böhler welding  
by voestalpine

Lasting Connections  
**THE BEST FOR THE BEST.**

Best Electrodes  
**THE BEST FOR THE BEST.**  
Best Welders

No te olvides: ¡Utiliza siempre ropa de protección para realizar tus tareas de soldadura!

Para lo que quiera y donde quiera, Böhler Welding tiene el mejor electrodo revestido para su trabajo. Nosotros suministramos cualquier tipo que pueda necesitar y nuestros electrodos son siempre fáciles de manejar, con un encendido suave y un arco estable.



Scan for more infos

voestalpine Bohler Welding  
[www.voestalpine.com/welding](http://www.voestalpine.com/welding)

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.

# MEJORA DE LA INFRAESTRUCTURA EN LAS VÍAS

To someone outside the rail industry, welding frogs in a frog pPara alguien fuera de la industria ferroviaria, soldar ranas en un estanque de ranas puede parecer algo extraño. Sin embargo, es bastante común. Lo nuevo son los métodos por los cuales se están soldando y restaurando.

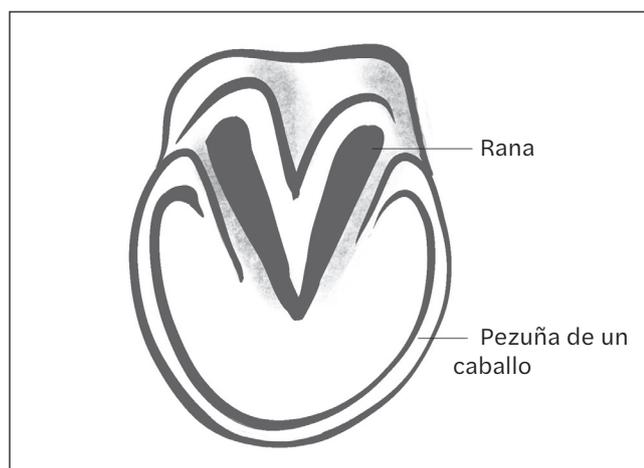
Los pasajeros y la carga dependen de horarios de tren estrictos, y los trenes dependen de conmutadores para garantizar que no se superpongan con otros trenes que comparten las vías. Los conmutadores tienen varios com-

ponentes, pero un componente vital se llama rana. ¿Por qué rana? Cuando la vía era nueva todavía había caballos y carruajes, y para cualquiera que esté familiarizado con los caballos, el conmutador angular se parecía bastante a la parte del casco de un caballo llamada rana.

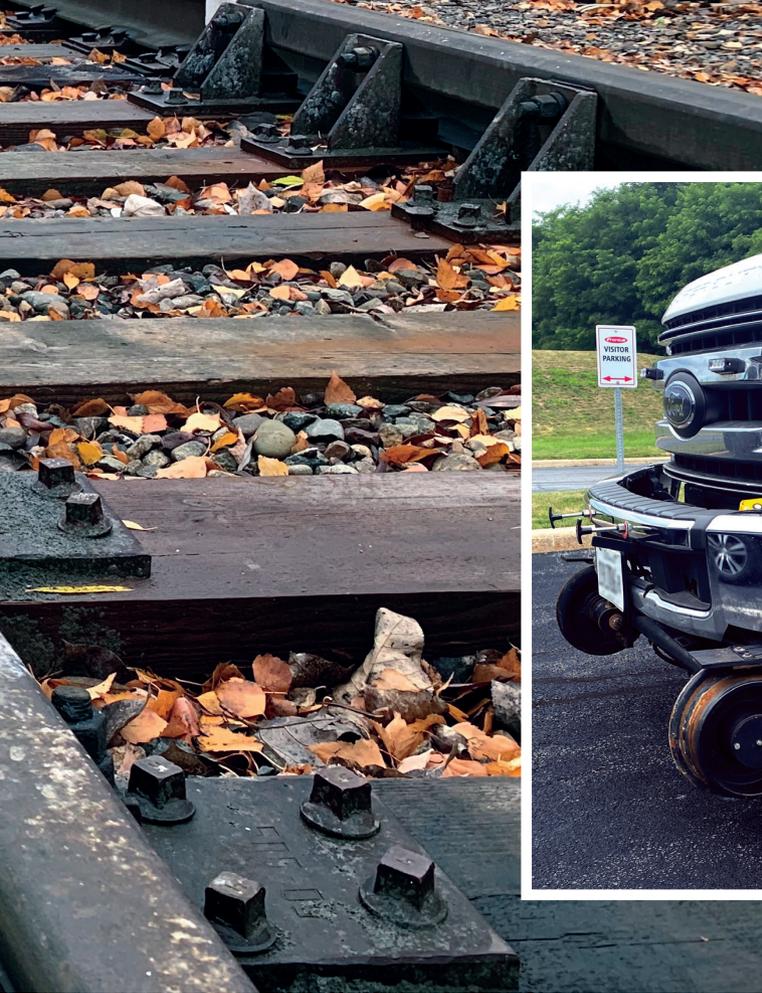
La rana de un caballo es el área más sensible de un casco y los moretones pueden causar cojera temporal (una forma de andar o postura anormal). Las ranas ferroviarias deben soportar mucha fuerza cambiando trenes rápidos entre vías. La cojera no es un problema para los trenes, pero los descarrilamientos, tanto grandes como pequeños, pueden ser el resultado de ranas dañadas o desgastadas. Por lo tanto, los conmutadores deben ser duraderos y, a menudo, necesitan reparación o reemplazo.

Las ranas ferroviarias y otros componentes de conmutadores, como los diamantes, están hechos de un acero fundido austenítico con alto contenido de manganeso conocido por sus características de endurecimiento por trabajo y alta dureza para soportar la presión y los golpes que recibe. Las puntas y las alas de la rana deben permanecer según las especificaciones para garantizar que los trenes cambien de vía sin problemas. A medida que las piezas se desgastan, es necesario reemplazarlas o restaurarlas. Con miles de millas de vías que atraviesan el país y cientos de trenes diarios, hay muchos conmutadores trabajando duro todos los días.

En el pasado, cuando circulaban menos trenes, era más fácil hacer reparaciones en la línea. Hoy en día, es más común quitar la rana y reemplazarla con una pieza nueva o reacondicionada. Los conmutadores dañados irían al patio ferroviario



*La forma de los cambios de vía se parece a la rana de la pezuña de un caballo.*



*Las ruedas especializadas permiten que los camiones HAMR accedan a áreas remotas para soldar en tierra.*

y se colocarían en tinas de acero llenas de agua; el agua se usa para apagar las ranas durante la soldadura de reparación para que la entrada de calor no doble ni flexione el metal. Las filas de tinas permitieron que varios soldadores trabajaran a la vez. Estas áreas se conocieron como el estanque de las ranas.

Este proceso todavía está vigente en muchas áreas. Debido a que las ranas son más universales y se pueden fabricar en grandes cantidades, las compañías ferroviarias pueden tener repuestos a mano. Sin embargo, los diamantes son exclusivos de su ubicación y pueden tener plazos de entrega de un año o más para reabastecerse. Los problemas de la cadena de suministro hacen que la renovación sea más necesaria, y la necesidad de soldadores también hace que esa mayor demanda sea más difícil de satisfacer.

## Yendo por otra ruta

Holland L.P., Crete, Ill., un proveedor de soluciones progresivas para la industria ferroviaria, está cambiando el proceso. ¿Cómo? Al aliviar la necesidad de nuevas piezas de repuesto y minimizar las reparaciones hechas por soldadores que podrían estar trabajando en otros proyectos.

Louis Flenner, gerente de producto del programa Holland Automated Manganese Refurbishment (HAMR), detalló el proceso que han desarrollado para restaurar ranas y diamantes utilizando camiones especializados montados con

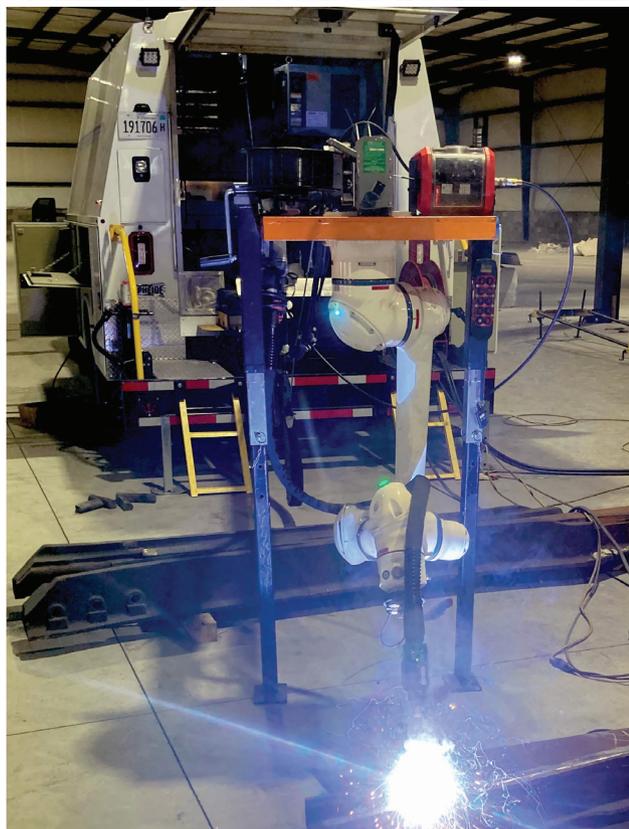
generadores, brazos robóticos y sistemas de soldadura para abordar la reparación de ranas tanto en la pista como en un estanque de ranas.

## Soldadura robótica

Antes de que pueda llevarse a cabo la restauración, los equipos de HAMR utilizan el corte por plasma y el esmerilado para cortar el acero al manganeso dañado. Luego le especifican al robot los puntos de las áreas dañadas para que sean reconstruidas. ¿Por qué de forma robótica en lugar de manual? Este proceso permite al operador estar más lejos de los humos y también moverse a una distancia segura para los trenes que pasan por vías adyacentes sin detener el trabajo.

La productividad es otro factor. Según la experiencia previa y las pruebas durante la fase de desarrollo, el robot es dos o tres veces más rápido que la aplicación manual. Su velocidad permite una renovación completa en la vía o en la tierra en lugar de reparaciones de parches, reemplazo o deshecho de la pieza.

Además, la consistencia de la calidad de la soldadura es una razón más para optar por la robótica. La consistencia de la soldadura ayuda a asegurar la longevidad de las reparaciones. Debido a la escasez de disponibilidad y la rotación de personal, es probable que la persona que repara la pieza este año no sea la misma el próximo año, lo que significa



*La restauración de conmutadores, diamantes y ranas se puede realizar con soldadura robótica.*

que la calidad de la soldadura puede cambiar; esto no es tan variable con la soldadura robótica. Algunas de las piezas que reacondicionó el equipo de HAMR todavía están en servicio tres años después, cuando antes podían durar tres meses antes de las reparaciones.

“El proceso manual está probado”, dijo Flenner. “Eso lo sabemos en la industria, pero usted tiene muchos conocimientos y experiencia que ha dejado el mercado en los últimos 10 a 15 años”.

Cuando la calidad de la soldadura puede significar la diferencia entre los trenes que llegan a tiempo o un descarrilamiento, esas soldaduras deben ser de alta calidad de manera constante.

## Soldadura láser y más

El acero al manganeso tiene requisitos específicos para la soldadura. El calor por encima de 500 °F dañará el material base y potencialmente deformará y doblará la rana, lo que hace que la baja entrada de calor sea imprescindible para cualquier tipo de soldadura.

Pocas opciones cumplieron con los requisitos de calidad del equipo de HAMR. Comenzaron con la soldadura por láser, que usa una energía dirigida para derretir el material base y el metal de aporte para crear la soldadura. El láser utiliza un sistema de espejos y lentes para dirigir el calor a la soldadura y requiere una alineación y calibración específicas. Este proceso funcionó bien y se mantuvo dentro de las especificaciones

necesarias. Aunque satisfecho con los resultados, el equipo quería opciones adicionales.

Cualquier proceso nuevo tendría que cumplir con las pautas estrictas, la baja entrada de calor y los altos estándares logrados con la soldadura láser. Una opción posible era el proceso de transferencia de metal en frío (CMT) de Fronius. Este proceso de soldadura por arco metálico con gas utiliza un alambre alternativo y un arco controlado con precisión para mantener la entrada de calor al mínimo.

Flenner señaló que HAMR ha probado la soldadura láser junto con CMT a lo largo de los años. “Hemos tenido resultados fenomenales con ambos”, dijo. “No solo queremos producir un buen producto final, sino que también queremos tener algo que nuestros operadores puedan usar de manera eficaz y segura para garantizar que nuestro producto final, la soldadura, sea de alta calidad en todo momento”.

## Entrar a la estación

El programa ha funcionado tan bien para las compañías ferroviarias que Holanda está ampliando la cantidad de camiones y las áreas atendidas. Actualmente, ofrece servicios a toda América del Norte y se está expandiendo a Australia y Europa. A partir de ahora, la compañía también planea continuar con las opciones de tecnología dual de los procesos láser y CMT. Su flota de tres camiones pronto se duplicará. Cuando se le preguntó acerca de los desafíos futuros, Flenner mencionó la baja disponibilidad de las plataformas de camiones especializadas y el desafío de contratar personal calificado/capacitar a nuevos empleados.

Los equipos de camiones consisten en un operador y un trabajador; idealmente, ambos deben estar capacitados en varias áreas de soldadura, corte, esmerilado, trabajo eléctrico y mantenimiento general. Garantizar que estos equipos móviles puedan entregar un producto de calidad es clave para mejorar la infraestructura ferroviaria. [WJ](#)

**JUSTIN SMITH** es especialista en segmentos y **RHONDA ZATE-ZALO** es especialista en contenido en Fronius USA ([fronius.com](http://fronius.com)), Portage, Ind.

# WELD500<sup>®</sup>

Todo lo que necesitas  
para soldar  
WELD500 lo tiene

- Máquinas para soldar
- Pistolas y consumibles MIG
- Antorchas arco-aire y Carbones para corte
- Antorchas y consumibles TIG
- Tungstenos
- Cable porta electrodo
- Químicos anti-salpicaduras
- Alambres para soldar
- Porta electrodos y pinzas de tierra
- Accesorios para soldar



**FABTECH**  
MEXICO  
**STAND #2809**

# CORTEC<sup>®</sup>

- Equipos para cortar y soldar
- Boquillas de corte y para soldar
- Flujómetros
- Máquinas para oxicorte
- Reguladores para trabajo mediano y pesado
- Sopletes, manerales y aditamentos de corte
- Boquillas multiflama
- Máquinas de plasma y consumibles



Contamos con distribuidores en toda la República Mexicana



Ciudad de México ☎ (55)5747-6600

Suc. Monterrey ☎ (81)1970-9900 al 20

✉ [contactoweb@okila.com.mx](mailto:contactoweb@okila.com.mx)

🌐 [www.okila.net](http://www.okila.net)

📘 /OKILAMEXICO

*Una locomotora de tren de pasajeros de Alaska llega a una plataforma.*



## En camino a la comprensión de los códigos de AWS para el **TRANSPORTE FERROVIARIO**

La industria ferroviaria de Estados Unidos depende en gran medida de la soldadura para producir equipos de transporte que mueven a las personas, los productos y las mercancías que mantienen a Estados Unidos en funcionamiento continuo. En ese país la carga se mueve por ferrocarril, entre otros medios. Según un informe del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, la red ferroviaria representó aproximadamente el 28 % del movimiento de carga por tonelada-milla (para obtener más detalles, visite [rails.dot.gov/rail-network-development/freight-rail-overview](https://www.rails.dot.gov/rail-network-development/freight-rail-overview)). Además, las tendencias del número de pasajeros de la Asociación Americana de Transporte Público (American Public Transportation Association) (APTA) ([transitapp.com/apta](https://transitapp.com/apta)) compartieron la siguiente información: “Durante la pandemia de COVID-19, el número de pasajeros del transporte público aumentó y disminuyó rápidamente. Estos cambios dificultan las cosas para las agencias de tránsito que dependen de informes mensuales o trimestrales. Para enfrentar este desafío, APTA y Transit se han asociado para crear un nuevo recurso para toda la industria rastreando la demanda de transporte público y publicando estimaciones del cambio en el número de pasajeros en tiempo real”. Creo que la economía de Estados Unidos simplemente no funcionaría sin los ferrocarriles de carga que transportan mercancías y los



*Las locomotoras de pasajeros F40PH se someten a una revisión exhaustiva.*

trenes de pasajeros que brindan transporte interurbano e intraurbano.

En las últimas décadas, los códigos y estándares de AWS han impulsado la seguridad, la confiabilidad y la calidad de la fabricación de material rodante. Desde la fabricación de nuevas locomotoras que emplean motores Tier4 de la EPA y la construcción de vehículos ferroviarios ligeros y trenes múltiples a diesel-eléctricos para el transporte urbano hasta la próxima generación de trenes de alta velocidad Amtrak Acela, los fabricantes confían en los códigos, estándares y especificaciones de AWS como base de fabricación.



*Bastidores de camiones fabricados para usar en rieles de pasajeros.*

## Fabricación de material rodante

Casi todos los aspectos de la industria del transporte utilizan soldadura donde la falla podría ser catastrófica. Estas soldaduras requieren estándares de alta calidad para garantizar la seguridad, y los códigos de soldadura AWS afectan cada parte del proceso de fabricación.

Adquirir material rodante puede llevar mucho tiempo. Inicialmente, se publican las solicitudes de propuestas y los fabricantes tienen la oportunidad de reunirse con el posible cliente, revisar las especificaciones técnicas y presentar una propuesta para la construcción. Luego viene la entrega, la puesta en servicio y la garantía de los equipos nuevos o reconstruidos.

## Atención especial a la especificación técnica

La especificación técnica publicada es el documento rector que detalla la metodología de construcción, la confiabilidad, la seguridad y las especificaciones de rendimiento del vehículo. Cada especificación técnica es un conjunto único de características detalladas por el propietario o la autoridad de transporte y se rige por las leyes del lugar donde se utilizará el vehículo.

Para el transporte nacional de Estados Unidos, la especificación técnica establece que el fabricante debe realizar el proceso de soldadura utilizando los códigos y procedimientos de soldadura AWS y utilizar soldadores calificados para realizar el trabajo. Además de los requisitos de soldadura, el documento detalla los procesos específicos que pueden o no usarse en la construcción, los materiales utilizados para la construcción y cualquier técnica de soldadura fuerte, blanda o de unión que se vaya a utilizar. Esta especificación técnica también se transmite a los subcontratistas que fabrican componentes para el contrato mediante los términos y condiciones de las órdenes de compra emitidas.

Desde el sistema de calefacción y enfriamiento (HVAC) hasta los módulos de fuente de alimentación auxiliar y de

propulsión, incluidos los elementos de colisión, los bastidores, los camiones y los gabinetes de alto voltaje hasta los asientos que los ingenieros y los pasajeros usan todos los días, prácticamente todos los sistemas se ven afectados por los estándares de AWS y prácticas que abarcan desde la ingeniería inicial hasta la entrega del producto final.

Cada autoridad de tránsito que publica una especificación técnica para el mercado de los Estados Unidos requiere la utilización de códigos y estándares AWS durante la fabricación de locomotoras y material rodante de pasajeros. Por lo general, y según el material solicitado para la construcción, la especificación técnica solicitará el uso de las especificaciones de soldadura estructural de AWS, incluido AWS D1.1, Código de Soldadura Estructural (*Structural Welding Code*): acero D1.3, Código de Soldadura Estructural: chapa de acero D1.6, Código de Soldadura Estructural: acero inoxidable D1.2, Código de Soldadura Estructural: aluminio para uso en diseño y fabricación y D15.1, Especificación de Soldadura Ferroviaria para Vagones y Locomotoras (*Railroad Welding Specification for Cars and Locomotives*).

Adicionalmente, en la especificación técnica y con base en la aplicación, se harán referencias a AWS B2.1, Especificación para el Procedimiento de Soldadura y Calificación de Desempeño D17.2 (*Specification for Welding Procedure and Performance Qualification*), Especificación para Soldadura por Resistencia para Aplicaciones Aeroespaciales C1.1 (*Specification for Resistance Welding for Aerospace Applications*), Prácticas recomendadas para soldadura por resistencia y el Manual de Soldadura (*Welding Handbook*), así como las secciones pertinentes de ASME para recipientes a presión.

Es posible que los fabricantes fuera de los Estados Unidos utilicen los estándares industriales de Japón o los estándares DIN EN para la soldadura y la calificación del soldador al fabricar productos nacionales en su país o región de origen, pero las especificaciones técnicas para la fabricación de la mayoría de los productos ferroviarios para el mercado estadounidense requieren códigos de soldadura AWS y normas. Los fabricantes también pueden proporcionar comparaciones de varios estándares con los códigos de AWS, pero generalmente prevalece a los efectos del contrato el más estricto, a menudo el código de AWS.



*Esta fotografía muestra dos unidades múltiples eléctricas acopladas y la variedad de tipos de materiales, formas, componentes y procesos utilizados en la construcción.*



*AWS D15.1/  
D15.1M:2019  
representa una  
recopilación  
completa de  
datos para  
su uso en  
la industria  
ferroviaria.*

## Materiales y procesos utilizados en la construcción

Las locomotoras, el material rodante de pasajeros y el transporte de mercancías utilizan una variedad de materiales y formas en el proceso de fabricación y manufactura desde acero inoxidable austenítico, acero inoxidable AISI 301LN y 304L y acero de baja aleación y alta resistencia, como A572, A588 y A606, hasta fundiciones y láminas y extrusiones de aluminio de la Asociación de Ferrocarriles Estadounidenses M-201. Durante la fabricación, a menudo se crean y califican procedimientos de soldadura para materiales disímiles para la soldadura por fusión de alta resistencia a la tracción de baja aleación con acero inoxidable. A menudo, la mitigación de la corrosión también debe abordarse durante la fabricación ya que se combinan varios tipos de materiales en un solo vehículo.

La diversidad de fabricación utilizada en la construcción de locomotoras, vagones de carga y material rodante de pasajeros emplea una multitud de procesos, como soldadura por arco metálico con gas (GMAW), GMAW en cortocircuito, soldadura por arco metálico blindado, soldadura por arco con núcleo fundente, soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW), GTAW pulsado, soldadura por arco sumergido, soldadura por puntos de resistencia, soldadura por costura por resistencia, soldadura por rayo láser, soldadura por fricción y agitación, pulverización de plasma, soldadura fuerte y blanda y unión. Históricamente, la fabricación de material rodante de pasajeros utilizó soldadura manual, pero hoy vemos robots con seguimiento de costura láser y posicionadores integrados que se utilizan para producir soldaduras repetitivas de alta calidad en estructuras de locomotoras y camiones. La robótica también desempeña un papel cada vez mayor en la soldadura por puntos y por costura de componentes estructurales individuales para la fabricación de láminas laterales, techos y láminas finales de vagones de pasajeros. Los elementos de colisión y los componentes estructurales pesados se sueldan cada vez más con la automatización, pero a menudo los pequeños detalles para unir y sellar el techo y

las estructuras laterales aún emplean GTAW y soldadura. Las locomotoras y los trenes pesados/de cercanías contienen cientos de pies de tubería de frenos de aire y tuberías de cobre para usar con frenos de aire, así como sistemas HVAC que se sueldan manualmente.

## La importancia de AWS D15.1

Parte de casi todas las especificaciones técnicas de Estados Unidos para la fabricación o refabricación/revisión de la construcción de locomotoras/material rodante es AWS D15.1, Especificación de Soldadura Ferroviaria para Vagones y Locomotoras (*Railroad Welding Specification for Cars and Locomotives*).

El AWS D15.1 fue desarrollado por el Comité AWS D15 sobre soldadura ferroviaria para establecer estándares mínimos para la fabricación y el mantenimiento de equipos ferroviarios y proporcionar un documento completo para la industria.

## En las últimas décadas, los códigos y estándares de AWS han impulsado la seguridad, la confiabilidad y la calidad de la fabricación de material rodante.

Desde D15.1-86 hasta la versión actual publicada en 2019, los miembros del comité se han esforzado constantemente por proporcionar aportes continuos de la industria en el desarrollo de la especificación de agencias reguladoras, nuevas tecnologías y otras especificaciones y códigos para un documento completo que cubra soldadura, certificación, e inspección. Hoy el documento sirve como una colección completa de datos para uso en la industria ferroviaria.

## Nuevo documento borrador de AWS D15.3

La fabricación de vehículos ferroviarios de pasajeros a menudo emplea soldadura por resistencia de acero y acero inoxidable para formar la estructura del automóvil. El acero inoxidable se usó para fabricar decenas de miles de vehículos desde el uso inicial de Budd Co., St. Louis Car Co. y Pullman-Standard hasta el uso actual de los fabricantes estadounidenses para aplicaciones de trenes pesados y de cercanías. La costura por resistencia y la soldadura por puntos, tanto manual como automatizada, han brindado la resistencia y la seguridad necesarias para cumplir con los estándares más estrictos. La soldadura por puntos de resistencia automatizada de las paredes laterales permite una apariencia estética soldada deseada por las autoridades de tránsito. Algunos fabricantes ahora emplean soldadura láser para conectar el marco de la estructura lateral a la lámina de la pared lateral exterior para minimizar la apariencia de la soldadura exterior visible para el público que viaja. La soldadura por puntos de resistencia de los umbrales laterales y centrales utiliza acero inoxidable 301L y, a menudo, se puede soldar



Interior de carrocería de acero inoxidable con el 90% de la estructura realizada mediante soldadura por resistencia.

con un grosor de 3 o 4 capas de 0.187 pulgadas (4.7 mm). El subcomité AWS D15D sobre soldadura por resistencia para aplicaciones ferroviarias aborda la necesidad de requisitos específicos de soldadura por resistencia que se encuentran en la fabricación de vehículos ferroviarios de pasajeros.

Históricamente, el AWS C1.1 Prácticas Recomendadas para Soldadura por Resistencia (*Recommended Practices for Resistance Welding*) se utilizó como base para la soldadura por resistencia, al igual que algunos requisitos de la AWS D17.2 Especificación para Soldadura por Resistencia para Aplicaciones Aeroespaciales (*Specification for Resistance Welding for Aerospace Applications*), para calificación y prueba. Una vez publicado, el nuevo estándar, AWS D15.3/D15.3M, Especificación para Soldadura por Resistencia para Aplicaciones Ferroviarias, abordará la tecnología actual de soldadura por resistencia para la fabricación, los procedimientos, la calificación, las pruebas y la inspección de vagones de ferrocarril. El estándar también incorporará técnicas de inspección más avanzadas, como la prueba ultrasónica de matriz en fase para utilizar todo su potencial para la inspección de soldadura por resistencia.

## Las inspecciones verifican el cumplimiento

La AWS ha promovido el programa Certified Welding Inspector (CWI) (Inspector Certificado de Soldadura) ([aws.org/cwi](http://aws.org/cwi)) durante décadas, y la industria ferroviaria ha reconocido que los CWI son esenciales para la verificación de fabricación al incorporar el uso de sus conocimientos y habilidades como un requisito en la especificación técnica. Los CWI revisan los procedimientos y las entregas de certificaciones para el cumplimiento del código, verifican que los procedimientos sean empleados correctamente por soldadores calificados e inspeccionan el producto final. Trabajan para abordar cualquier disconformidad o discrepancia y trabajan con el ingeniero del propietario y el fabricante para resolver problemas de calidad. Desde las presentaciones iniciales para la construcción de vehículos hasta las revisiones de la documentación de soldadura en las inspecciones del primer artículo en las instalaciones del fabricante y del subcontratista, el inspector de soldadura desempeña un papel vital en la fabricación.

A menudo, durante las fases iniciales del desarrollo y las presentaciones del plan de fabricación, el CWI, el ingeniero

de soldadura y el departamento de calidad trabajan de la mano en la revisión de la documentación del fabricante y de varios fabricantes de componentes, comparando las entregas con las especificaciones y los requisitos técnicos. Durante la fabricación, el inspector de soldadura, tanto del lado del fabricante como del propietario, proporciona una verificación independiente de los procedimientos utilizados durante el proceso de fabricación hasta la inspección final de los componentes o del vehículo. Los CWI verifican que se utilicen los elementos y variables esenciales establecidos y que el producto final cumpla con los requisitos de ingeniería, códigos, estándares y especificaciones técnicas.

## Pensamientos de partida

Los códigos y estándares AWS tienen una amplia aceptación en la fabricación de material rodante de carga y pasajeros. Las autoridades de tránsito, los propietarios y los fabricantes han estado incorporando códigos AWS para la construcción uniforme de vehículos sobre rieles en los Estados Unidos y

en el extranjero durante décadas. A medida que la industria se adapta constantemente a nuevos productos, procesos y tecnologías, los miembros del comité presentan discusiones relacionadas. A medida que surjan nuevas tecnologías para crear vehículos más rápidos y livianos, los códigos y estándares de AWS continuarán brindando seguridad de fabricación en el material rodante ferroviario, donde las fallas no son una opción. 

**PAUL BURYS** ([paulburys@rvba.com](mailto:paulburys@rvba.com)) es el gerente del programa en Raul V. Bravo + Associates Inc., Reston, Va.; inspector de soldadura senior certificado por AWS y Gerente Certificado de Calidad/Excelencia Organizacional de ASQ. También tomó el F4OPH, los bastidores de los camiones, las unidades múltiples eléctricas y las fotos de la carcasa del automóvil en este artículo. Además, es miembro del Comité AWS D15 sobre Soldadura Ferroviaria (*Committee on Railroad Welding*), el Subcomité D15D sobre Soldadura por Resistencia para Aplicaciones Ferroviarias (*Subcommittee on Resistance Welding for Railroad Applications*) y el Subcomité D15A sobre Vagones y Locomotoras (*Subcommittee on Cars and Locomotives*).

# ¡AYUDÁNDOLE A MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD EN SOLDADURA!

## NUEVAMENTE AMERICAN WELDQUIP LIDERA LA INDUSTRIA




Antorchas Semiautomáticas  
 Antorchas con Extracción de Humos  
 Antorchas Automáticas  
 Soluciones ArcSafe para Robots de Brazo Hueco y Solido  
 Periféricos Robóticos  
 Estación de Limpieza de Toberas ROBO-QUIP  
 Anti-Salpicaduras Quip-Mist  
 Conductos, Conectores y Conos para Tambores de Alambres  
 Afiladores de Tungstenos de Precisión  
 Puntas de Contacto HRT de Extra Larga Vida  
 Productos Especiales  
 La Entrega Mas Rapida de la Industria

*Brindando a Soldadores Profesionales*  
**SERVICIO · CALIDAD · SOLUCIONES desde 1987**

*Fabricado con Orgullo en los EE.UU. - Desarrollados y Manufacturados en Sharon Center, Ohio*

*Para más información - visítenos en [www.weldquip.com](http://www.weldquip.com) o contacte a su distribuidor local de American Weldquip*



**AMERICAN WELDQUIP**  
 P. O. Box 397 • 1375 Wolf Creek Trail • Sharon Center, OH 44274-0397  
 Phone (330) 239-0317 • Fax (800) 949-9353



# TOME *la* ANTORCHA.



Este es tu momento para llevar tu carrera al siguiente nivel, para mejorar tus habilidades y aprender de otros que comparten tu oficio.

Es el momento para dejar tu huella en la industria y en el mundo.

Y todo empieza con hacerse miembro de la Sociedad Americana de Soldadura.

**Afíliese a la AWS hoy y guíe a la nueva generación de soldadores.**

Visite [aws.org/takethetorch](https://aws.org/takethetorch) para más información

POR BADRI K. NARAYANAN Y  
TERESA MELFI

# Fabricación aditiva de metal de soldadura para piezas GRANDES EN 3D



Fig. 1: un robot y un manipulador trabajan en sincronía.

La fabricación aditiva y la impresión 3D de metales son palabras de moda en la actualidad. Si bien la terminología y gran parte de la tecnología son nuevas, la industria ha estado imprimiendo piezas grandes de metal en 3D mediante la acumulación de metal de soldadura durante años, y estos componentes han estado en servicio durante décadas en campos petroleros, sistemas de tuberías y centrales eléctricas.

Las interrupciones de la cadena de suministro global son graves y frecuentes, lo que lleva a plazos de entrega de materiales extremadamente largos y tiempos de inactividad prolongados en las instalaciones. En el informe *Securing Defense-Critical Supply Chains* (Asegurando las Cadenas de Suministro Críticas para la Defensa) publicado en febrero de 2022 (Ref. 1), el Departamento de Defensa destacó las piezas fundidas y forjadas como una de las cuatro áreas más vulnerables que necesitan una cadena de suministro nacional. Esto es especialmente importante para piezas o ensamblajes hechos de aceros, aleaciones de níquel, aceros inoxidables o aceros al cromo-molibdeno. Hay una cantidad cada vez menor de soldadores talentosos, por lo que es importante producir ensamblajes o mover juntas de soldadura de campo a áreas menos críticas. La fabricación aditiva con metal de soldadura cubre todos esos campos.

## La tecnología

Varias tecnologías de soldadura bien establecidas han estado madurando durante décadas y se han integrado con avances más recientes en software, sensores y ciencia de datos para desarrollar sistemas de aditivos de metal de soldadura listos para la producción. Las piezas centrales de los sistemas de fabricación aditiva de metal de soldadura de hoy en día utilizan avances en las fuentes de energía para controlar la entrada de energía en la materia prima (control de entrada de calor), procedimientos específicos de localización para la gestión térmica y el cumplimiento de la geometría (gestión de la distorsión), monitoreo y recolección continuos de métricas de calidad (supervisión del estado de la soldadura mediante herramientas de datos), planificación de ruta robótica (secuenciación de soldadura), materia prima con pedigrí precisa (controles de calidad del alambre de soldadura) y huellas dactilares digitales de la calidad de la pieza aditiva (especificación del procedimiento de soldadura, o WPS, gestión). Como puede ver, cada una de estas tecnologías tiene un gemelo de soldadura. Además, ha habido avances específicos en el diseño asistido por computadora (CAD) para el software de ruta, y esta tecnología ha permitido que los procesos de soldadura tradicionales se adapten para construir piezas metálicas en 3D a gran escala.

## El proceso

Los modelos CAD sólidos tridimensionales son comunes para componentes y ensamblajes. Cuando no están disponibles, las piezas o los ensamblajes se pueden escanear en tiempo real para crear modelos 3D. Una vez que un modelo CAD está disponible, se introduce en un paquete de software que lo divide en capas (rebanadas) y crea un plan de movimiento para depositar capas de metal de soldadura. Los robots y los manipuladores de piezas se involucran en un baile altamente coreografiado para permitir que el metal de soldadura se deposite idealmente en la posición plana (Fig. 1) utilizando procedimientos de soldadura calificados. Los sensores y los circuitos de retroalimentación monitorean y controlan la entrada de calor, la temperatura de interpenetración y otras variables críticas. El alambre de soldadura se fabrica para proporcionar una ubicación exacta fuera de la boquilla de soldadura y se alimenta desde contenedores grandes para minimizar las paradas y mejorar aún más la consistencia de la colocación del alambre. Las formas de onda de soldadura se ajustan para la aleación y la aplicación para proporcionar la humectación y el apilamiento adecuados de los cordones de soldadura. En el futuro, puede haber múltiples robots depositando múltiples materiales para construir una pieza. La instalación de demostración de fabricación del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (ORNL), Knoxville, Tenn., está investigando esto con su sistema de soldadura aditiva multirobot MedUSA desarrollado en conjunto con The Lincoln Electric Co., Cleveland, Ohio.

Los ingenieros están desarrollando diseños creativos para aditivos de metal de soldadura que no resultaban prácticos utilizando fundiciones, forjados o fabricaciones convencionales, y se pueden hacer prototipos muy rápidamente a partir del metal de soldadura. Finalmente, el aditivo de metal de soldadura también se usa para minimizar el tiempo de inactividad de la fábrica mediante la construcción rápida de piezas o ensamblajes de repuesto.

## Colaboraciones y desafíos

A pesar de las muchas décadas de experiencia y conocimientos de los expertos en soldadura, existen desafíos importantes cuando se trata de sistemas de aditivos de metal de soldadura. En primer lugar, cuando se incorpora una nueva clase de material para su adopción en aplicaciones de códigos, se necesitan criterios de calificación sólidos pero prácticos para la aprobación de piezas construidas con estos sistemas. Un ejemplo aprobado recientemente es la calificación del procedimiento de soldadura del Caso 3020 del Código de Calderas y Recipientes a Presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME). El caso 3020 es similar a los enfoques de calificación entre paréntesis que se utilizan en aplicaciones militares o sísmicas que requieren la calificación de tasas de enfriamiento altas y bajas y secciones delgadas y gruesas. Además, se pueden utilizar estándares como AWS D20.1, Especificación para la Fabricación de Componentes Metálicos mediante Fabricación Aditiva, o el Estándar 20S del Instituto Americano del Petróleo, Componentes Metálicos Fabricados Aditivamente para uso en las Industrias del Petróleo y el Gas Natural. Todos

**Fig. 2 – El proceso de ingeniería inversa e impresión 3D en metal de un componente.**



Alojamiento del cojinete del mezclador de fundente





*Fig. 3: el diseño para la impresión en metal 3D a gran escala puede mejorar el rendimiento de la pieza con características como los canales de enfriamiento conformados.*

estos estándares requerían el consenso de una multitud de expertos en materiales y procesos de soldadura.

Desde el punto de vista de la tecnología, sigue habiendo desafíos para comprender la tensión residual y su impacto en los atributos de rendimiento críticos que limitan la vida útil, como la fatiga, la distorsión y las propiedades del material, para una gran cantidad de aleaciones depositadas con y sin tratamiento térmico posterior a la soldadura. Las colaboraciones de la industria, la academia, el regulador, el diseñador, el propietario y el fabricante son clave para abordar estas necesidades y trasladar este método de fabricación rápidamente a aplicaciones adicionales. Por ejemplo, el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI), Palo Alto, California, está colaborando con otras empresas en pruebas físicas y metalúrgicas exhaustivas de cuerpos de válvulas de acero inoxidable grandes para uso potencial en aplicaciones nucleares. El trabajo realizado en el Centro de Innovación de Unión de Materiales y Fabricación (Ma2JIC) Centro de Investigación Cooperativa Universitaria e Industrial (IUCRC) ([ma2jic.osu.edu](http://ma2jic.osu.edu)), Columbus, Ohio, reúne a una multitud de universidades, industrias e instituciones de investigación y está impulsando la envolvente sobre la comprensión del efecto de los nuevos materiales y procesos en la soldabilidad y el rendimiento de las piezas metálicas aditivas.

Además de sus operaciones de producción aditiva, Lincoln Electric apoya las iniciativas anteriores y otras con ASME, ORNL, Det Norske Veritas (DNV) y EPRI a través de su gran fábrica de impresión 3D de alambre metálico. La instalación alberga celdas de impresión de metal 3D de 18 hilos que funcionan las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Tener una multitud de sistemas bajo un mismo techo es importante para comprender y documentar la solidez de estos procesos día a día, de sistema a sistema y de pieza a pieza. Esto permite el uso de herramientas avanzadas de monitoreo del estado de la soldadura y el desarrollo de herramientas de aprendizaje

automático y ciencia de datos para facilitar la adopción de tecnología y la calificación de piezas.

## Estudio de casos

Los siguientes estudios de casos de grandes piezas impresas en metal en 3D mostrarán el poder de esta tecnología.

■ **Sustitución de componentes metálicos desgastados o rotos que no tengan documentación.** La figura 2 muestra una caja de rodamientos de hierro fundido agrietada utilizada en equipos que se construyeron antes de la Segunda Guerra Mundial. La carcasa de 283 kg (625 lb) se realizó ingeniería inversa e imprimió en dos semanas.

■ **Rendimiento mejorado a través del diseño para la fabricación aditiva y tiempos de entrega reducidos.** La Figura 3 muestra una hoja mezcladora de acero de 499 kg (1100 lb) impresa en dos semanas que incorpora grandes canales de enfriamiento conformados (en comparación con la hoja tradicionalmente fundida y perforada con pistola con un tiempo de entrega de varios meses).

## Conclusión

La impresión 3D en metal a gran escala ha demostrado ser una solución robusta que es especialmente importante si se tienen en cuenta los retrasos actuales en la cadena de suministro para grandes piezas fundidas, forjas y ensamblajes. Los componentes y ensamblajes se están produciendo y poniendo en producción hoy utilizando esta tecnología. Los sistemas de impresión de metal en 3D de soldadura por arco metálico con gas, arco sumergido, haz de electrones y láser están en producción o en desarrollo en varias instalaciones en América del Norte. La capacidad de acortar la cadena de suministro y construir bajo demanda con material que proporciona un rendimiento equivalente o mejor que otros métodos y la capacidad de aprovechar décadas de experiencia en la materia en soldadura y unión hace que este sea un proceso atractivo. Sin embargo, todavía queda trabajo por hacer para permitir una aceptación más fuerte. Varias instituciones de investigación, grupos académicos, laboratorios nacionales y centros de competencia en soldadura están involucrados en el desarrollo de los códigos y protocolos necesarios para permitir que este emocionante proceso antiguo transforme la cadena de suministro de piezas fundidas, forjadas, herramientas y más. [WJ](#)

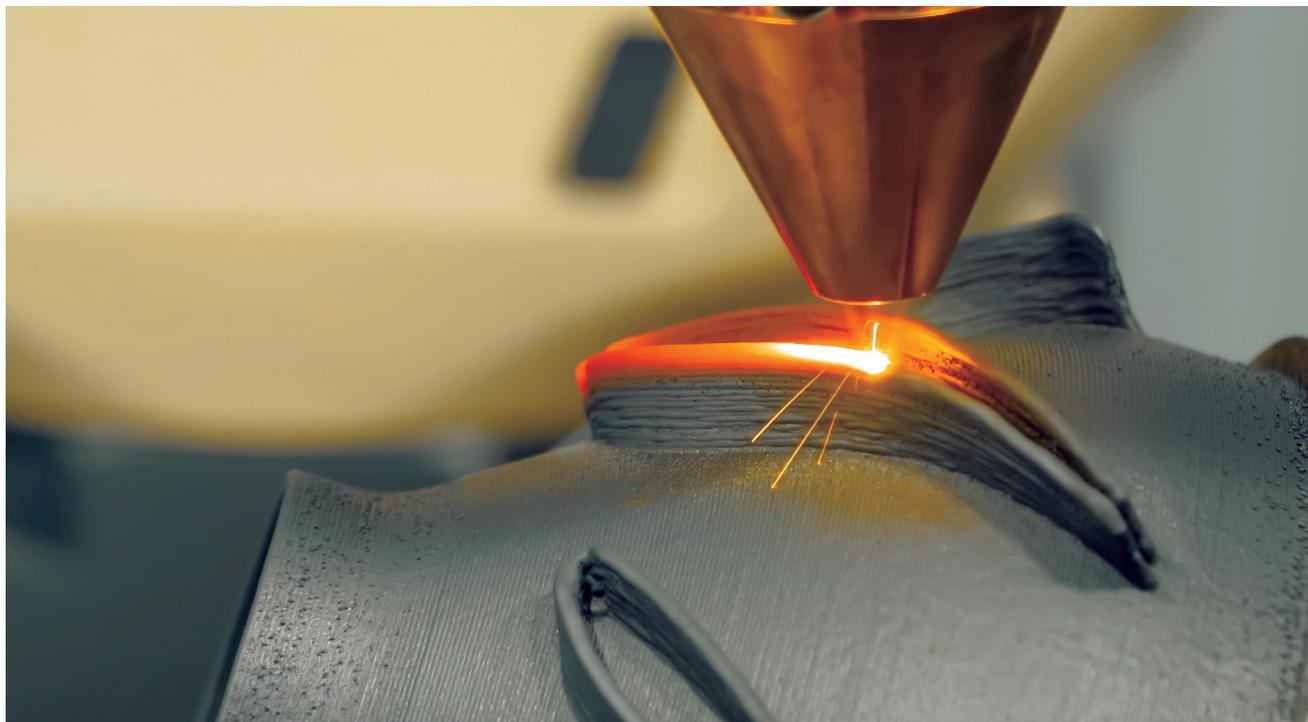
## Referencia

1. Departamento de Defensa de Estados Unidos. 2022. El Departamento de Defensa publica un informe sobre el fortalecimiento de las cadenas de suministro críticas para la defensa. Recuperado el 25 de julio de 2022 de [defense.gov/News/Releases/Release/Article/2944488/defense-department-releases-report-on-strengthening-defense-critical-supply-chain](https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2944488/defense-department-releases-report-on-strengthening-defense-critical-supply-chain).

**BADRI K. NARAYANAN** ([badri\\_narayanan@lincolnelectric.com](mailto:badri_narayanan@lincolnelectric.com)) es vicepresidente de consumibles globales y **TERESA MELFI** ([teresa\\_melfi@lincolnelectric.com](mailto:teresa_melfi@lincolnelectric.com)) es miembro técnico de The Lincoln Electric Co., Cleveland, Ohio.

POR YASHWANTH BANDARI

# Manufactura aditiva basada en soldadura: una tecnología emocionante



La aplicación de la soldadura en la manufactura aditiva (AM por sus siglas en inglés) para la fabricación de componentes metálicos es uno de los temas de crecimiento más rápido en la investigación y el desarrollo. También ha evolucionado exponencialmente durante la última década.

En 2010, leí un artículo de la Universidad de Cranfield, ubicada en Reino Unido, donde se usaba un proceso de soldadura por arco para fabricar un componente aeroespacial colosal. Esto me intrigó y posteriormente inicié mi doctorado en AM por arco de alambre. He sido afortunado y me siento orgulloso de haber ampliado mi experiencia con otros procesos de soldadura como la soldadura por láser y rayo de electrones en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, en el Edison Welding Institute y en Meltio (AddiTec). Puedo verme acelerando la industrialización de la AM en el futuro.

## ¿La AM y la soldadura de metales son similares? ¿En qué sentido son diferentes?

En la AM, se usan fuentes de energía diferentes como láser, rayo de electrones y arco eléctrico para fundir y depositar

material base presente en forma de polvo o de alambre. La AM basada en polvo está disponible comercialmente, y se usa para fabricar componentes que van de escala pequeña a escala media. Por otro lado, la manufactura basada en alambre surgió como una candidata potencial para componentes que van de escala media a gran escala. Si sólo se ve el charco de metal líquido y la fuente de energía fundiendo el material base, entonces no hay diferencia entre la AM y la soldadura. La diferencia está en lo que se espera que haga el charco de soldadura.

En la soldadura, el usuario empieza con dos o más componentes y luego agrega la menor cantidad posible de material base para fabricar la estructura final. En la AM, el usuario fabrica la estructura por completo a partir del material base. Dicho lo anterior, la diferencia entre la AM y la soldadura es más de índole económica y social que técnica. La AM requiere más capital y se aplica principalmente para fabricar componentes que van de escala pequeña a escala mediana y a gran escala. Además, lo común es que sea altamente automatizada.

El conocimiento adquirido seguirá transfiriéndose entre la soldadura y la AM para beneficio de ambas tecnologías.

## El tamaño sí importa para la AM

Como con la soldadura, la competencia de la AM son los sectores del forjado y de la fundición. Trabajo con clientes de varios sectores industriales, donde les digo los beneficios para justificar los costos de la AM. Por ejemplo, los componentes aeroespaciales hechos de aleaciones de níquel o de titanio crean un buen caso de negocio. Estas aleaciones son materiales caros y difíciles de maquinarse, por lo que la AM tiene mucho sentido. Cuando el tamaño de estos componentes se vuelve sustancial, los ahorros en costos y en tiempo de entrega hacen la diferencia. El sector militar también se interesa en la AM pues ésta tiene un gran potencial para la reparación de contenedores o equipo en el agua mediante la fabricación de componentes en sitio para reducir el tiempo de entrega y aumentar la disponibilidad. Además, la AM puede reducir el número total de componentes requeridos para una aplicación, y de igual manera puede aportar buenas propiedades mecánicas en comparación con las propiedades derivadas de los procesos de manufactura convencionales.

## El futuro y la sostenibilidad

La pandemia de COVID-19 reveló la debilidad y la fragilidad inherentes de la cadena de suministro global.

El 6 de mayo, el presidente Biden lanzó la iniciativa *AM Forward* (Impulso a la AM) ([astroa.org/amforward](http://astroa.org/amforward)), en la cual los fabricantes de equipo original trabajarán directamente

con sus proveedores con sede en Estados Unidos para mostrar la demanda evidente de componentes producidos de manera aditiva y no depender de productos de fuera. En mi opinión, esta iniciativa beneficiará a compañías de tamaño pequeño a mediano y mejorará su capacidad para producir y vender componentes de alto desempeño, reducir los tiempos de entrega y expandir el acceso de los clientes de Estados Unidos a mejores productos.

El *AWS D20 Committee on Additive Manufacturing* (Comité D20 sobre manufactura aditiva de la AWS) ([aws.org/standards](http://aws.org/standards)) también ha creado estándares que brindan requerimientos generales y orientación para la fabricación de componentes metálicos usando AM basada en soldadura, que incluyen *D20.1/D20.1M:2019, Standard for Fabrication of Metal Components using Additive Manufacturing* (Estándar para fabricación de componentes metálicos usando manufactura aditiva) ([pubs.aws.org](http://pubs.aws.org)). Si usted se interesa en unirse a este comité, contacte a Mario Díaz ([mdiaz@aws.org](mailto:mdiaz@aws.org)), gerente de programas de la AWS, Desarrollo de Estándares.

Entonces, ¿ya está usted en su ruta aditiva? [WJ](#)

**YASHWANTH BANDARI** ([yashwant.310@gmail.com](mailto:yashwant.310@gmail.com)) es gerente de desarrollo de negocios de AddiTec, Palm City, Florida. También es miembro del *AWS D20 Committee on Additive Manufacturing* (Comité D20 sobre manufactura aditiva de la AWS) y consejero del *D20A Subcommittee on Additive Manufacturing Using Powder* (subcomité D20A sobre manufactura aditiva usando polvo) y del *D20B Subcommittee on Additive Manufacturing Using Wire* (subcomité D20B sobre manufactura aditiva usando alambre).

## ÍNDICE DE ANUNCIANTES

### AWS Membresía

[aws.org/takethetorch](http://aws.org/takethetorch)

25

(305) 443-9353

### Okila S.A. de C.V.

[okila.net](http://okila.net)

19

(55) 5747-6600

### Diamond Ground Products

[diamondground.com](http://diamondground.com)

9

(805) 497-3837

### Voestalpine Bohler Welding USA, Inc.

[voestalpine.com/welding](http://voestalpine.com/welding)

15

(800) 527-0791

### Hypertherm

[hypertherm.com](http://hypertherm.com)

2

Contacto Web