



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



CERO ARC BLOW: IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN EQUIPO MAGNETIZADOR DE TUBERÍA PARA LA ELIMINACIÓN DEL SOPLO MAGNÉTICO Y MEJORAR LA CALIDAD DE LAS SOLDADURAS DE TIE IN (CORTE Y EMPALME) EN TUBERÍAS OPERATIVAS

Este trabajo presenta la implementación y evaluación de un equipo desmagnetizador para eliminar el soplo magnético (arc blow) en soldaduras Tie-In (Corte y empalme) de tuberías operativas o en servicio, siguiendo los lineamientos de API 1104 y ASME B31.4. El soplo magnético, causado por campos residuales en tuberías de acero, compromete la estabilidad del arco eléctrico y la calidad del cordón de soldadura, generando defectos críticos como faltas de fusión, porosidades, socavados y cordones irregulares. La metodología incluyó mediciones iniciales del campo magnético en tuberías API 5L X42, X60 y X65 (diámetros de 8" y 14"), la aplicación del proceso de magnetización se realizó mediante un bobina, y verificación posterior. Los resultados mostraron reducciones significativas: valores iniciales superiores a 35 gauss descendieron a lecturas finales entre 2.5 y 7 gauss. La estabilización del arco permitió mejorar la fusión del metal de aporte y reducir defectos, aumentando la confiabilidad operativa y la predictibilidad de los tiempos de intervención. Se concluyó que la desmagnetización previa a la soldadura de Tie-in es una práctica efectiva y replicable en proyectos de mantenimiento de tuberías en servicio, recomendándose su adopción sistemática en la industria de hidrocarburos.

METALPAR

Carrera 7P No. 37-21 Km 2 Vía Bogotá

E.mail: juan.amaya@metalpar.co - fabian.avendano@metalpar.co - carlos.pedroza@diroca.co

Neiva - Huila

Resumen

La soldadura en tuberías operativas presenta desafíos técnicos significativos, especialmente cuando en las tuberías existen campos magnéticos residuales que generan soplo magnético. Este fenómeno afecta la estabilidad del arco eléctrico y compromete la calidad de la unión soldada. Normas como API 1104, ASME B31.4 establecen criterios para asegurar la integridad de las soldaduras, pero no siempre abordan el control del magnetismo residual. Este trabajo propone una solución práctica y replicable mediante desmagnetización controlada.

El presente trabajo presenta la implementación y evaluación de una metodología de trabajo para eliminar la magnetización residual que presentan las tuberías en servicio que afectan la estabilidad del arco eléctrico llamado soplo magnético (arc

blow) y que compromete la estabilidad del arco eléctrico y la calidad del cordón de soldadura durante los trabajos de Tie-In (Corte y empalme), mediante el uso de un desmagnetizador

Objetivo(s)

1. Implementar y evaluar la eficacia de un equipo magnetizador para la eliminación del soplo magnético en soldaduras Tie-in (Corte y empalme) de tuberías operativas, cuantificando la reducción del campo magnético residual y su impacto en la calidad de la soldadura, conforme a los requisitos de API 1104 y ASME B31.4.
2. Estabilizar el arco eléctrico para garantizar la calidad metalúrgica de las uniones conforme a API 1104.
3. Reducir los efectos del magnetismo residual en las tuberías, que durante los procesos de soldadura pueden generar defectos de soldadura



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



como faltas de fusión, porosidades, socavados y cordones irregulares.

4. Establecer una metodología replicable, criterios de aceptación y recomendaciones para la adopción en proyectos de mantenimiento y gestión de activos.

Presentación del problema

El soplo magnético (arc blow) desvía el arco eléctrico por la presencia de magnetización residual en la tubería, provocando defectos como porosidades, faltas de fusión y socavados. La desmagnetización se realiza aplicando un campo magnético igual o mayor al que tiene la tubería, invirtiendo la polaridad del campo se logra reducir gradualmente la amplitud del campo hasta cero, lo que neutraliza la magnetización residual y estabilizando el arco eléctrico durante la aplicación de las soldaduras. La técnica puede aplicarse con bobinas desmagnetizadoras; para posteriormente realizar mediciones que se verifican con un gaussímetro antes y después de la intervención.

Marco teórico

El soplo magnético es una desviación del arco causada por campos magnéticos residuales en tuberías ferromagnéticas. La desmagnetización se logra aplicando un campo opuesto que neutraliza el magnetismo, utilizando una bobina permite aplicar un campo magnético opuesto de mayor magnitud.

Fenómeno del Soplo Magnético (Arc Blow)

El soplo magnético es una perturbación del arco de soldadura causada por la presencia de campos magnéticos en el material base, especialmente en tuberías de acero ferromagnético. Este fenómeno se manifiesta principalmente en soldadura por arco, donde el campo magnético generado por la

corriente y el magnetismo residual interactúan, desviando el arco y dificultando el control del cordón.

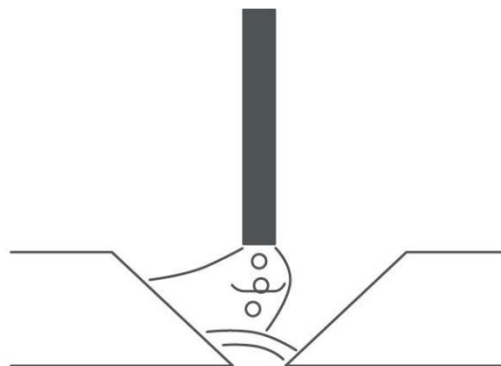


Imagen 1. Soldadura eléctrica manual con soplo magnético ^[6]

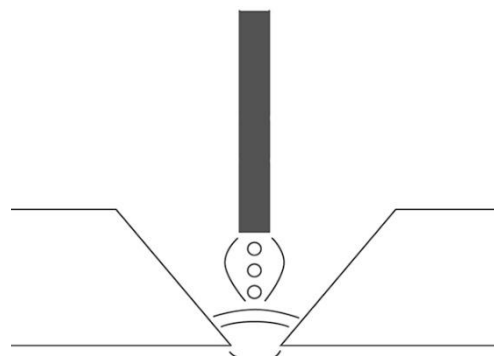


Imagen 2. Soldadura eléctrica manual sin soplo magnético ^[6]

Las principales causas del soplo magnético incluyen:

- Magnetismo residual inducido durante la fabricación, manipulación, inspección (por ejemplo, uso de PIGs magnéticos), transporte o almacenamiento de tuberías.
- Uso de equipos de protección catódica (Unidades Rectificadoras Protección Catódica).
- Ubicación inadecuada de la toma de tierra, generando trayectorias de retorno de corriente asimétricas.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Asociación Colombiana
de Ingenieros

El soplo magnético puede clasificarse según la dirección de la desviación del arco: hacia adelante, hacia atrás o lateral, generando defectos como faltas de fusión, porosidades, socavados y cordones irregulares.

Principios de la Desmagnetización

La desmagnetización, o desgaussing, consiste en la reducción o eliminación del magnetismo residual en componentes ferromagnéticos mediante la aplicación controlada de campos magnéticos reversibles. El objetivo es llevar la magnetización neta del material a un nivel suficientemente bajo para evitar la desviación del arco durante la soldadura.

Existen diversas técnicas de desmagnetización:

- **Campo alterno decreciente:** Se aplica un campo magnético alterno de alta intensidad, cuya amplitud se reduce gradualmente hasta cero, reorientando los dominios magnéticos y eliminando la magnetización remanente.
- **Campo reversible (knockdown):** Se aplica un campo de polaridad opuesta al campo residual, neutralizando el magnetismo en la zona de soldadura.
- **Generación de campo opuesto durante la soldadura:** En casos de componentes muy largos o altamente magnetizados, se genera un campo magnético de polaridad opuesta durante el proceso de soldadura para contrarrestar el campo existente.

La eficacia de la desmagnetización depende de factores como la intensidad y homogeneidad del campo aplicado, el número de vueltas del cable alrededor del componente, la permeabilidad magnética del material y la geometría de la pieza.

Medición de Campo Magnético y Criterios de Aceptación

La medición del campo magnético residual se realiza mediante gaussímetros para detectar la

densidad de flujo magnético en la superficie o en la raíz de la junta a soldar. Los valores se expresan en Gauss (G).

- 40 gauss → No soldable sin desmagnetización.
- 10–40 gauss → Alta probabilidad de arc blow.
- 5–7 gauss → Máximo recomendado para soldadura en campo.
- 0–5 gauss → Condición óptima para soldar.

Metodología aplicada

Condiciones de Prueba

Las pruebas se realizaron en tuberías de acero al carbono API 5L Grados X42, X60 y X65, con diámetro nominales de 8", 14" y 16" y espesores de pared entre 0.187" – 0.518", representativas de líneas de transporte de hidrocarburos en operación. Se seleccionaron juntas Tie-In a tope, con preparación de bisel de 30° +/- 5°, apertura de raíz y sin respaldo, conforme a los procedimientos de soldadura calificados bajo API 1104 para juntas a tope en tuberías.

Las condiciones de prueba incluyeron:

- Preparación de la junta según procedimiento estándar: corte, biselado y limpieza.
- Medición inicial del campo magnético en la zona de la raíz de la junta.

Los resultados mostraron reducciones demostraron reducciones significativas y consistentes del campo magnético con valores iniciales superiores a 35 - 50 gauss descendieron a lecturas finales entre 2 - 7 gauss, además se evidenció estabilización del arco, mejorando la fusión del metal de aporte y reduciendo la presencia de defectos de soldadura asociados al soplo magnético (faltas de fusión, porosidades, socavados y cordones irregulares) cumpliendo



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Asociación Colombiana
de Ingenieros

criterios de aceptación basados en prácticas de API 1104; y además de mayor predictibilidad en tiempos de intervención.

Además de la generación de procedimientos estandarizados de medición, formación operativa y criterios de aceptación para replicar la solución en otros proyectos.

Equipos y Herramientas

- **Equipo magnetizador:** Bobina Magnetizadora Modelo BM-500 (para tuberías en diámetros de 8, 14 y 16").



Imagen 3. Bobina magnetizadora

- **Medidor de campo magnético:** gaussímetro, análogo con un rango de 0 – 50 G (Resolución ± 2.5 G).
- **Fuente de soldadura (SMAW)**, electrodos E7010 – E8010.
- **Herramientas de corte y preparación:** cortatubo, esmeriladora, calibrador.
- **Equipos de inspección no destructiva:** ultrasonido (PAUT).
- **Elementos de seguridad industrial:** EPP, extintores, kit ambiental.

Procedimiento Experimental

1. **Medición inicial del campo magnético:** Una vez cortada, biselada e inspeccionada la tubería, se realizó un escaneo circunferencial en la zona de la raíz de la junta, registrando el valor

máximo y su ubicación, utilizando un gaussímetro.



Imagen 4. Medición Inicial del Campo Magnético en la tubería

2. **Desmagnetización:** Insertar la bobina desmagnetizadora introduciendo primero el lado marcado con el signo opuesto al medido en la pieza a desmagnetizar hasta una profundidad de dos a tres veces el ancho de la bobina, manteniendo centrada la bobina con respecto a la tubería.



Imagen 5. Desmagnetización

3. **Medición post-desmagnetización:** Se repitió la medición circunferencial, verificando que el campo residual fuera < 8 G en toda la circunferencia.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Imagen 6. Medición Final del Campo Magnético en la tubería

4. **Ejecución de la soldadura:** Se procedió a la soldadura manual por arco (SMAW) de la raíz, seguida de relleno y acabado, conforme al WPS calificado. Se registraron observaciones sobre la estabilidad del arco, facilidad de control y presencia de desviaciones.
5. **Inspección y registro de defectos:** Se aplicaron ensayos no destructivos (VT, PAUT) para detectar discontinuidades, evaluando la incidencia de defectos típicos asociados al sopleo magnético.
6. **Registro fotográfico y documental:** Se documentaron todas las etapas, valores de campo magnético, parámetros de soldadura y resultados de inspección.

Criterios de Aceptación

1. **Campo magnético residual en la zona de soldadura:** < 8 G antes de iniciar la soldadura de raíz. ^[21]
2. **Calidad de la soldadura:** Cumplimiento de los criterios de aceptación de API 1104 para discontinuidades superficiales e internas (faltas de fusión, porosidades, socavados y cordones irregulares).

Resultados

Valores de Campo Magnético Antes y Después de la Desmagnetización

A continuación, se presenta la tabla de resultados de medición de campo magnético en diferentes posiciones de la circunferencia de la junta TIE-IN, antes y después de la aplicación del equipo desmagnetizador.

Tabla I. Valores de campo magnético antes y después de la desmagnetización:

Ø	Campo inicial (G)				Campo Final (G)			
8"	35	20	25	30	5	7	4	3
14"	20	30	25	35	5	2,5	2,5	5
14"	12	16	20	9	3	2,5	7	5
8"	36	36	37,5	50	5	6	2,5	3

Los valores iniciales de campo magnético superaban ampliamente el límite recomendado para soldadura, con picos mayores de 35 G. Después de la desmagnetización, todos los valores se redujeron a menos de 8 G, cumpliendo el criterio de aceptación.

Análisis y Discusión técnica

Efectos sobre la Calidad de la Soldadura

La eliminación del sopleo magnético mediante desmagnetización previa permitió obtener cordones de soldadura con una adecuada penetración y ausencia de desviaciones del arco, facilitando el control por parte del soldador y reduciendo la posibilidad de reparaciones o reprocesos. La mejora en la estabilidad del arco se tradujo en una disminución significativa de defectos como faltas de fusión, porosidades,



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Asociación Colombiana
de Ingenieros

socavados y cordones irregulares, los cuales son críticos para la integridad de la unión en tuberías de transporte de hidrocarburos.

Reducción de Retrabajos y Mejora de la Confiabilidad Operativa

La reducción de retrabajos, asociada a la disminución de defectos, impacta positivamente en la productividad y la gestión de activos, al minimizar tiempos de parada, consumo de materiales y exposición a riesgos operativos. La confiabilidad de las uniones soldadas se incrementó, contribuyendo a la continuidad operativa y la reducción de costos de mantenimiento correctivo.

La adopción sistemática de la desmagnetización en proyectos de mantenimiento y gestión de activos contribuye a la mejora de la productividad, la confiabilidad operativa y la reducción de costos asociados a defectos y retrabajos.

Replicabilidad

El procedimiento de desmagnetización es replicable en diferentes sitios y condiciones, siempre que se cuente con equipos adecuados, personal capacitado y protocolos de medición y control.

La logística de implementación requiere la integración del equipo desmagnetizador en el flujo de trabajo de preparación de juntas, la verificación sistemática del campo magnético y la documentación de resultados.

La seguridad es un aspecto crítico: el uso de equipos de alta corriente y campos magnéticos intensos exige el cumplimiento de normas de protección eléctrica, señalización y control de acceso, así como la capacitación del personal en el manejo de equipos y la interpretación de mediciones.

Comparación con Otras Técnicas y Limitaciones

Si bien existen métodos alternativos para mitigar el soplo magnético (reubicación de la toma de tierra, uso de corriente alterna, ajuste de parámetros), la desmagnetización previa es la única que garantiza la eliminación del magnetismo residual en la zona crítica de soldadura.

Referencias

- [1] API 1104: Welding of Pipelines and Related Facilities. Ed., 2023.
- [2] ASME B31.4: Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries. 2025.
- [3] ISO 9934-3: Non-Destructive Testing – Magnetic Particle Testing – Equipment. 2015.
- [4] EWM GmbH. Practical Guide Degaussing of Magnetic Components. 2023.
- [5] DCM Formación Industrial. Soplo magnético en soldadura: qué es y cómo evitarlo. <https://www.dcmformacionindustrial.es/soplo-magnetico-soldadura/>
- [6] EWM GmbH. Desmagnetización y soldadura de acero – EWM Degauss 600. <https://www.ewm-group.com/es/produkte/entmagnetisierung.html>
- [7] Maurer Magnetic AG & Schuler Pressen GmbH. Demagnetization of large surface objects before welding. <https://content.ndtsupply.com/assets/Uploads/Maurer-Applications-Demag-of-Large-Surface-Objects.pdf>
- [8] EWM GmbH. Practical Guide Degaussing of Magnetic Components Before and During Welding. https://www.ewm-group.com/assets/docs/PracticalGuide_Degaussing_E N.pdf
- [9] Proctor, N.B. The Removal of Detrimental Magnetic Fields at Pipeline Tie-Ins. PRCI, 1980.
- [10] Kemppi Oy. Magnetism in welding – how to tackle the issue. <https://www.kemppi.com/en/blogs/magnetism-in-welding-how-to-treat-the-magnetic-blow>



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Asociación Colombiana
de Ingenieros

[11] ESAB University. Magnetic Arc Blow in Welding: Causes and Fixes.

https://esab.com/mu/mea_en/esab-university/articles/magnetic-arc-blow-in-welding/

[12] Diverse Technologies. State of the arc: magnetism in pipes can stop welding progress.

<https://diverse-technologies.net/resources/papers/Stateofthearc.pdf>

[13] Maurer Magnetic AG. White paper measuring residual magnetism.

<https://maurermagnetic.com/wp-content/uploads/2020/04/White-Paper-E-measuring-residual-magnetism.pdf>

[14] Lincoln Electric. Prevent Arc Blow.

<https://www.lincolnelectric.com/en/Welding-and-Cutting-Resource-Center/Welding-How-Tos/Prevent-Arc-Blow>

[15] EWI. In-service Welding Guidelines.

<https://ewi.org/wp-content/uploads/2024/02/In-service-Welding-Guidelines-fnl-02-12-24.pdf>

[16] Li, J., et al. Lateral Pipeline Buckling Detection via Demagnetization and Interior Magnetic Measurement. IEEE Access, 2017.

[17] Proctor, N.B. The Removal of Detrimental Magnetic Fields at Pipeline Tie-Ins. PRCI, 1980.

[18] Huang, X., et al. Magnetic permeability measurement for steel pipe immersed in geomagnetic field. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2019.

[19] EWI. In-service Welding Guidelines.

<https://ewi.org/wp-content/uploads/2024/02/In-service-Welding-Guidelines-fnl-02-12-24.pdf>

[20] Hamnerius, Y., Nilsson, T. Method to Assess Magnetic Fields From Welding Against the EU-Directive on Electromagnetic Fields. Chalmers University of Technology, 2016.

[21] Western Instruments. Weld Defects: Magnetism in Pipe & Welding.

<https://studylib.net/doc/25508087/demag-paper>

[22] Xu, T., et al. Effects of Magnetic Fields in Arc Welding, Laser Welding, and Resistance Spot Welding: A Review. Adv. Eng. Mater., 2022.

[23] Diverse Technologies. State of the arc: magnetism in pipes can stop welding progress.

<https://diverse-technologies.net/resources/papers/Stateofthearc.pdf>

[24] ESAB University. Welding Defects Guide: Types, Causes, Prevention & Remedies.

https://esab.com/gs/eur_en/esab-university/articles/welding-defects-guide/

[25] Ali, K.J. Measurement of Magnetic Fields Emitted from Welding Machines. Diyala Journal of Engineering Sciences, 2012.

[26] Welding Property. How to Prevent Arc Blow in Welding: Proven Tips.

<https://weldingproperty.com/how-to-prevent-arc-blow-in-welding/>

Juan Carlos Amaya Ardila

Ingeniero Metalúrgico - Especialista en Gerencia en Dirección de Proyectos - Dirección y Gestión De Calidad - Msc en Calidad y Gestión Integral, con experiencia en calidad y soldadura en la industria de hidrocarburos.

Coordinador de Calidad y Calificación de Personal METALPAR.

3162751864

juan.amaya@metalpar.co

Fabian Emiliano Avendaño Gomez

Ingeniero Metalúrgico – Especialista en Gestión de Integridad y Corrosión, profesional en aseguramiento de calidad y precomisionamiento con experiencia en proyectos de infraestructura energética.

Coordinador QA/QC

METALPAR

3165284359

fabian.avendaño@metalpar.co

Carlos Alberto Pedroza Peralta

Inspector END certificado con experiencia en ensayos no destructivos en líneas de transporte.

DIROCA

Inspector END



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



3104036646

carlos.pedroza@diroca.co