



## CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA DE UN CORDÓN DE SOLDADURA

**Miriam Rocío Neyra Astudillo** <sup>(1,2)\*</sup>, **Luciana Burroni** <sup>(2)</sup>, **María Isabel López Pumarega** <sup>(1)</sup>, **Martín Gómez** <sup>(1,2)</sup>, **José Ruzzante** <sup>(2,3)</sup>, **Wadi Chiapparoli** <sup>(4)</sup>

*(1) Dpto. Coordinación Centro Internacional para Estudios de la Tierra, ICES, Gerencia Desarrollos Tecnológicos y Proyectos Especiales, Gerencia de Área Investigaciones y Aplicaciones No Nucleares, Centro Atómico Constituyentes, Av. G. Paz 1499, San Martín, Buenos Aires, B1650KNA, Argentina.*

*(2) Grupo de Emisión Acústica, Fac. Reg. Delta, Universidad Tecnológica Nacional (UTN), San Martín 1171, Campana, BA 2804, Buenos Aires, Argentina.*

*(3) Universidad de Tres de Febrero, Caseros, B1678ABJ, Buenos Aires, Argentina.*

*(4) Instituto Argentino de Siderurgia IAS, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina.*

\* Correo Electrónico (autor de contacto): [mneyrast@gmail.com](mailto:mneyrast@gmail.com)

---

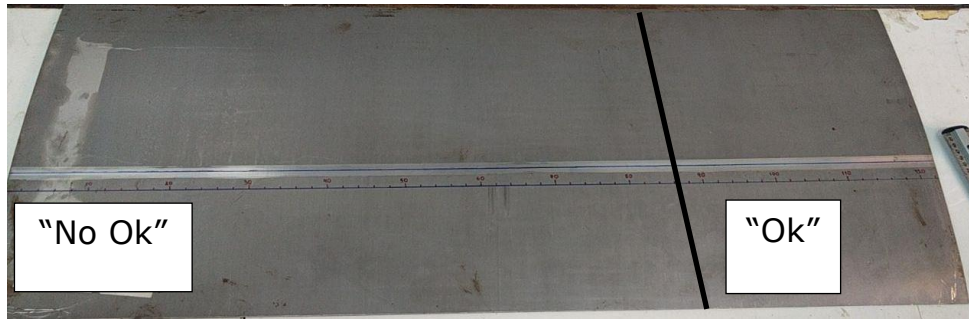
Cuando un material ferromagnético es sometido a campos magnéticos lentamente variables, se generan cambios en su magnetización, produciéndose "saltos" discretos. Estos saltos se generan por el movimiento de las paredes de los dominios (PDs). Una pequeña bobina colocada sobre la superficie de la muestra detecta este Ruido Magnético Barkhausen (RMB). El movimiento de las PDs es regulado por la microestructura del metal. En este trabajo se aplicó el RMB para monitorear uniones soldadas por resistencia eléctrica, en muestras de acero al carbono. Se presentan, el análisis del RMB y del ciclo de histéresis, correlacionándolos con el estado de la soldadura.

---

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales metálicos a través de la coalescencia (fusión) producida por la aplicación de energía térmica. En la soldadura por fusión se logra un sistema único de cristales en el cual dos piezas de un material base, son unidas fundiéndose ambas. Se puede agregar un material de relleno que, luego de enfriarse, se convierte en una unión fija con diversas propiedades mecánicas [1]. En las uniones soldadas de aceros al C, se presenta una variación microestructural, como consecuencia de los ciclos térmicos, que debe ser controlada para garantizar su desempeño futuro. Por tales motivos, surge la necesidad de un método de medición no destructivo, simple y rápido para fines de control de calidad in situ, siendo el método de Ruido Magnético Barkhausen (RMB) uno de ellos [2-4].

En este trabajo se utiliza el RMB para monitorear uniones soldadas a tope por chisporroteo eléctrico en una chapa de acero, provista por el Instituto Argentino de Siderurgia (IAS). El objetivo es con el RMB, poder distinguir y clasificar las zonas "bien" y "mal" soldadas.

La muestra estudiada es de acero de bajo C, sus dimensiones aproximadas son: 126 mm x 540 mm x 2 mm (ver Figuras 1 y 2). La chapa fue construida especialmente, con parámetros de soldadura que produjeron, intencionalmente, zonas "mal" (No Ok) y "bien" (Ok) soldadas, en diferentes porciones del cordón de soldadura [4, 5].

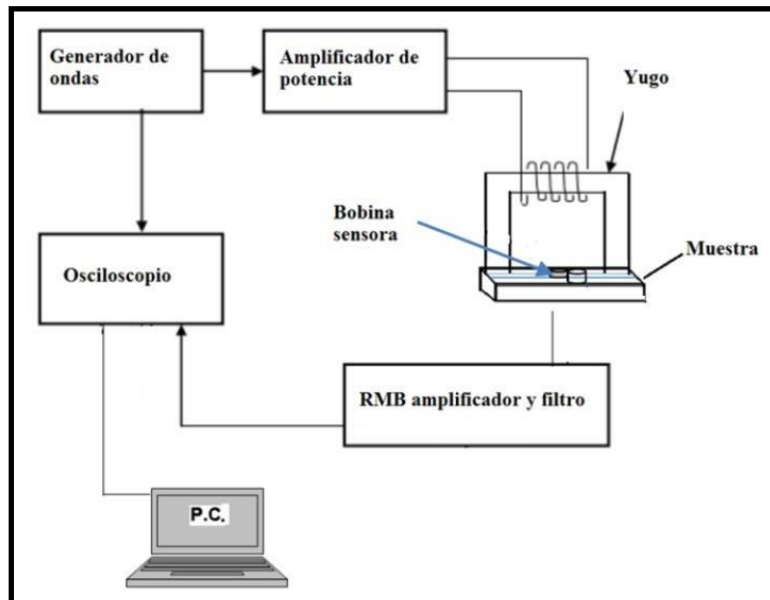


**Figura 1:** Fotografía de la Chapa, zonas "mal" (No Ok) y "bien" (Ok) soldadas.



**Figura 2:** Ampliaciones de: **(a)** zona "mal" (No Ok) y **(b)** "bien" soldadas (Ok).

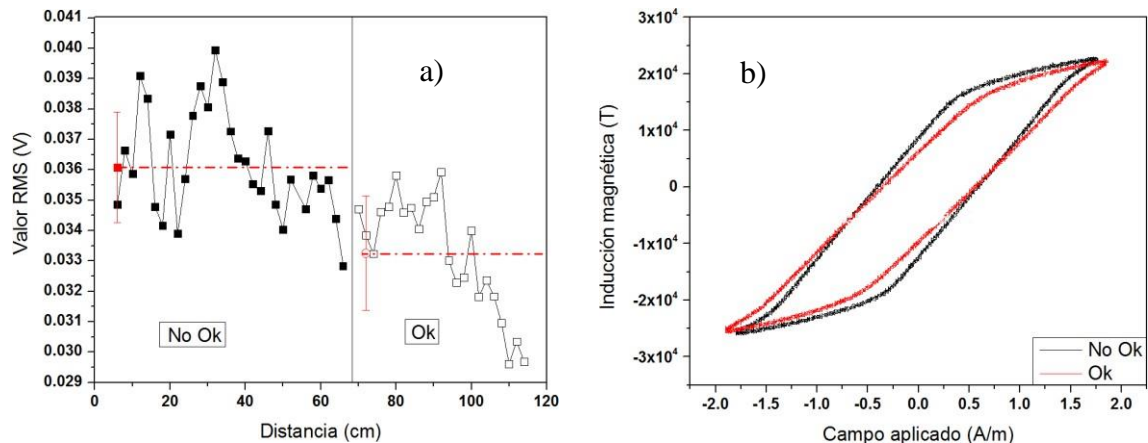
En la Figura 3, se muestra un esquema del sistema de medición empleado. El yugo magnético excitador se colocaba sobre la superficie del cordón de soldadura, manteniendo entre sus apoyos, la bobina sensora de RMB. El campo magnético de excitación se lograba con una corriente sinusoidal de 10 Hz producida por un generador de funciones y luego amplificada. Con esta señal se excitó la bobina del yugo que fue ubicado sobre el cordón de soldadura, desplazándolo cada 2 cm, adquiriendo así los datos generados en las zonas "bien" y "mal" soldadas. En todos los casos se realizaron mediciones con el campo de magnético de excitación perpendicular al cordón de soldadura. Se trabajó con un osciloscopio Pico Scope serie 5000, con una frecuencia de digitalización de 1 MS/s. En el canal 1 se registró la tensión eléctrica aplicada sobre el yugo y en el canal 2 la señal del RMB.



**Figura 3:** Fotografía del sistema de medición del RMB.

Se obtuvieron un total de 114 archivos de las señales digitalizadas para el RMB y la tensión de excitación. Se debe también mencionar que los resultados obtenidos en la proximidad del borde de la chapa fueron descartados, para evitar los efectos de borde. También se descartaron las mediciones cerca del límite de cada zona para obviar las indefiniciones en la transición entre las distintas regiones del cordón. El procesamiento de

las señales se implementó bajo diferentes códigos computacionales. Para mejorar la relación señal-ruido se empleó un filtro pasabanda de tipo Butterworth con una banda pasante de (5 - 200) kHz. A partir de las señales filtradas se calculó la envolvente y luego sus parámetros estadísticos: como Kurtosis, Skewness, Máximo y el valor RMS. Para profundizar el análisis del comportamiento magnético del material en cada zona, se realizaron mediciones de sus ciclos de histéresis. A modo de ejemplo solo se presentan en la Figura 4 a) los valores RMS y sus promedios (líneas horizontales) en cada zona, y en b) la superposición de los ciclos de histéresis ("No OK" y "Ok").



**Figura 4:** a) Gráfico de los valores RMS (zonas "Ok" y "No Ok"); b) ciclo de histéresis (zonas "Ok" y "No Ok").

En la Figura 4 a) se observan mayores valores de RMS en la zona "mal" soldada. En la superposición de los ciclos de histéresis (Figura 4 b), se observa que cuando se cambia de la zona "Ok" a la "No Ok", se produce una rotación en el sentido anti horario, presentando mayores valores de magnetización y una mayor pendiente. Esto podría deberse a que en la zona mal soldada ("No Ok") hay falta de fusión del material (ver Figura 2 a) y además tendría mayores tensiones residuales producidas en el proceso de soldadura. Como se conoce, la respuesta del RMB está condicionada por la microestructura de cada zona [4].

En las zonas definidas por el operador como "mal" soldadas, se registró una mayor actividad de RMB. Este resultado se manifiesta en todos los parámetros estadísticos evaluados sobre la envolvente de las señales. El análisis del ciclo de histéresis en las distintas zonas también reveló diferencias de acuerdo a la calidad de la soldadura.

## Referencias

- [1] J. Loayza Pérez, Importancia y nuevos retos de la soldadura en aplicaciones industriales, ISSN 19006241, No 175, 2016.
- [2] D. Jiles, "Introduction to Magnetism and Magnetic Materials", Chapman and Hall, 1995.
- [3] C. P. Serna-Giraldo, L. R. Padovese, "El ruido magnético de Barkhausen: un método de END para monitorear microestructuras en uniones soldadas", Scientia et Technica Año XIII, No 36, 525-530, 2007.
- [4] Miriam R. Neyra Astudillo, María I. López Pumarega, Ayelén M. Caballero., Luciana Burrioni, Martín Gómez, José Ruzzante, Wadi Chiapparoli, Caracterización no destructiva en uniones soldadas, Actas del 11<sup>avo</sup> Congreso Regional de Ensayos No Destructivos Estructurales, CORENDE, ISBN 978-987-23957-9-7, Neuquén, Argentina, 04 al 06 de octubre del 2017.
- [5] Miriam R. Neyra Astudillo, María I. López Pumarega, Ayelén M. Caballero., Luciana Burrioni, José Ruzzante, Wadi Chiapparoli, Análisis de Emisión Magneto Acústica en un cordón de soldadura "Actas del 9º Encuentro del Grupo Latinoamericano de Emisión Acústica, E GLEA 9" ISBN ISSN: 978-987-1323-60-9, 2018.