

# Diseño de un sistema autónomo para la estimación de espesores usando un transductor Magnetostrictivo

**Hernán Leonel Santos Alayon**

Universidad Santo Tomas (Colombia), Bogota, Cundinamarca, Colombia, [hersantos\\_4@hotmail.com](mailto:hersantos_4@hotmail.com)

**Gina Marcela Rodríguez Ramos**

Universidad Santo Tomas (Colombia), Bogota, Cundinamarca, Colombia, [gimaro2701@hotmail.com](mailto:gimaro2701@hotmail.com)

**Néstor Andrés Gómez Mahecha**

Universidad Santo Tomas (Colombia), Bogota, Cundinamarca, Colombia, [nestoragomez@gmail.com](mailto:nestoragomez@gmail.com)

**Tutor;**

Ingeniero Edwin Forero

Universidad Santo Tomas (Colombia), Bogota, Cundinamarca, Colombia, [eforerog@gmail.com](mailto:eforerog@gmail.com)

## ABSTRACT

Éste documento presenta el diseño de un sistema de evaluación para espesores usando ultrasonido generado por un transductor magnetostrictivo. El objetivo de este trabajo es mostrar cómo el principio de la magnetostricción permite la evaluación no destructiva de estructuras metálicas oxidadas, sin el acoplamiento tradicional del sensor con la pieza bajo estudio. Para esto, se determina el principio de generación de ondas ultrasónicas que no ha sido ampliamente utilizados debido a los altos costos y poca investigación sobre esto, pero tiene grandes ventajas que se pueden explotar en la evaluación no destructiva. El sistema implementado consiste en un equipo de especialistas (37 DL Plus) que realiza la excitación del transductor, una plataforma móvil para colocar el transductor en dos dimensiones controladas desde un PC, el palpador EMAT (EB-110) seleccionado.

En el desarrollo de la implementación fue realizada una comunicación entre el computador y la estructura que sirve para indicar los movimientos del motor.

Se tiene una estructura base y por lo tanto ha mejorado el análisis con base en acoples que son externos que es donde por control de motores y movimientos de los mismos hacen que los analisis sean mas exactos y permiten un mayor rendimiento de los resultados.

**Palabras clave:** Comunicación por puerto paralelo, ultrasonido, evaluación no destructiva, sensor.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El trabajo presenta la implementación de un sistema de medida de espesores en estructuras con capas de óxido para la detección de corrosión, comúnmente se encuentra en estructuras industriales, tuberías, puentes, torres de energía, etc. La medición se realiza por medio de la utilización de la evaluación no destructiva, es decir, que no alteran las características del material bajo estudio. La tecnología no destructiva utilizado es el ultrasonido, que se basa en la generación de una onda mecánica en el intervalo ultrasónico, que viaja a través del material que se evalúa a partir de la pared frontal hasta que se refleja en la pared posterior y se toma el tiempo de viaje de la onda mencionada y conociendo la velocidad de desplazamiento del sonido en el material se estima el espesor. No obstante, el punto excelente de la obra es la generación de la gráfica, ya que éste se realiza utilizando el efecto magnetostrictivo que aparece en algunos materiales. La ventaja principal es la de tomar ventaja de que esta tecnología no necesita de contacto entre el transductor que genera la onda ultrasónica y la superficie de la estructura para evaluar [11]. Teniendo en cuenta la intención previa que está en el tiempo para estudiar la magnetostricción y poner en práctica un sistema que permite la medición de espesores en estructuras metálicas oxidadas con las coberturas. La magnetostricción aparece en el contexto de ensayos destructivos y no con la intención de explicar al lector cómo su aplicación es posible. En este punto se indica la selección del transductor comercial seleccionado y adquirido, además del sistema de excitación del transductor que también funciona como receptor del sistema. A continuación, el artículo muestra las características constructivas de una plataforma que posiciona el transductor magnetostrictivo dentro de una cierta área donde está situado el manómetro o pieza en estudio. Finalmente, se presenta la integración del sistema de medida en donde participan todos los componentes descritos a fin de que la medición de espesores utilice el ultrasonido desde el efecto magnetostrictivo.

## **2. PRUEBA NO DESTRUCTIVA UTILIZANDA EL EFECTO MAGNETOSTRICTIVO**

Las pruebas permiten la evaluación del material (aceros, plásticos, vasos, etc.), sin alterar las características físicas o químicas del mismo. Una de las tecnologías más utilizadas en las últimas décadas es el ultrasonido. Esto se ingresa (profundamente o superficialmente) en el material o en la estructura de viajar a través de ella en busca de las paredes refleja que permiten por medio de la captura de los ecos de la detección de fallas o defectos internos o externos, dependiendo de la prueba aplicada [5] . Para evaluar un material con ultrasonidos es necesario tener en cuenta la frecuencia y la potencia de la onda que afecta a lograr una inspección satisfactoria. Normalmente la fuente o el generador de ultrasonidos utilizado es un transductor piezoeléctrico, no obstante, dada la necesidad de utilizar una forma se conecta para la transmisión de la onda acústica al material cuando este tipo de transductor se utiliza, en este trabajo un transductor de tipo magnetostrictivo permite la inspección o no la evaluación destructiva sin la utilización de manera de conectarse directamente.

Para llevar a cabo pruebas no destructivas mediante ultrasonidos generados por efecto magnetostrictivo 96 (2007) se debe seguir las recomendaciones de la norma ASTM E1774-, donde la calibración necesaria y la tecnología se especifica para llevar a cabo la prueba. La selección de los elementos de ensayos no destructivos aparece más adelante.

### **A. SISTEMA DE EXITACIÓN Y RECEPCIÓN**

El sistema de excitación y recepción es el equipo 37 DL BONUS, medidor de espesor por ultrasonido del fabricante OLYMPUS, con herramientas avanzadas de medición y un sofisticado sistema de adquisición y salida de información para realizar inspecciones de las estructuras metálicas que puedan tener corrosión. El equipo permite la medición de las tapas de óxido sobre las estructuras.

Características:

- El eco sólo se utiliza en el fondo.
- El ajuste de la velocidad de propagación de la onda de ultrasonidos en la pieza sometida a prueba es de acuerdo a la temperatura del material.
- Medición del espesor del acero, las tapas de óxido y de los almacenes de embutidos, y la visualización de la medida en la pantalla.
- Registro del valor promedio o mínimo de varias medidas sucesivas de espesor .
- La imagen es de exploración muy luminoso, de un excelente contraste y buena visibilidad.
- Compatibilidad con una gran variedad de sensores de monocristales o de doble contacto, de línea de retardo y de inmersión.
- Compatibilidad con sensores para medir EMAT, sin necesidad de medios de conexión.
- Registro de información alfanumérica estructurados en archivos que se pueden utilizar los nombres de hasta 32 caracteres y códigos de identificación de hasta 20 caracteres.
- Consulta de las lecturas de los espesores de la B-scan almacenada en la pantalla de un ordenador.

### 3. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y PLATAFORMA MÓVIL

La aplicación del software se realiza para desarrollar el manejo de los motores por medio de un ordenador y para evitar el manejo manual. Esto se realiza por medio de una comunicación paralela, que luego se trabajará con USB. Es necesario estudiar los comandos necesarios para tener en cuenta el comienzo y parada del movimiento de los motores junto con las direcciones de la misma, ya que es necesario tener el software adaptado para lograr un rendimiento ideal de los motores.

Para este trabajo se ha diseñado un escáner de superficie plana, con el desplazamiento en los ejes coordenados X e Y. La estructura tiene la misión de colocar el transductor magnetoestrictivo en un espacio de trabajo de 30 cm x 30 cm donde se encuentra la pieza a evaluar. Este sistema consta de tres guías: dos que apoyan o dirigen el movimiento en el eje X y uno que se mueve el transductor en el eje Y, y además hace las veces de la ayuda directa del transductor. El movimiento de las guías se lleva a cabo por la acción de tres motores de dos polos alimentados paso a paso cada uno por medio de hardware.

Con este circuito es posible alimentar las bobinas de los motores para controlar el avance de las guías y su sentido de proyección para la dirección de desplazamiento. Sin embargo, el control final de los motores se realiza por medio de cuatro transistores independientes, como a su vez se utiliza un circuito integrado que facilita el control de cada uno de los motores. El circuito integrado L298, que se usa especialmente para controlar los polos de los motores paso a paso.

Este proyecto se inició empleando un posicionador en 2 dimensiones, el cual tiene implementado 3 motores paso a paso que contienen tres (3) guías con pequeñas bandas y con sus propias fuentes de alimentación. El primer paso realizado fue para comprender el funcionamiento y las conexiones de los motores paso a paso, ya que debe tenerse en cuenta que tipo de características tienen, de acuerdo con el número de hilos de cada uno. En este caso, se centra en el motor de la gestión de 6 hilos, puesto que utilizando motores de 4 hilos, la potencia y corriente que manejan, son muy limitados, mientras que los de 6 hilos permiten un manejo de casi 2 amperios de corriente. La alimentación manejada es de 5V para el manejo de control por medio del driver, el cual genera los impulsos para

el movimiento de los motores, otro voltaje de 12 V para los motores que se controlan por medio de driver's, las pruebas fueron realizadas por un sensor magnetostrictivo que permite obtener imágenes que muestran las fallas que tienen algunas piezas.



Figura 1. Estructura mecánica en dos dimensiones.

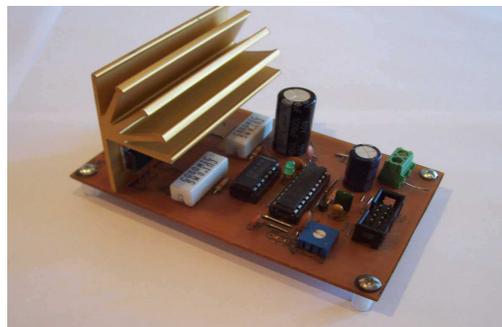


Figura 2. Primer driver utilizado para el control de los motores en la estructura de dos dimensiones.

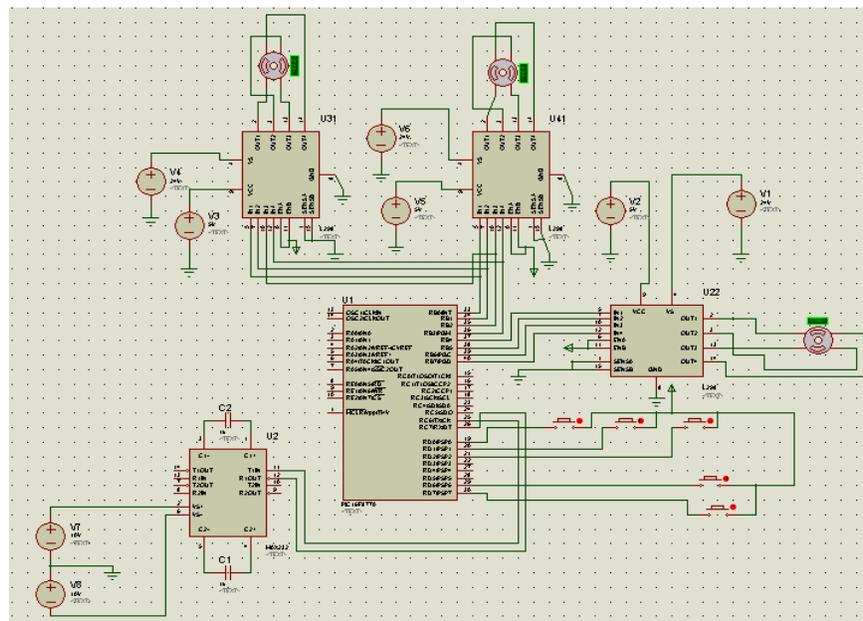


Figura 3. Primer driver en esquemático utilizado para el control de los motores paso a paso

El circuito representa el controlador para motores de cuatro hilos, en el circuito se utiliza un micro controlador que conectado a un L298, el cual es un puente H, mueve los motores en un sentido o en el otro, éste puente H puede tener una sobrecarga y trabajar a un amperaje considerable para el giro correcto de los motores que se utilizaron en un diseño inicial que estaba en prueba.

El mecanismo utilizado hasta el momento es una máquina de prueba, ya que no se sabía qué tipo de material era el más adecuado para la implementación de una nueva máquina, que no tiene errores, es decir, que no genera rozamientos o pérdidas de voltaje en los motores. Se realiza el estudio de materiales requeridos, teniendo ya el diseño por medio de planos de las piezas, una vez claro el material a utilizar, se sigue con la impresión de los planos y la ejecución de la máquina final.

Las imágenes capturadas en la etapa 2 se tienen en cuenta y de esta manera realizar un tratamiento digital de señales, para que las imágenes que realmente se necesitan estén sin el ruido y las imperfecciones que se pueden generar al momento de capturar la imagen, además de la manera de controlar el sensor y así mejorar por medio de software la imagen. Para la obtención de esta, se logra realizar una conexión entre el computador y el sensor directamente, para evitar el manejo manual y con esta información obtenida, realizar de nuevo el tratamiento de señales mencionado anteriormente.

La placa está construida bajo estudio bajo condiciones de supervision completa por medio del sensor, el barrido hara que las detenciones e indicaciones sean las mas adecuadas para asi poder sacar análisis de gráficas y algunas conclusiones de lo que puede estar ocurriendo en la placa analizada.



**Figura 4. Estructura mecánica en tres dimensiones (Proyección a futuro)**

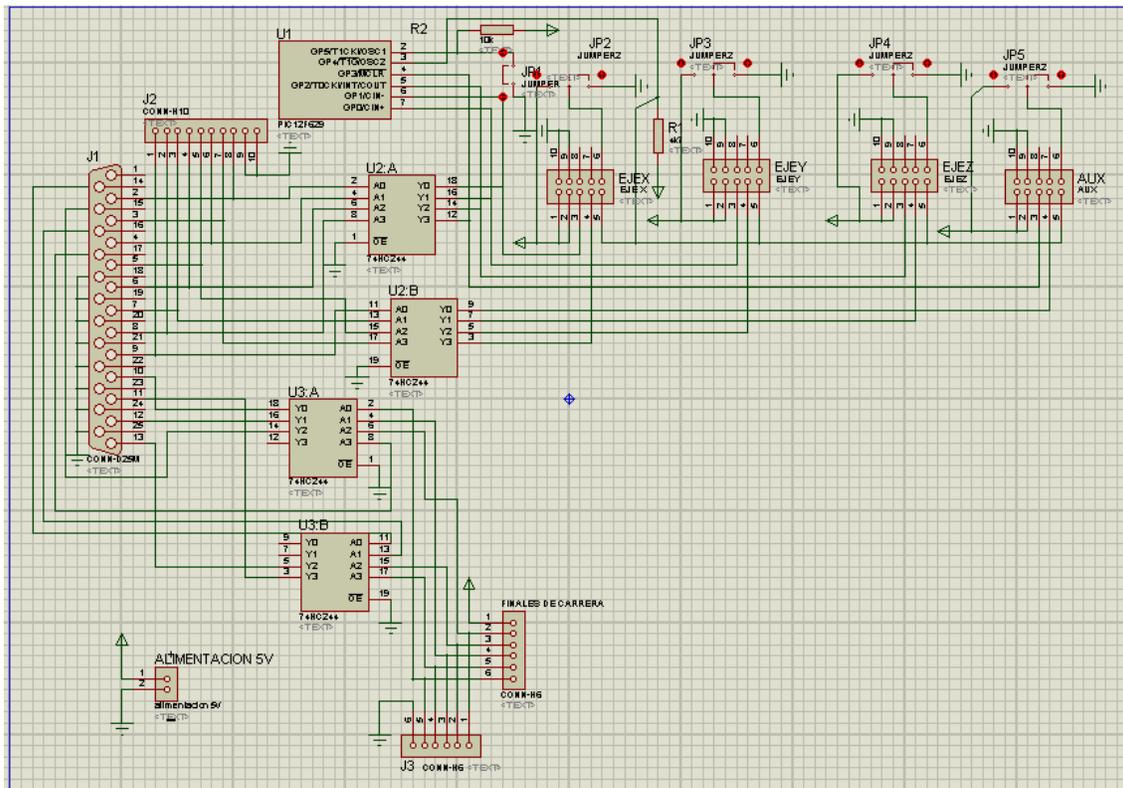


Figura 5. Interfaz utilizada para la conexión con el computador.

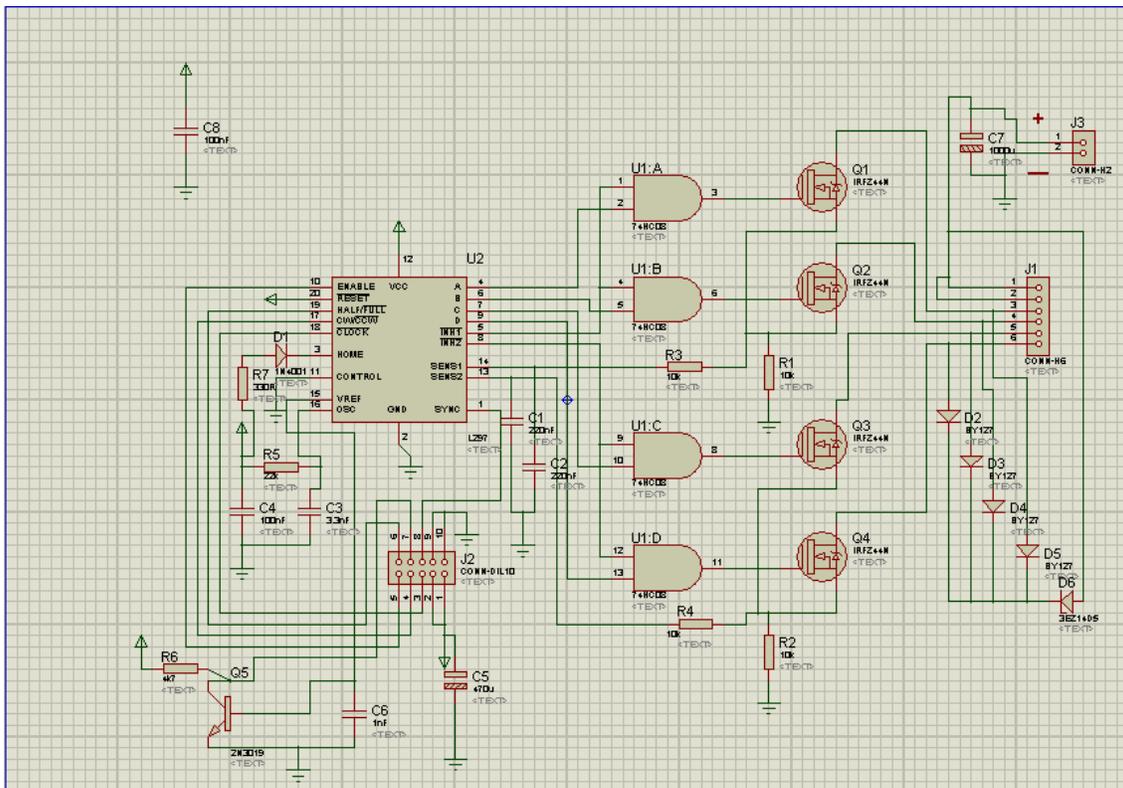


Figure 6. Driver utilizado para el control de motores paso a paso de 6 hilos.

## CONCLUSIONS

La integración de los diferentes elementos independientes constituye un sistema que permitirá la medición de espesores, registrar y posicionar las medidas de forma contralada. Es decir, con el sistema diseñado es posible realizar un barrido de la pieza y así obtener un perfil de los espesores medidos.

Es posible obtener las imágenes que determinan un perfil de las caras secretas de las piezas en estudio, para determinar el índice de corrosión o la acumulación de las capas de óxido. Esto permite tomar acciones de mantenimiento o de reemplazo de piezas en los sistemas de los fabricantes reales

La utilidad del tratamiento digital de señales es una gran ayuda para observar los defectos que posee la pieza a estudiar.

Para llevar a cabo una comunicación con el computador, se facilitará el manejo de la máquina, ya que no será manual, y por medio de una interfaz configurar los comandos que se envían por medio del computador y así posicionar el sensor.

## REFERENCIAS

- [1] J. Pratt, A. B. Flatau, Development and analysis of a self-sensing magnetostrictive actuator design, Iowa State University, 1997
- [2] XU Jiang, WU Xinjun, S. Gongtian, W. Liangyun. Signal processing for guided waves testing based on magnetostrictive effect, Engineering Huazhong University of Science and Technology, China 2008
- [3] K. Lee, T. nelligan. The use of magnetostrictive EMAT transducer on oxide scaled boiler tubes, Panametrics-NDT, USA, 2004
- [4] F. Turcu, Magnetostrictive sensor for long range guided wave inspection and monitoring of in service pipelines, DSEA University of Pisa, Italy, 2008
- [5] S. Starman, Non-contact ultrasonic testing using EMAT transducer, STARMAN Electronics, 2009
- [6] P. Crespo del Arco. MAGNETOSTRICCIÓN, Materiales Magnéticos, 2009
- [7] Y. M. Cheong, S. Kim, H. K. Jung. Effect of an alternating excitation and the applicability of a magnetostrictive transducer for a long-range guided wave inspection, Korea Atomic Energy Research Institute. 12 A-PCNDT 2006
- [8] F. Claeysen, N. Lhermet, R. Le Lent. Progress in magnetostrictive sonar transducer, 2006
- [9] BLACKSTONE-NEY ULTRASONIC, Magnetostrictive versus piezoelectric transducer for power ultrasonic applications, BLACKSTONE-NEY ULTRASONIC, 2003
- [10] J. A. Gallego Juárez. Transductores ultrasonicos de potencia, Instituto de Acústica, CSIC, 2000
- [11] M. C. Bhardwaj, Evolution of piezoelectric transducer to full scale non-contact ultrasonic analysis mode, THE ULTRAN GROUP, USA, 2004
- [12] M. S. Higgins. NON-DESTRUCTIVE TESTING OF SUSPENDER ROPES WITH MAGNETOSTRICTION, Pure Technologies. 2006
- [13] F. Seco, J.M. Martín, A.R. Jiménez, A NEW MODEL FOR THE MAGNETOSTRICTIVE GENERATION OF ULTRASOUND IN WAVEGUIDES OF CYLINDRICAL SYMMETRY. Instituto de Automática Industrial, Madrid, 2003
- [14] E. Blomme, D. Bulcaen, F. Declercq, P. Lust, AIR COUPLED ULTRASONIC DETECTION IN TEXTILE PRODUCTS, KATHO dept. BELGIUM, 2003
- [15] D. Singh, S. R. Rao, Guided Wave Inspection Using Magnetostrictive Principle For Cement Coated Pipe Lines And Rundown Pipe Lines, Proceedings of the National Seminar and Exhibition on Non-Destructive Evaluation, 2009
- [16] O. Soderberg, A. Sozinov, V.K. Lindroos, Giant Magnetostrictive Materials, The Encyclopedia of Materials: Science and Technology, 2004
- [17] S. A. Vinogradov. DEVELOPMENT OF MAGNETOSTRICTIVE SENSOR TECHNOLOGY FOR GUIDED WAVE EXAMINATIONS OF PIPING AND TUBING, Guide NDE LLC, Texas, USA, 2010.
- [18] S. A. Vinogradov, Development of Enhanced Guided Wave Screening Using Broadband Magnetostrictive Transducer and Non-Linear Signal Processing, NDT.net, 2010.
- [19] A. Puchot, C. Duffer, A. Cobb, G. Light. New Magnetostrictive Sensor Technology Applications. Southwest Research Institute, NDT.net, 2010
- [20] L. Shen, Y Wang, F. Sun, F. Zeng, C. Shen, Study on Relationship between Amplitudes of Reflection Signals and Positions of Magnetostrictive Transducer. 17<sup>th</sup> World Conference on Nondestructive Testing, 2008
- [21] STMicroelectronics, STMD250STP, Bipolar Stepper Motor driver, [www.st.com](http://www.st.com)