



# Descripción de ventajas económicas directas e indirectas en la aplicación de Ensayos No Destructivos (END) en un proceso productivo.

Apellidos, nombre	Fombuena Borràs, Vicent (vifombor@upv.es)
Departamento	Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales (DIMM)
Centro	Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA) Universitat Politècnica de València (UPV)

## 1 Resumen de las ideas clave

El modelo económico actual, caracterizado por la globalización del mercado mundial, implica una apertura comercial y un gran flujo de intercambio de productos y servicios. Este mercado globalizado, apoyado por políticas de libre comercio obliga a las empresas a moverse en un escenario de elevada presión, volatilidad y versatilidad frente a los nuevos desafíos que la nueva situación económica les plantea.

Una estrategia para sobrevivir a esta presión ejercida, sobre todo desde productores de bajo coste, es la realización de productos con un mayor valor añadido, siendo este uno de los principales elementos valorados por el usuario en su decisión de compra.

El siguiente artículo muestra una breve descripción teórica, de cómo la aplicación de Ensayos No Destructivos (END) en un proceso productivo pueden contribuir, en primer lugar, a la reducción del coste de producción, y, en segundo lugar, al aumento de la calidad. La descripción teórica vendrá acompañada de sencillos ejemplos prácticos sobre un posible caso real, lo que facilitará la comprensión de los conceptos teóricos.

## 2 Introducción

La globalización comercial implica a las empresas deben trabajar con productos y precios competitivos para poder tener un hueco en el mercado. Tal y como señala Gamboa et al. los recientes avances tecnológicos en sectores tan diversos como la informática, la robótica, la biotecnología o las comunicaciones, conforman un nuevo mercado mundial, donde se incrementa el flujo de información y productos<sup>1</sup>. Como consecuencia, las empresas, la mayoría de ellas pymes (99.88% de las empresas españolas en el año 2015)<sup>2</sup> se ven obligadas a introducir conceptos de calidad y servicios que las guíen hacia la búsqueda de una incesante calidad en todas las actividades que realicen.

Para ser competitivo, dado que desde países occidentales es difícil luchar con los productos de bajos precios de ciertos países emergentes, las empresas requieren de herramientas tales como el aumento de la productividad, flexibilidad, desarrollo tecnológico, el know-how, conocimiento del mercado, y la calidad del servicio o producto para el nicho especializado del mercado<sup>3</sup>.

Una forma de diferenciarse del resto de competidores es aumentar la calidad del producto. Hoy en día la calidad tiene como objetivo superar las expectativas de los clientes, así como generar confianza entre ellos. Según la ISO 9000, la calidad es "el gran conjunto de características inherente que cumple con los requisitos, entendiéndose como requisito aquellas necesidades o expectativas creadas de manera implícita u obligatoria"<sup>4</sup>.

Desde el punto de vista de la ingeniería y el procesado de productos, el aumento de la calidad puede repercutir en una serie de ventajas económicas, tanto directas como indirectas, que, a través de este artículo, vamos a ir desgranando desde el punto de vista teórico y práctico.

Uno de las formas para incrementar la calidad de un producto es la aplicación de controles de calidad durante todo el proceso productivo. Durante los últimos años, los Ensayos No Destructivos (END) se han presentado como una de las herramientas

indispensables para garantizar la correcta calidad de diferentes productos como piezas metálicas, estructuras, piezas de automoción, sistemas de ensamblaje, etc. Estas técnicas son, en muchas ocasiones, sencillas de utilizar y económicas y permiten una rápida evaluación, diagnóstico y veredicto final del estado de un producto. Los END pueden proporcionar, de forma segura para el operario, de forma no destructiva y en tiempo real, información vital para identificar tanto posibles defectos en la materia prima como del proceso productivo.

Por todo esto, durante este artículo citaremos las principales ventajas económicas de aplicación de técnicas de Ensayos No Destructivos (END) para el aumento de la competitividad de un producto final. La evaluación se llevará a cabo mediante ejemplos y explicación de diferentes escenarios, con el fin de transmitir la importancia de aplicación de este tipo de técnicas en procesos productivos que requieran una elevada calidad del producto final.

### 3 Objetivos

Tras finalizar la lectura de este artículo el alumno será capaz de:

- Evaluar la importancia de aplicación de controles de calidad mediante técnicas de Ensayos No Destructivos (END) en procesos productivos con el fin de buscar un aumento de la calidad.
- Identificar las principales ventajas económicas tanto directas (logradas por disminución de costes) como indirectas (logradas por aumento de la calidad).

### 4 Desarrollo

Los END son técnicas que no alteran de forma permanente las propiedades finales de un producto. Se basan en la aplicación de diferentes fenómenos físicos, como pueden ser ondas electromagnéticas, ondas acústicas, partículas subatómicas, etc. con la materia o producto a inspeccionar. Se pueden aplicar tanto a productos acabados como a semi-acabados o procesos productivos, lo que las convierte en unas técnicas muy versátiles para evaluar la calidad tanto de un producto como de un proceso productivo.

Aunque su utilización se conoce desde finales del siglo XIX, las técnicas de END tuvieron su auge a partir de la segunda guerra mundial, donde el desarrollo de aleaciones ligeras conlleva la necesidad de métodos eficientes de evaluación. En 1941 se funda la Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos (ASNT), hoy en día una de las sociedades de mayor importancia en cuanto a materiales educativos, divulgación y programas de formación en END<sup>5</sup>.

Los END se empleaban en primer lugar en sectores de elevado contenido tecnológico, como por ejemplo el sector aeronáutico, aeroespacial, automoción o instalaciones nucleares, por motivos de seguridad y fiabilidad de componentes. No obstante, técnicas como ultrasonidos, líquidos penetrantes, radiografías industriales mediante Rayos X, termografías y partículas magnéticas, repercuten en una serie de ventajas económicas tanto directas como indirectas que han llevado a la aplicación de múltiples sectores. Hoy en día, se pueden encontrar desde en la fabricación de máquinas, en la construcción, evaluación de obras de arte, evaluación de uniones soldadas, elementos puestos en servicio, etc.

A continuación, se describen las principales ventajas desde el punto de vista directo (disminución del coste del producto final) e indirecto (aumento de la calidad del producto).



Figura 1. Ejemplo de utilización de diferentes técnicas de Ensayos No Destructivos (END).

#### 4.1 Ventajas directas de aplicación de END en proceso productivo.

La aplicación de técnicas de END en diferentes sistemas de procesamiento de productos puede repercutir en una serie de ventajas directas. Estas son aquellas que se traducen directamente en una reducción del coste de producto final. Las ventajas directas se pueden dividir en dos ideas principales:

- Reducción del coste de del producto final debido al no procesado de materia prima defectuosa.
- Reducción del coste del producto final debido al optimizado de tiempo de máquina.

Los END aplicados en procesos productivos repercuten de forma directa en una reducción del coste del producto final. Por una parte, la aplicación de END sobre la materia prima sobre la cual se va a llevar a cabo un proceso productivo puede ayudar a la detección de materia prima defectuosa o que no cumpla los estándares de calidad especificados. De esta forma, esta detección previa de materia prima defectuosa al inicio de la cadena productiva, puede estimular un mayor conocimiento sobre el producto en sí, y además, con esta información, es posible:

- Aumentar las exigencias de calidad del producto a los distribuidores de materia prima o empresas satélites.
- Por otra parte, el hecho de que la materia prima defectuosa no entre en el proceso productivo evita el procesamiento de materiales con defectos previos.

A continuación, se muestra un ejemplo de como la aplicación de END sobre la materia prima en un proceso de fabricación de tuberías metálicas por soldadura repercute directamente en una disminución de costes.

Imaginemos una empresa encargada de fabricar tuberías metálicas de grandes dimensiones para oleoductos, gaseoductos, conducciones de agua, conducciones de vapor, etc. Esta empresa vende su producto a industrias con elevado carácter tecnológico y con elevados criterios de seguridad, por lo que cualquier fallo de

conformado o de la materia prima puede incurrir en sobrecostes por devoluciones. Nuestra empresa ejemplo, recibe las láminas de acero metálicas de una empresa externa y se encarga del conformado y posterior soldadura para fabricar las tuberías.

En un primer escenario, supongamos que la empresa no realiza ningún control de calidad sobre las láminas de acero recibidas. Por tanto, durante el procesado de la materia prima (doblado y soldado) se van a procesar tanto láminas de acero óptimas como láminas con posibles defectos por inclusiones porosas, presencia de impurezas, grietas internas o superficiales, microfracturas por mecanizados, etc. El transformado de materia prima defectuosa repercute en la producción de tuberías cuya calidad puede verse afectada por estos defectos previos. Esta menor calidad de los productos realizados puede provocar:

- Que los clientes finales a los cuales la empresa vende sus tuberías puedan exigir una devolución sino cumplen con las exigencias marcadas por determinados sectores, acarreando un aumento de sobrecostes por devoluciones.
- Procesado de materia prima defectuosa

Un esquema de lo ocurrido se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Ejemplo de proceso productivo sin aplicación de END.

En el segundo escenario, se plantea la aplicación de una técnica de END, por ejemplo, ultrasonidos, sobre las láminas de acero recibidas para la detección de grietas superficiales e internas y posible inclusión de escoria. Mediante este ensayo es posible eliminar la materia prima defectuosa antes de incorporarla al proceso productivo. Las principales ventajas de este escenario son:

- Por un lado, es posible exigir la devolución de las láminas que no cumplen los niveles de calidad exigidos a nuestro distribuidor.
- Por otro lado, la materia prima defectuosa no es procesada, con lo que la empresa asegura que el 100% de las tuberías procesadas no poseerán defectos relacionados con la materia prima, con lo cual aumentamos la calidad del producto que vendemos y disminuimos posibles sobrecostes por devoluciones. El esquema del proceso se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Aplicación de END para la evaluación de la materia prima recibida.

Mediante este ejemplo se ha comprobado como la detección mediante ultrasonidos de la materia prima recibida defectuosa puede ayudar a aumentar la calidad del producto, realizar el 100% de productos conformes y exigir el cumplimiento de unos niveles de calidad a nuestros distribuidores, así como, reducir los sobrecostes por devoluciones de productos no conformes.

La segunda de las ventajas directas de aplicación de END es el optimizado del tiempo de máquina. La relación entre aplicación de END y reducción de costes por optimizado de tiempo de máquina se realiza mediante le mismo ejemplo anterior.

Imaginemos el mismo proceso productivo que el explicado anteriormente. En el primer escenario la empresa no aplica ningún tipo de END a las láminas de acero recibidas para la fabricación por soldadura de las tuberías. Esto conlleva que la máquina de doblado y soldadura de las láminas puede estar ocupado por láminas con calidad conforme, así como, por láminas con defectos previos. Las tuberías fabricadas podrán ser conformes o bien contar con defectos en la propia materia prima. El esquema de lo sucedido se plasma en la Figura 4.

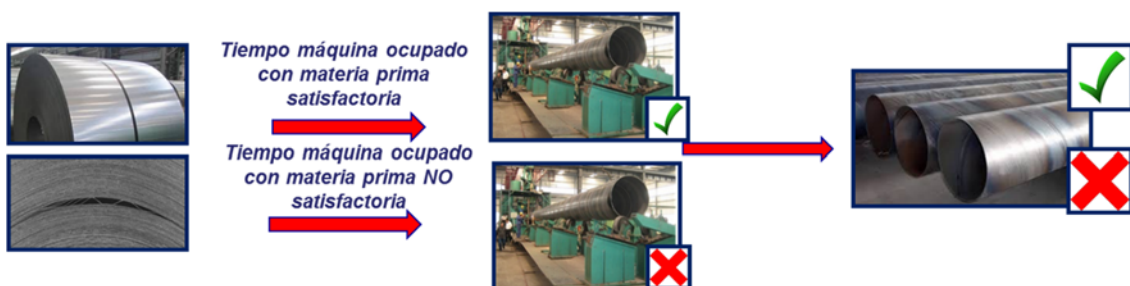


Figura 4. Proceso productivo sin optimización de tiempo de máquina.

Mediante este escenario el tiempo de ocupación de máquina no está optimizado, puesto que el tiempo que estén trabajando con materia prima defectuosas no repercutirá en un aumento de los beneficios. Este tiempo de máquina conformando tuberías con materia prima defectuosas aumenta el coste del proceso y del producto final. En el balance económico de la empresa, las unidades óptimas deben compensar los costes de las tuberías realizadas con materia prima defectuosa y el coste del funcionamiento de las máquinas con esta materia prima defectuosa, con lo cual los beneficios se reducen.

En el segundo escenario se establece, al igual que anteriormente, la aplicación de una técnica de END como es la técnica de ultrasonidos. Dicha técnica es capaz de detectar con elevada precisión las posibles láminas recibidas con defectos tanto internos como superficiales. Mediante la aplicación de una técnica de END al inicio del proceso productivo se consigue la no introducción de esta materia prima defectuosa a nuestro proceso productivo. Como consecuencia el tiempo de máquina estará únicamente

ocupado por materia prima conforme, con lo que se garantiza la obtención del 100% de tuberías conformes. La optimización del tiempo de máquina con el trabajo únicamente de materia prima óptima, repercute en un aumento de la productividad y de la calidad final del producto. Un resumen del escenario se presenta en la siguiente figura.



Figura 5. Proceso productivo con optimización de tiempo de máquina mediante aplicación de END.

## 4.2 Ventajas indirectas de aplicación de END en proceso productivo.

Como ventajas indirectas se entienden aquellos aspectos que no repercuten directamente en un aumento de la productividad o en una reducción del coste de producción, pero si son aspectos que ayudan a aumentar el valor de mercado de nuestro producto.

El valor agregado o el valor añadido es el valor económico adicional que adquieren los bienes y servicios al ser transformados durante el proceso productivo<sup>6</sup>. En lenguaje cotidiano, un producto con elevado valor añadido es un producto que genera mayores beneficios, con mayor calidad, más deseable por el consumidor, con innovaciones tecnológicas y con aspectos diferenciadores de la competencia.

La aplicación de técnicas de END como control de calidad en procesos productivos conlleva una serie de ventajas económicas indirectas como consecuencia del aumento de la calidad del producto final. En líneas generales las ventajas indirectas se pueden dividir en dos:

- Aumento del valor añadido del producto procesado como consecuencia del aumento de la homogenización del producto.
- Aumento de la calidad del producto como consecuencia de la obtención de información acerca de las posibles deficiencias de diseño y las oportunas acciones de mejora.

A continuación, se tomará como ejemplo el mismo proceso productivo que el explicado anteriormente para explicar de forma gráfica y visual las principales ventajas indirectas de aplicación de END como control de calidad.

Imaginemos un escenario donde se aplique una técnica de END de ultrasonidos como control de calidad para la evaluación tanto de la materia prima recibida como para la evaluación de nuestro producto final (tuberías de acero).

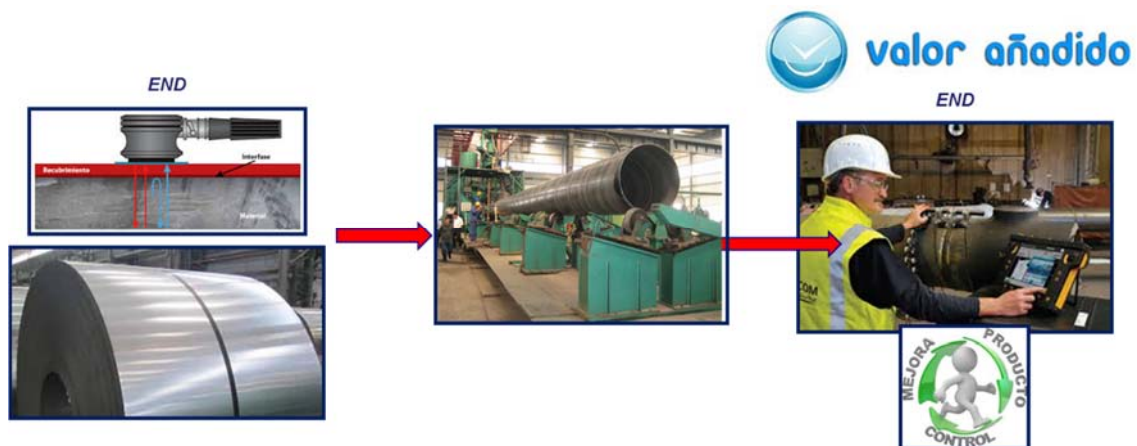
En primer lugar, la aplicación de la técnica de ultrasonidos para la evaluación de las láminas de acero recibidas de nuestro distribuidor, ayuda a detectar aquellas con posibles defectos y que estas no sean incorporadas a nuestro proceso de conformado.



A todas aquellas ventajas anteriormente nombradas anteriormente, como el procesado de únicamente de materia de prima optima y el optimizado de tiempo de máquina se le debe sumar el aumento de la calidad de nuestro producto como consecuencia de la homogenización del producto conformado. En otras palabras, la técnica de END al inicio del proceso productivo ayuda a que todas nuestras tuberías posean los mismos criterios de calidad.

Por otra parte, si en el mismo proceso productivo se le añade un segundo control de calidad mediante ultrasonidos a la finalización del proceso de soldadura y rectificado de nuestras tuberías, aunque es cierto que este segundo control acarrea un mayor coste, también será posible detectar aquellas piezas con defectos, no de la materia prima, sino del proceso de conformado por soldadura. Como consecuencia podremos garantizar que el producto que vendamos a nuestros clientes cumple con todas unas exigencias de calidad, teniendo, por un lado, mayor control sobre el proceso productivo, y, por otro lado, un producto de mayor calidad.

El hecho de conseguir una homogenización de nuestro proceso productivo y el aumento de la calidad, aumenta el valor añadido de nuestro producto en el mercado, pudiéndose vender a un mayor precio con lo que los beneficios aumentan. Un ejemplo gráfico de la secuencia mostrada se plasma en la Figura 6.



*Figura 6. Aumento del valor añadido por aplicación de END al inicio y al final de un proceso productivo*

La segunda de las ventajas indirectas aportadas por la aplicación de END surge como consecuencia de la obtención de mayor información sobre el proceso productivo, pudiéndose detectar deficiencias de diseño y marcar las acciones para subsanarlas.

Pongamos un ejemplo relacionado con nuestro proceso productivo para explicar esta ventaja indirecta. Imaginemos que históricamente se detecta que durante los meses de más frío se reciben mayores devoluciones de tuberías por parte de nuestros clientes como consecuencia de posibles fallos en la soldadura. Mientras no se realiza ningún control de calidad mediante END a la unión soldada, estas devoluciones implican directamente un sobrecoste en nuestro proceso productivo. Bien, ahora imaginemos, que al igual que antes, se aplica una técnica de ultrasonidos al final de nuestro proceso para inspeccionar la posible existencia de grietas internas o presencia de impurezas en el cordón de soldadura. Esta técnica permitiría detectar como los cordones de soldadura realizados en meses cálidos poseen menores grietas y microgrietas internas que los fabricados en meses de bajas temperaturas ambiente. Por tanto, parece ser que el control de calidad mediante ultrasonidos permite determinar que la temperatura ambiente de las instalaciones repercute directamente en la calidad de la unión



soldada. En meses de bajas temperatura, al existir un mayor choque térmico entre la temperatura de soldadura y la temperatura ambiente, se produce un enfriamiento más rápido y como consecuencia, mayor probabilidad de aparición de grietas por solidificación excesivamente rápida y contracción del material del cordón de soldadura. Una posible solución sería aclimatar la zona de producción de la soldadura para evitar estos cambios en la temperatura ambiente. Un esquema de lo sucedido se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Aumento de la calidad del producto como consecuencia de la detección de posibles imperfecciones en el proceso productivo.

Mediante este ejemplo lo que se pretende transmitir es cómo la aplicación de controles de calidad mediante END permite la detección de posibles deficiencias en nuestro proceso productivo y, posteriormente, tomar las acciones oportunas para subsanar estos defectos y como consecuencia obtener un aumento en la calidad de nuestro producto.

## 5 Conclusiones

Las técnicas de Ensayos No Destructivo (END) aplicadas en diferentes momentos de un proceso productivos podrán repercutir en una serie de ventajas económicas tanto directas (disminución del coste de fabricación) como indirectas (aumento de la calidad y del valor añadido). Por lo tanto, teniendo siempre en cuenta el posible coste que conlleva la aplicación de una técnica de END, éstas se presentan como herramientas de vital importancia para la obtención de productos con mayor calidad, menor coste de producción, mayor valor añadido y por tanto mayor competitividad.

## 6 Bibliografía

- [1] Gamboa T.; Arellano M. y Nava Y. (2001). *Estrategias Empresariales: Aproximación a una tipología*. Vol 5. No. 2. Págs: 132-154. Venezuela.
- [2] Retrato de las PYME. Subdirección General de Apoyo a la PYME. Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2015.
- [3] Narváez M., Fernández G. (2008) *Estrategias competitivas para fortalecer sectores de actividad empresarial en el mercado global*. Revista Venezolana de Gerencia v.13 n.42 Maracaibo. Venezuela



[4] ISO 9000 Quality Management ISO. ISO. 2016

[5] The American Society for Nondestructive Testing. <https://www.asnt.org/>  
[consulta:15 de Abril de 2017]

[6] Courbois R., Temple P. (1975). La methode des "Comptes de surplus" et ses applications macroeconomiques. 160 des Collect, INSEE, Serie C (35). pp. 100.