



Caracterización de equipos de END. Ejemplo de aplicación en equipos de Ultrasonido

Alejandro García, Carlos Desimone, Pablo Katchadjian
U. A. Ensayos No Destructivos y Estructurales
Comisión Nacional de Energía Atómica
Pablo.Katchadjian@cnea.gov.ar

Resumen

Este trabajo se refiere a la caracterización de equipos utilizados en Ensayos No Destructivos (END), la cual es de gran importancia para conocer y controlar el correcto funcionamiento de los mismos, además de asegurar la confiabilidad y la calidad de los ensayos realizados. Esta caracterización es, en la mayoría de los casos, subestimada o no tenida en cuenta, lo cual lleva muchas veces a resultados incorrectos disminuyendo la calidad del sistema de inspección.

El objetivo de este trabajo es crear conciencia en la comunidad de END sobre la importancia de un control periódico del equipamiento utilizado.

Se describe detalladamente el caso de la caracterización de equipos de US de acuerdo a la Norma ASTM-E 1324, mostrando las distintas mediciones realizadas en los bloques que componen un equipo genérico de US. Se hace hincapié en los bloques principales, como por ejemplo, la etapa generadora de pulsos de excitación, la etapa receptora y la base de tiempo, y también se presentan las variantes posibles de cada una de las etapas y su implicancia en las señales presentadas por el equipo.

Como conclusión se analizan las consecuencias del apartamiento con respecto a los parámetros especificados por el fabricante en los resultados del ensayo realizado.

También se comentan las calibraciones en equipos auxiliares de END aplicables a la medición de radiación ultravioleta (UV), campo magnético y de radiaciones ionizantes.

1. Introducción

Los equipos de medición pueden presentar dispersiones considerables en sus características que afectan directamente la calidad de las mediciones realizadas. Esto trae como consecuencia mediciones inexactas que pueden llevar a una evaluación de los resultados alejada de la realidad.

Es por esto que se deben realizar controles periódicos por personal técnico calificado para verificar que el equipo esté dentro de los límites de tolerancia indicados por las normas de aplicación, asegurando así la calidad de las mediciones realizadas con el mismo⁽¹⁾.

Para caracterizar un equipo de ultrasonido (US) pueden seguirse distintas normas, que generalmente difieren muy poco entre sí. Las dos más importantes para utilizar: la norma europea EN 12668-1⁽²⁾ y la norma americana ASTM E 1324⁽³⁾.

Estas normas dividen al equipo de US, básicamente, en las siguientes etapas:

- Fuente de alimentación
- Generador de pulsos o pulser
- Receptor
- Base de tiempo
- Gates y alarmas

Estos documentos no están pensados para la corrección, reparación o mantenimiento del equipo, en cuyos casos se deben utilizar las instrucciones del fabricante. Aquí solo se compara los parámetros del equipo con valores de referencia (calibración).

2. Caracterización de equipos de US bajo la Norma ASTM E 1324

Esta norma está orientada principalmente para calibrar equipos de ultrasonido que operen en el rango que va de los 100KHz a los 25MHz.

El conjunto de mediciones propuestas está pensado para ser llevado a cabo por personal con conocimientos en electrónica, con el fin de evaluar los módulos electrónicos del sistema y comparar estos resultados con las especificaciones técnicas dadas por el fabricante⁽⁴⁾.

Todas las mediciones se hacen en puntos normalmente accesibles desde el exterior, por lo que no se requiere acceso al circuito interno del equipo.

A continuación se describen brevemente las funciones de cada etapa y las mediciones que se realizan en cada una de ellas.

2.1 Mediciones en la Fuente de Alimentación

2.1.1 Regulación de la tensión de línea (AC)

Tiene por objeto asegurar el correcto funcionamiento del equipo dentro de un rango de tensiones de alimentación. La señal de pantalla no debe variar más de un 10% dentro de ese rango.

2.1.2 Tiempo de descarga de las baterías

Es similar al punto anterior pero en este caso se realiza con el equipo alimentado a batería (si es que cuenta con esa opción).

2.2 Mediciones en el Generador de Pulsos

El pulso generado por esta etapa puede ser, básicamente, de 2 tipos: sintonizado y no sintonizado. Dentro de ésta última categoría están los de pico y los rectangulares⁽⁵⁾, como se puede observar en la figura 1. Nuestro análisis se va a centrar en los generadores de pulsos no sintonizados por ser los de mayor uso en equipos comerciales.

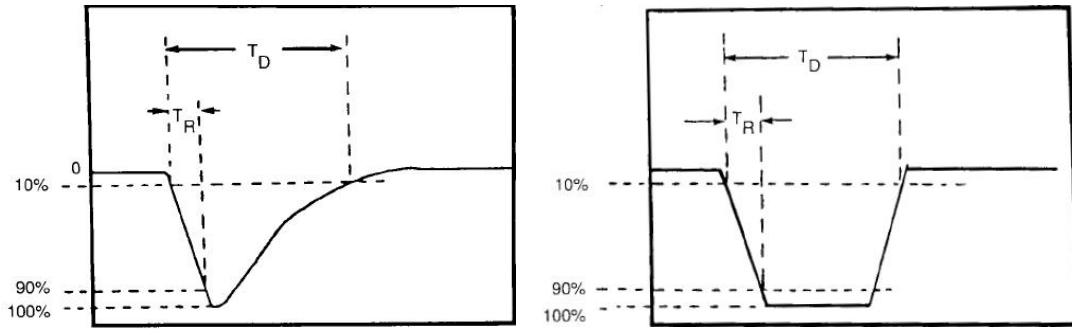


Figura 1. Pulso de pico y rectangular. Mediciones de tiempo de bajada y duración de pulso (ASTM E 1324).

2.2.1 Forma del pulso

Se registra para tener una idea la forma y el correcto funcionamiento del pulser, más allá de las mediciones que se analizan a continuación.

2.2.2 Tiempo de bajada

Es el intervalo de tiempo que tarda el pulso generado en pasar del 10% de su amplitud máxima al 90% de la misma.

Es una de las mediciones más importantes porque da información de la frecuencia máxima del transductor que se puede usar, dado que las componentes de alta frecuencia que lo excitan se encuentran directamente relacionadas con el flanco del pulso.

2.2.3 Duración del pulso

Es el intervalo de tiempo entre el 10% de la amplitud máxima en el flanco de bajada y el mismo valor en el flanco de subida.

Este tiempo tiene incidencia sobre la duración del pulso generado por el transductor. Si es muy corto, el pulso generado puede llegar a ser de baja amplitud y si es muy largo el pulso ultrasónico puede deformarse y extenderse innecesariamente, lo que se traduce en una pérdida de resolución axial (Ver figura 2).

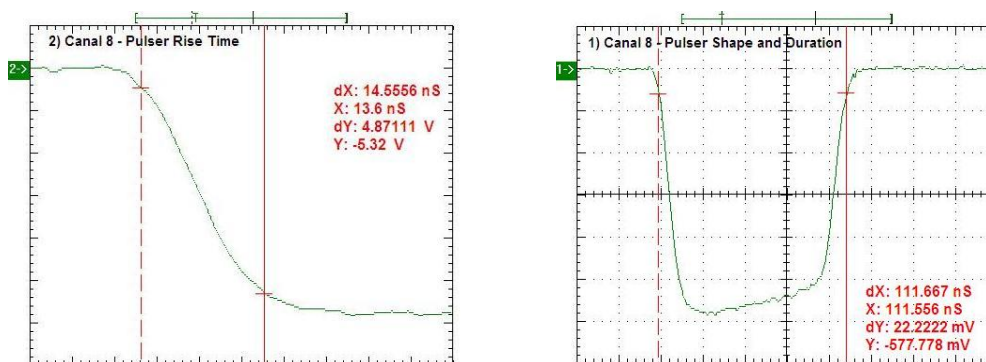


Figura 2. Ejemplos reales de medición de tiempo de bajada y ancho de pulso en un pulser rectangular.

2.2.4 Amplitud del pulso

Es la amplitud máxima del pico o del pulso rectangular. Suele estar entre 200V y 400V, dependiendo del equipo y del tipo de pulser.

2.2.5 Espectro de frecuencias del pulso

Se utiliza un analizador de espectro para este fin. A partir de la componente de frecuencia de máxima amplitud, se determinan los extremos del espectro, que corresponden a las frecuencias en donde el valor máximo cae al 70% (-3dB).

2.3 Mediciones en el Receptor

2.3.1 Linealidad Vertical

Es la primera característica que debe medirse dentro de la etapa, ya que algunas de las restantes dependen de esta para su correcta determinación.

Si esta etapa no cumple con las especificaciones o excede la tolerancia permitida para la aplicación en un ensayo determinado, puede afectar seriamente a los resultados de la medición, ya que la lectura en la pantalla no sería directamente proporcional a la amplitud de la señal de entrada (Ver figura 3).

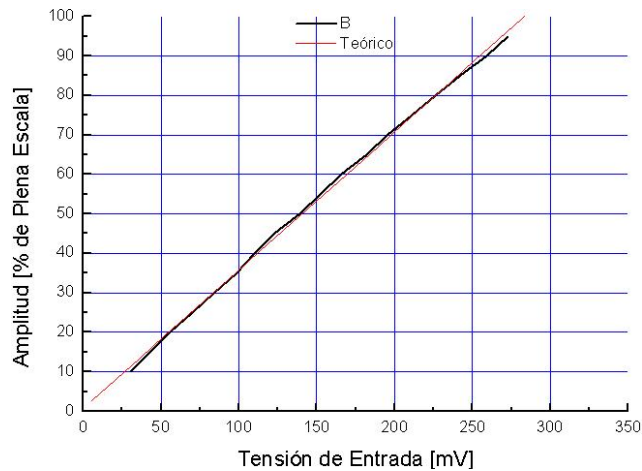


Figura 3. Curva real de linealidad vertical y su aproximación lineal.

2.3.2 Respuesta en frecuencia

Aquí se evalúa el ancho de banda del equipo y de cada uno de los filtros de frecuencia de la etapa receptora. La importancia de esta medición radica en que un corrimiento de las frecuencias de corte en esta etapa puede llevar a la eliminación de frecuencias fundamentales generadas por el transductor, lo cual se traduce en pérdidas de amplitud considerables y pérdidas de resolución por deformación del pulso.

A partir de la frecuencia pico (máxima amplitud) se determinan las frecuencias máxima y mínima (ancho de banda) que corresponden a los puntos en donde el valor máximo cae al 70% (-3dB), como se puede observar en la figura 4.

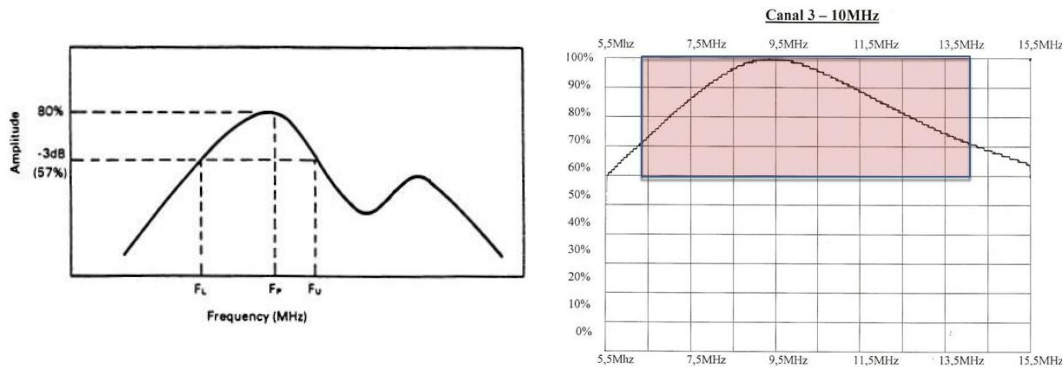


Figura 4. Medición de la respuesta en frecuencia.

2.3.3 Ruido

Como en todos los equipos electrónicos de medición, este es un parámetro muy importante, ya que va a limitar la sensibilidad del instrumento. Elevados valores de ruido limitan el rango dinámico del equipo en cuestión, ya que disminuyen la Relación Señal Ruido (SNR).

2.3.4 Control de ganancia

Aquí se verifica que la variación del atenuador del equipo sea lineal con respecto al valor que indica. Puede darse el caso que en determinadas posiciones el comando no responda de forma adecuada o lo haga por saltos, lo que puede causar lecturas erróneas del control de ganancia (Ver figura 5).

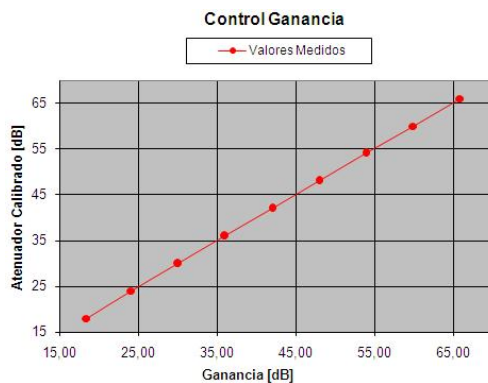


Figura 5. Representación de la medición del control de ganancia.

2.4 Mediciones en la Base de Tiempo

2.4.1 Linealidad horizontal

Este parámetro afecta a las mediciones de tiempo de vuelo de la señales, por lo que de no ser lineal daría indicaciones erróneas de la posición de procedencia de los ecos. Por ejemplo, en el caso de medición de espesores, se obtendrían valores por exceso o por defecto con respecto al espesor real (Ver figura 6).

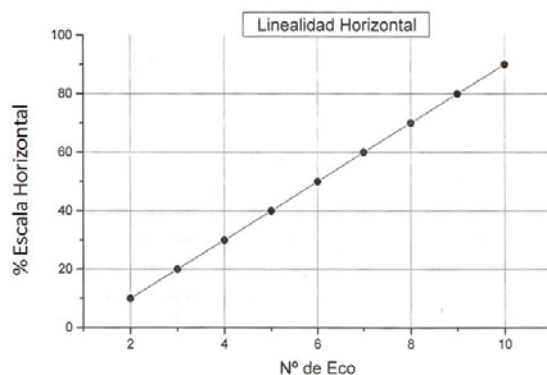


Figura 6. Representación de la linealidad horizontal.

2.4.2 Frecuencia de repetición

Se mide la separación entre las señales generadas por el pulser del equipo. Dado que este parámetro puede afectar la visualización correcta del rango seleccionado, conviene asegurarse de que esté funcionando de acuerdo a las especificaciones (Ver figura 7).

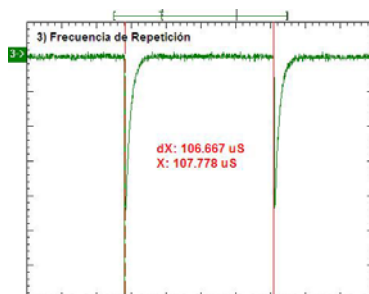


Figura 7. Medición de la frecuencia de repetición.

2.5 Mediciones de los Gates y Alarmas

La importancia de este bloque radica en que es el encargado de indicar los valores de amplitud y tiempo de vuelo de las señales analizadas. Además, en sistemas automáticos, las decisiones de aceptación o rechazo se basan en la información entregada por los gates, con lo cual una desviación de su correcto funcionamiento puede poner en riesgo la respuesta global del sistema.

2.5.1 Retardo y ancho

Aquí se miden los parámetros correspondientes a valores temporales del gate, o sea relacionados con la base de tiempo

2.5.2 Nivel de alarma

Esta medición asegura que la alarma se dispare cuando efectivamente se supera el umbral de la misma o desde el punto de vista contrario, se apague cuando desciende por debajo del valor umbral.

2.5.3 Histéresis del nivel de alarma

Da una idea del rango de amplitud para el cual la alarma sigue encendida una vez que la amplitud del eco disminuyó por debajo del nivel umbral.

2.5.4 Uniformidad de la ganancia en el gate

Esto es para asegurarse que el gate responde de igual forma en toda su longitud y no presenta ningún tipo de variación dentro del mismo.

2.5.5 Salida analógica

Es muy importante en aplicaciones automáticas o semiautomáticas, y también en aquellas en las que se lleva algún tipo de registro electrónico de la información de US. Un funcionamiento incorrecto en esta etapa genera información diferente a la registrada por los gates, lo que puede llevar a conclusiones erróneas.

3. Ejemplos de mediciones reales

3.1 Medición de la respuesta en frecuencia

Aquí se puede ver cómo en la banda de 10MHz la frecuencia central se ubica muy por debajo del valor teórico y la frecuencia de corte superior es mucho más baja que lo recomendable, haciendo que se pierda información fundamental de la señal.

En el caso de BB (banda ancha) hay una clara falla de funcionamiento, ya que esta debería abarcar todo el ancho de banda del receptor del equipo y aquí solo llega hasta los 3,10 MHz (ver Tabla 1).

Frecuencia Seleccionada [MHz]	Frecuencia Mínima [MHz]	Frecuencia Central [MHz]	Frecuencia Máxima [MHz]
2	1,32	2,05	3,12
5	2,17	4,86	7,81
10	3,60	7,41	10,70
BB	1,29	2,03	3,10

Tabla 1. Medición de la respuesta en frecuencia.

3.2 Medición de la linealidad vertical

En la imagen se puede ver que por encima del 80% de Altura Total de Pantalla (ATP) la linealidad vertical se aleja de los valores recomendados. Esto es para tener en cuenta durante el uso del equipo, ya que se obtendrán valores de amplitud menores a los reales (Ver figura 8).

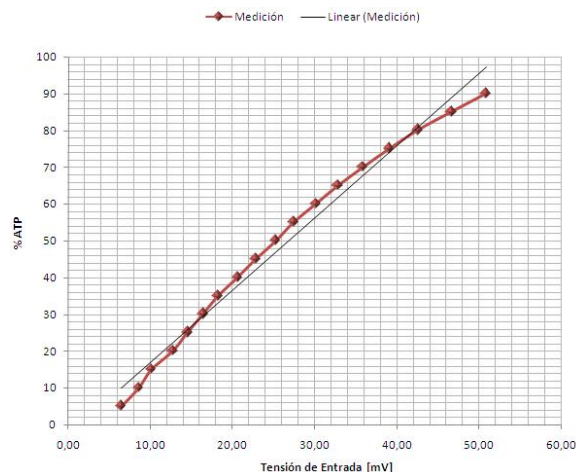


Figura 8. Ejemplo de medición de linealidad vertical.

4. Calibraciones en equipos auxiliares de END

Las calibraciones no solo se le realizan a los equipos de END propiamente dichos, sino también a los equipos auxiliares que se usan en estos ensayos, como por ejemplo medidores de radiación ultravioleta (UV), fotómetros, medidores de campo magnético, medidores de radiaciones ionizantes, etc.

Si no se asegura el correcto funcionamiento de estos equipos se pueden cometer errores en los ensayos que normalmente pasan desapercibidos, pero que afectan seriamente a los resultados de los mismos.

Como ejemplo podemos citar el caso de un ensayo por partículas magnéticas fluorescentes, en donde se mide la lámpara de UV con el radiómetro para confirmar que los niveles de radiación estén por encima de los valores mínimos aceptados por las normas de aplicación. Si el medidor indica valores mayores a los reales se puede estar usando una fuente de UV inadecuada y por lo tanto pasar por alto indicaciones que deberían ser vistas bajo condiciones normales de ensayo.

Otro ejemplo puede ser, en el caso de un medidor de campo magnético utilizado para medir magnetismo remanente después de una desmagnetización, si este indica valores menores a los reales puede ser que la pieza quede con un magnetismo remanente mayor a los valores aceptables.

5. Conclusiones

De acuerdo a lo expuesto a lo largo del presente trabajo se observa la importancia de realizar este tipo de controles periódicamente ya que podemos estar confiando en un equipo que nos entrega mediciones erróneas y por lo tanto afecta a la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Las normas actuales referidas a la competencia de laboratorios de ensayo exigen una calibración periódica del equipamiento utilizado en ensayos, y por lo tanto son extensivas a los ensayos no destructivos.

Referencias

1. Katchadjian, Desimone, Giacchetta. 1997. Caracterización de transductores ultrasónicos.
2. EN 12668-1. Non Destructive Testing – Characterization and Verification of Ultrasonic Examination Instruments.
3. ASTM E 1324-00. Standard Guide for Measuring some Electronic Characteristics of Ultrasonic Examination Instruments.
4. Diederichs. 1998. Analog characteristics of ultrasonic flaw detectors
5. Needle or Square? NDT.net 1998 Aug. vol.3 No.8.