

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: ULTRASONIDOS

Los ensayos mediante U.S. permiten la medida de espesores reales en servicio, espesores de películas protectoras, de pinturas, de recubrimientos, así como la localización y medida de defectos internos (microfisuras, inclusiones, poros, etc.)

LOS OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA SON:

- Entender la importancia de los ensayos de ultrasonidos en el estudio de materiales
- Utilizar ensayos de ultrasonidos para la inspección de materiales: control dimensional, presencia de defectos, etc.
- Comparar diferentes métodos de medida y justificar los resultados

FUNDAMENTO TEÓRICO.

Ensayos de Ultrasonidos

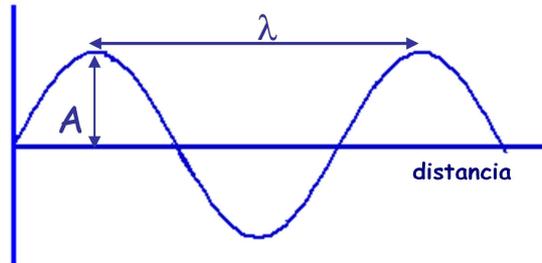
Se denominan ultrasonidos (U.S.) a ondas producidas por vibraciones mecánicas de frecuencia superior a 20000 ciclos por segundo = 20 KHz (máxima audible).

Los U.S. más utilizados son de frecuencias comprendidas entre 10^5 y 10^7 ciclos por segundo, y se propagan en línea recta, pudiendo atravesar espesores de acero de varios metros. Su amortiguación es grande en gases e intermedia en líquidos.

Puesto que el comportamiento y la propagación de los ultrasonidos son de naturaleza ondulatoria, para que una discontinuidad o defecto sea detectable mediante esta técnica, es necesario que su dimensión en el sentido de propagación de la onda sea mayor que una semilongitud de onda, pues únicamente en ese caso la onda atravesará con seguridad el defecto y aparecerá una variación de la intensidad sónica medida. Así pues el límite de detección de esta técnica depende casi exclusivamente de la frecuencia de los ultrasonidos utilizados.

La velocidad de propagación de los ultrasonidos en diferentes medios viene dada por la siguiente ecuación:

$$v = \lambda \cdot f$$



Velocidad de propagación del sonido en diferentes medios

Gases

Medio atravesado	Temperatura °C	Velocidad de propagación m/seg
Aire seco	0	330
Aire	20	344
Nitrógeno	20	338
Helio	20	970
Hidrógeno	0	1270
Oxígeno	0	317
Vapor de agua	100	405

Sólidos

Medio atravesado	Temperatura °C	Velocidad de propagación m/seg
Acero al carbono	20	5 000
Aluminio	20	5 100
Plata	20	2 700
Bronce	20	3 430
Duraluminio	20	5 760
Hierro puro	20	5 130
Fundición	20	4 050
Goma	15	40
Madera seca	20	3 600
Níquel	20	4 973
Latón	20	3 480
Plomo	20	1 300
Cuarzo	15	5 398
Cobre	20	3 560

Medio atravesado	Temperatura °C	Velocidad de propagación m/seg
Agua	20	1 460
Agua marina	20	1 490
Alcohol metílico	20	1 200
Nafta	25	1 225
Aceite mineral lubricante	25	1 530
Petróleo	35	1 295

Líquidos

Ensayos de Ultrasonidos

Si observamos la velocidad de propagación del sonido en diferentes medios, recogida en la tabla de la página siguiente, se extraen dos importantes conclusiones que justifican la aplicación de las técnicas de ultrasonidos en sólidos:

- i) Las longitudes de onda correspondientes a las velocidades en metales son del orden de milímetros, es decir, del orden de los defectos que deseamos detectar.

ii) La velocidad de propagación depende fuertemente de la naturaleza gaseosa, líquida o sólida del medio. Así pues, las ondas de ultrasonidos sufrirán cambios bruscos al pasar de un medio a otro, lo cual aporta otra de las razones de su utilización.

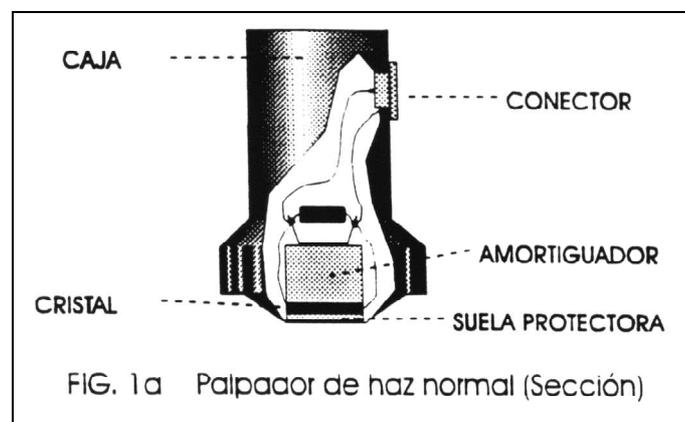
Los ultrasonidos, de forma análoga a como lo hacen las ondas acústicas o luminosas, sufren fenómenos de reflexión, refracción y difusión, lo cual permite su utilización para el estudio de materiales.

GENERACIÓN Y DETECCIÓN DE ULTRASONIDOS

Entre los diferentes procedimientos para la generación y detección de ondas de ultrasonidos, uno de los más habituales y de mayor interés es el método piezoeléctrico. Se basa en el fenómeno piezoeléctrico que consiste en la generación de cargas eléctricas por medio de sollicitaciones o presiones de naturaleza mecánica. Lo presentan muchos cristales, como el cuarzo, titanato de bario, sulfato de bario, sulfato de zinc, turmalina, que son los más comúnmente utilizados.

El fenómeno piezoeléctrico es reversible, es decir, si se aplica una diferencia de potencial a un cristal piezoeléctrico, este experimenta cambios dimensionales

Así pues, un campo eléctrico variable (alterno) producirá en estos cristales piezoeléctricos vibraciones mecánicas variables, que con la frecuencia apropiada (10^5 - 10^7 Hz), generan las ondas de ultrasonidos. Igualmente, en sentido inverso, los ultrasonidos se traducirán en estos cristales en un campo eléctrico variable, permitiendo su detección.

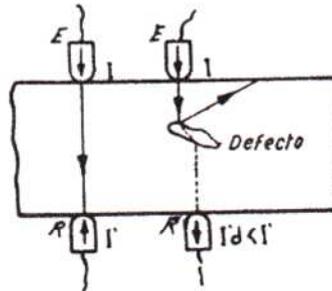


Los cristales se tallan y cortan según su eje óptico en forma de paralelepípedo que se montan entre dos armaduras eléctricas que se someten a una d.d.p. elevada,

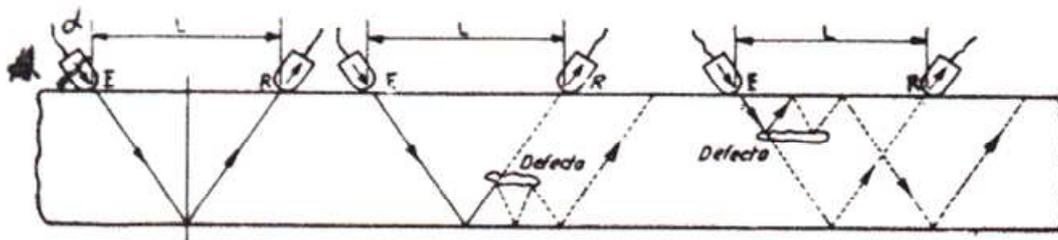
alterna y de igual frecuencia a los U.S. que se quieren obtener. Van montados en soportes denominados **PALPADORES O SONDAS DE U.S.**

LOCALIZACIÓN DE DEFECTOS INTERNOS POR ULTRASONIDOS

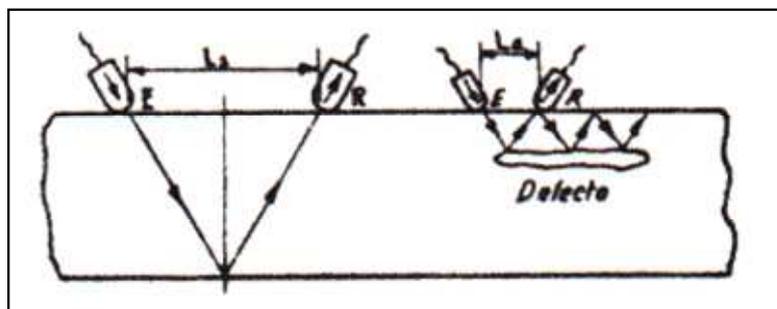
1. **Por transparencia:** por la disminución de intensidad de ultrasonido medido por el receptor al atravesar la onda una zona defectuosa.



2. **Por la disminución de la intensidad del eco:** basado en la disminución de la intensidad de la onda reflejada en la cara opuesta de la pieza después de atravesar un defecto.



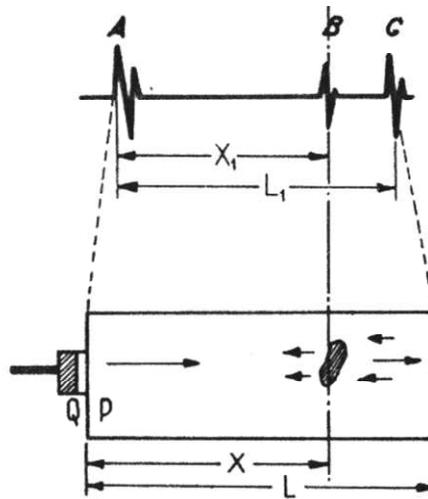
3. **Por la posición del eco** ya que la exploración se realiza ajustando el palpador del receptor a la mejor distancia para recibir la onda reflejada.



Cuando esta onda se encuentra con un defecto, la reflexión que éste produce alcanza la superficie a una distancia inferior desde el emisor, por lo que el receptor debe ser

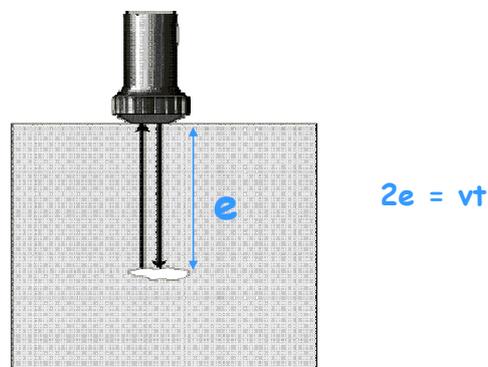
acercado. De la distancia entre ambos se puede deducir la profundidad a la que se sitúa el defecto.

4. Por la medida del tiempo invertido por la onda reflejada o método Impulso-Eco: para lo que se utiliza un aparato que está provisto de un solo palpador (emisor-receptor) y de un osciloscopio de rayos catódicos en cuya pantalla se observan las oscilaciones correspondientes a la reflexión de la onda sobre la superficie de la pieza, sobre la cara opuesta y entre las dos, una oscilación correspondiente al defecto, si existe.



MEDIDA DE ESPESORES DE PARED POR ULTRASONIDOS

El principio de funcionamiento del medidor de espesores por U.S. se basa en la medida del tiempo que dura la trayectoria de un impulso ultrasónico a través de la muestra multiplicándolo por la velocidad de propagación del sonido en ese material.

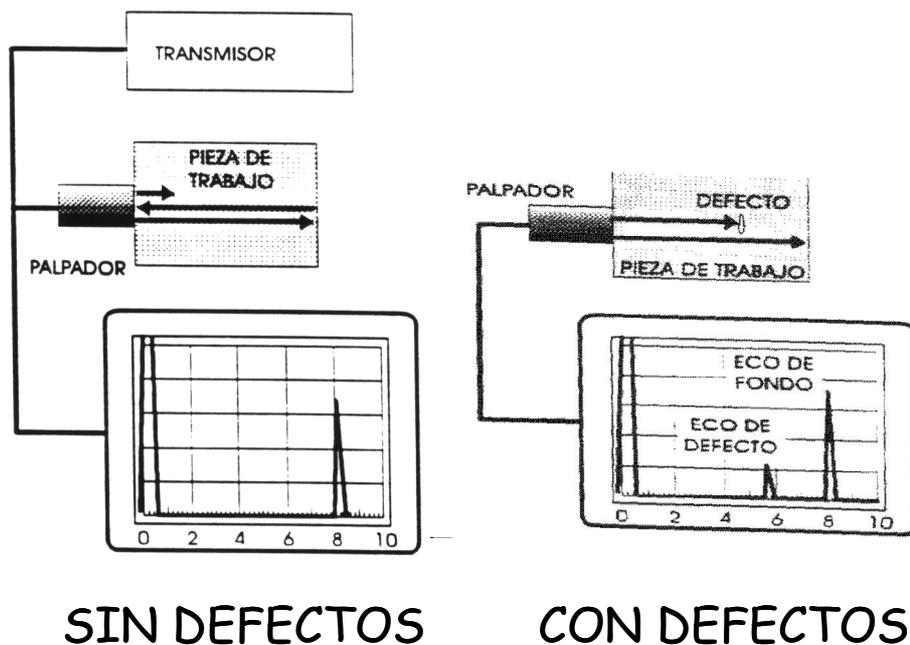


Los aparatos utilizados para estos ensayos consisten en una sonda o unidad emisora de ultrasonidos (se somete a una tensión que produce en el piezoeléctrico una vibración de la misma frecuencia, que se transmite a la pieza que se pone en contacto con ella) y en una sonda receptora que cuando recibe las vibraciones elástica del emisor las convierte en oscilaciones eléctricas que se miden en la unidad receptora.

DETECTOR UNIVERSAL DE DEFECTOS POR ULTRASONIDOS

Se trata de un convertidor de las señales eléctricas en señales visuales o ecos, un **OSCILOSCOPIO**, que tiene una pantalla donde la pulsación ultrasónica o su eco, como pulsación de voltaje, ocasiona una desviación del barrido que aparece en la pantalla como una distorsión o **IMPULSO INICIAL**.

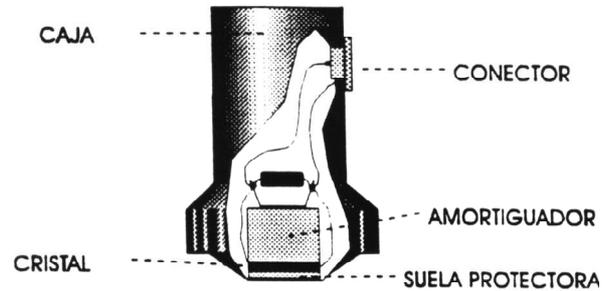
Cuando el impulso ultrasónico alcanza la pared opuesta de la pieza, es reflejado y alcanzará de nuevo la pared de entrada y por tanto al emisor provocando una nueva distorsión que aparecerá de nuevo como un pulso en la pantalla del osciloscopio. Ambos pulsos aparecen separados en la pantalla (uno a la derecha y el otro a la izquierda). Cuando la pulsación ultrasónica atraviesa un defecto, sufre un rebote, y aparece en la pantalla un eco de defecto, a una distancia del pulso inicial proporcional a la profundidad de su posición (del defecto) en la pieza.



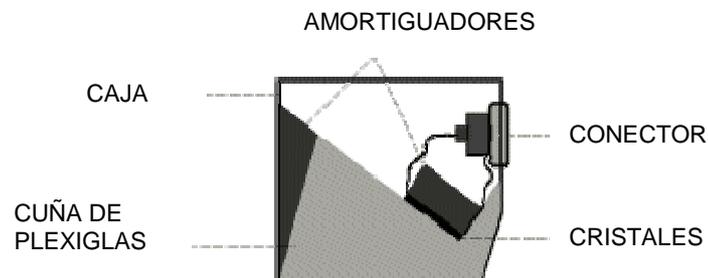
PALPADORES

Existen diferentes tipos de palpadores (generadores y receptores de ultrasonidos):

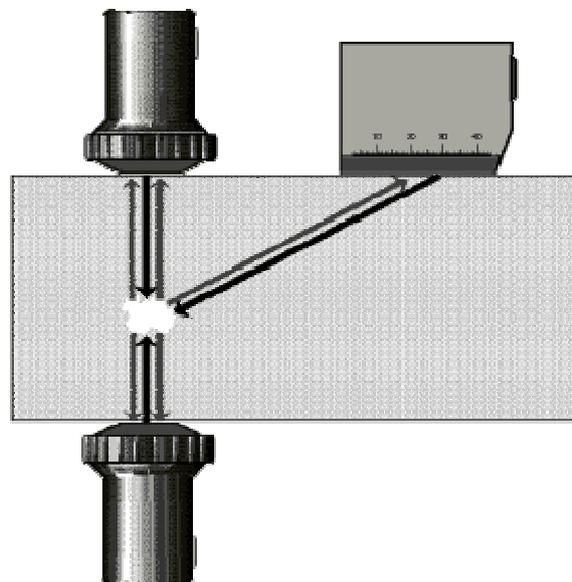
1.- Palpador de haz perpendicular.



2.- Palpador de haz angular.



Localización de defectos desde distintas posiciones

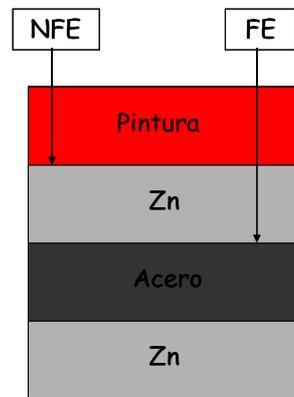


MEDIDOR DE RECUBRIMIENTOS

El fundamento físico del medidor de recubrimientos consiste en la medida de la disminución de la intensidad de las corrientes inducidas, ya sea magnéticamente (sobre sustrato férreo) o eléctricamente sobre sustrato no férreo.

La sonda férrea (FE) mide todos los recubrimientos no magnéticos (pinturas, plásticos, óxidos, otros metales) sobre acero o hierro.

La sonda no férrea (NFE) mide los recubrimientos aislantes (pinturas, anodizado, lacas) sobre sustratos metálicos no magnéticos.



REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

1. MEDIDAS DE ESPESORES POR ULTRASONIDOS

- a) Medir espesor de pared, calcular espesor promedio y error cometido en la medida. Realizar la medida con un tornillo micrométrico y mediante ultrasonidos para: placa de acero de construcción, placa de aluminio y chapa de acero galvanizado.
- b) Tubería de acero al carbono: Hacer un perfil de espesores a lo largo de una generatriz marcada sobre su superficie. Hacer medidas cada 10 mm.

Para la realización de las medidas:

- Limpiar la superficie a medir.
- Aplicar una gota de gel de acoplamiento en la superficie del metal, en el punto de medición y colocar el palpador en contacto constante con esa zona, que debe presentar una superficie plana donde apoyar el palpador.
- En la pantalla aparece directamente la medida del espesor

2. MEDIDAS DE ESPESORES DE RECUBRIMIENTOS

- a) Chapa de acero de construcción pintada: Medir espesor de pintura, de galvanizado, calcular espesor promedio y error cometido en la medida. Obtener la distribución de espesores.
- b) Chapa de aluminio: Medida del espesor del anodizado. Obtener la distribución de espesores.

3. ANÁLISIS DE DEFECTOS INTERNOS MEDIANTE U.S.

Observación del analizador de U.S. y detección de posibles defectos en un cordón de soldadura. Explicación del proceso.

INFORME DE LA PRÁCTICA

El informe debe incluir:

1. Las medidas de los espesores tomadas de cada muestra y mediante cada método de medida: ultrasonidos y tornillo micrométrico.
Realizar un análisis de errores mediante el cálculo de medias y desviaciones de los espesores para cada método de medida, en cada muestra. Comparar los resultados obtenidos por ambos métodos.
2. Medida del espesor de la capa de pintura, del anodizado y galvanizado. Realizar un análisis de errores mediante el cálculo de medias y desviaciones de los espesores.
3. Incluir perfil de espesores de la tubería. Comentarlos. ¿Es posible calcular una media? Razona la respuesta.
4. Describir el analizador de defectos. ¿Ha sido posible la detección de algún defecto en un cordón de soldadura? Explica y comenta el proceso realizado y los resultados obtenidos.

CUIDADO CON LAS UNIDADES, SON MUY IMPORTANTES

LOS RESULTADOS HAY QUE COMENTARLOS

➡ Adjuntar la Bibliografía Consultada.

➡ Plazo de entrega: 15 días desde la fecha de realización de la práctica.