

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS – ULTRASONIDO

Aportado por: Ing. Iván Escalona Ingeniería Industrial UPIICSA - IPN e-mail:
la_polla_records_emi@yahoo.com.mx resnick_halliday@yahoo.com.mx

INGENIERÍA INDUSTRIAL (UPIICSA – IPN)

OBJETIVO:

a) General

- Conocer una de las pruebas no destructivas realizadas a los materiales para detectar si el material es sano o presenta discontinuidades.

b) Particular

- Observar la realización de la prueba ultrasónica utilizando un palpador normal y un palpador angular
- Reconocer las características principales de los materiales a los cuales se les puede realizar una prueba ultrasónica.
- Reconocer el equipo a utilizar para realizar una prueba ultrasónica.
- Determinar las limitaciones y/o desventajas de la aplicación de una prueba ultrasónica.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

a) Introducción

El ultrasonido es una vibración mecánica con un rango mayor al audible por el oído humano que se transmite a través de un medio físico y es orientado, registrado y medido en Hertz con ayuda de un aparato creado para ese fin.

Rangos de sonido:

Infrasónica = 1 - 16 Hz
Sónica o audible = 16 Hz a 20 KHz
Ultrasónica = 20 KHz en adelante

Para la prueba de ultrasonido en materiales metálicos es de 0.2 a 25 MHz.

- **Principios**

- ⇒ La impedancia acústica es la resistencia que oponen los materiales al paso de una onda ultrasónica.
- ⇒ Ondas acústicas iguales a las ondas sónicas.
- ⇒ Transmisión de energía entre partículas que propicia el oscilamiento.
- ⇒ El número de oscilaciones son de acuerdo al tipo de onda que se trata.
- ⇒ Se propagan en todos los medios elásticos donde exista fracciones de materia (átomos o moléculas capaces de vibrar).
- ⇒ La vibración depende de la separación de las partículas.

- **Aplicaciones**

- ⇒ Detección y caracterización de discontinuidades.
- ⇒ Medición de espesores, extensión y grado de corrosión.
- ⇒ Determinación de características físicas.
- ⇒ Características de enlace entre materiales.

- **Ventajas**

- ⇒ La prueba se efectúa mas rápidamente obteniendo resultados inmediatos.
- ⇒ Se tiene mayor exactitud al determinar la posición de las discontinuidades internas; estimando sus dimensiones, orientación y naturaleza.
- ⇒ Alta sensibilidad para detectar discontinuidades pequeñas.
- ⇒ Alta capacidad de penetración, lo que permite localizar discontinuidades a gran profundidad del material.

- ⇒ Buena resolución que permite diferenciar dos discontinuidades próximas entre sí.
- ⇒ Solo requiere acceso por un lado del objeto a inspeccionar.
- ⇒ No requiere de condiciones especiales de seguridad.

- **Limitaciones**

- ⇒ Baja velocidad de inspección cuando se emplean métodos manuales.
- ⇒ Requiere de personal con una buena preparación técnica y gran experiencia.
- ⇒ Dificultad para inspeccionar piezas con geometría compleja, espesores muy delgados o de configuración irregular.
- ⇒ Dificultad para detectar o evaluar discontinuidades cercanas a la superficie sobre la que se introduce el ultrasonido.
- ⇒ Requiere de patrones de calibración y referencia.
- ⇒ Es afectado por la estructura del material. (tamaño de grano, tipo de material).
- ⇒ Alto costo del equipo.
- ⇒ Se requiere de agente acoplante.

- **Principios físicos**

- ⇒ **Amplitud (A)**.- Es el desplazamiento máximo de una partícula desde su posición de cero.

- ⇒ **Frecuencia (F)**.- Se define como el numero de veces que ocurre un evento repetitivo (ciclo) por unidad de tiempo. Su unida Hertz.

- ⇒ **Longitud de onda (λ)**.- Es la distancia ocupada por una onda completa y es igual a la distancia a través de la cual se mueve la onda por periodo de ciclo.

⇒ **Velocidad de propagación o velocidad acústica (V)**.- Es la velocidad de transmisión de la energía sonora a través de un medio.

$$\lambda = \frac{V}{F}$$

⇒ **Impedancia acústica (Z)**.- Es la resistencia de un material a las vibraciones de las ondas ultrasónicas. Es el producto de la velocidad máxima de vibración por la densidad del material.

$$Z = \rho V_m$$

▪ Tipos de ondas

⇒ **Ondas longitudinales**.- Sus desplazamientos de las partículas son paralelos de propagación del ultrasonido.

⇒ **Ondas transversales**.- Los desplazamientos de las partículas es en forma perpendicular a la dirección del haz ultrasónico.

⇒ **Ondas superficiales**.- Son aquellas que se desplazan sobre la superficie del material y penetran a una profundidad máxima de una longitud de onda.

Los principales parámetros que deben ser controlados en un sistema ultrasónico son:

Sensibilidad. Es la capacidad de un transductor para detectar discontinuidades pequeñas.

$$d = \frac{\lambda}{2}$$

Resolución. Es la capacidad para separar dos señales cercanas en tiempo o profundidad.

Frecuencia central. Los transductores deben utilizar en su rango de frecuencia especificado para obtener una aplicación optima.

Atenuación del haz. Es la perdida de energía de una onda ultrasónica al desplazarse a través de un material. Las causas principales son la dispersión y la absorción.

- **Transductores**

Es el medio por el cual la energía eléctrica se convierte en energía mecánica (ondas sonoras) o viceversa. Opera debido al efecto piezoeléctrico, el cual consiste en que ciertos cristales cuando se tensionan, se polarizan eléctricamente y generan voltaje eléctrico entre las superficies opuestas. Esto es reversible en el sentido de que al aplicar un voltaje a través las caras de un cristal, se produce una deformación del mismo. Este efecto microscópico se origina por las propiedades de simetría de algunos cristales.

- **Materiales Piezoelectricos**

- A) **Cuarzo.** Se obtiene a partir de cristales naturales. Posee excelentes características estabilidad térmica, química y eléctrica. Es muy duro y resistente al desgaste así como al envejecimiento. Desafortunadamente, sufre interferencias en el modo de conversión y es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.
- B) **Sulfato de litio.** Este material se considera como uno de los receptores mas eficientes. Su ventaja principal en su facilidad de obtener una amortiguación acústica optima lo que mejora el poder de resolución, no envejece y es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión. Sus desventajas son que es muy frágil, soluble en agua y se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.
- C) **Cerámicas polarizados.** Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. Se consideran como los generadores mas eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de

excitación. Prácticamente no son afectados por la humedad y algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C. Sus principales limitaciones son: resistencia mecánica relativamente baja, en algunos casos existe interferencia en el modo de conversión, presentan tendencia al envejecimiento. Además poseen menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES USADOS COMO TRANSDUCTORES EN LOS PALPADORES

Material	Eficiencia como transmisor	Eficiencia como receptor	Sensibilidad	Poder de resolución	Características mecánicas
Cuarzo	Mala	Mediana	Escasa	Optima	Buena
Sulfato de litio	Mediana	Buena	Buena	Optima	Soluble en agua
Titanato de bario	Buena	Mediana	Optima	Mediana	Frágil
Metaniobato de bario	Buena	Mediana	Optima	Optima	Buena
Zirconato titanato de plomo	Buena	Mediana	Optima	Mediana	Buena

- **Elección del transductor**

1. Clase de cristal. Con la elección de cada clase de cristal se puede variar el poder resolutivo y la sensibilidad de los transductores.

2. Diámetro del cristal. Entre mayor sea el diámetro del cristal se obtiene una mayor profundidad de penetración, asimismo una mayor longitud en un campo cercano y una menor divergencia.
3. Frecuencia. Con la elección de una mayor frecuencia se obtiene mayor posibilidad para la identificación de discontinuidades pequeñas, mayor longitud de campo cercano, mayor poder resolutivo, menor profundidad de penetración y mínima divergencia.

MATERIALES PIEZOELECTRICOS

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CUARZO	<ul style="list-style-type: none"> * Se obtiene a partir de cristales naturales. * Posee excelentes características estabilidad térmica, química y eléctrica. * Es muy duro y resistente al desgaste así como al envejecimiento. 	<p>Sufre interferencias en el modo de conversión</p> <p>Es el menos eficiente de los generadores de energía acústica.</p> <p>Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias.</p> <p>Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.</p>

<p>SULFATO DE LITIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Receptor mas eficiente. * Facilidad de obtener una amortiguación acústica optima. * Mejor poder de resolución. * No envejece. * Es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión. 	<ul style="list-style-type: none"> * Es muy frágil * Soluble en agua * Se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.
<p>CERÁMICOS POLARIZADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. * Se consideran como los generadores mas eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. * Prácticamente no son afectados por la humedad * Algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> * Resistencia mecánica relativamente baja, * En algunos casos existe interferencia en el modo de conversión. * Presentan tendencia al envejecimiento. * Además poseen menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.

<p>TITANATO DE BARIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Es un buen emisor debido a su elevado modulo piezoeléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> * Problemas de acoplamiento y amortiguación. * Su empleo esta limitado a frecuencias menores de 15 MHz, debido a su baja resistencia mecánica y alta impedancia acústica. * Presenta interacción entre varios modos de vibración. * La temperatura de su punto curie es de 115 – 150 ° C.
<p>METANIOBATO DE BARIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Presenta un modulo piezoeléctrico elevado lo que lo califica como buen emisor. * Posee excelente estabilidad térmica, similar al cuarzo, lo que le permite ser empleado a altas temperaturas. * Posee un elevado coeficiente de amortiguación interna, por lo que se considera como el mejor material para generar impulsos cortos. 	<p>Presenta una baja frecuencia fundamental y una mala resistencia mecánica, por lo que se aplica principalmente a frecuencias altas.</p> <p>Presenta interacción entre varios modos de vibración.</p>

ZIRCONATO TITANATO DE PLOMO	Se considera como el mejor emisor por su alto modulo piezoeléctrico.	Sin embargo, es el mas difícil de amortiguar por su alto coeficiente de deformación. Se recomienda su empleo cuando existen problemas de penetración.
-----------------------------------	--	---

- **Tipos De Palpadores**

Palpador de contacto. Se coloca directamente en la superficie de prueba aplicando presión y un medio de acoplamiento. Se fabrica para inspecciones de haz recto. Para proteger el transductor de la abrasión, se cubre con un material duro como el oxido de aluminio.

Palpadores de haz recto. Emite ondas longitudinales con frecuencias de 0.5 a 10 MHz. Se emplea generalmente para la inspección de piezas en las que se puede colocar directamente la unidad de prueba sobre el área de interés las discontinuidades son paralelas a la superficie de contacto. También es útil en la detección de discontinuidades y en la medición de espesores.

Palpadores de incidencia angular. Genera ondas de corte, de superficie y de placa. Se construye acoplado una unidad de haz recto a una de las caras de una zapata de plástico, al cual presenta determinado ángulo de refracción. Se emplea en los equipos de pulso eco y su aplicación es casi exclusiva en la detección de discontinuidades orientadas perpendicularmente a la superficie de prueba.

Tipos de palpadores angulares. De acuerdo a su tamaño frecuencia, forma, tipo e intercambiabilidad de la zapata. Tienen marcado en la zapata el ángulo de refracción del sonido dentro del material de prueba, los ángulos comerciales para el acero son 35, 45, 60, 70, 80, 90 grados.

- **Acoplante**

Líquido más o menos viscoso que se utiliza para permitir el paso de las ondas del transductor a la pieza bajo examinación, ya que las frecuencias que se utilizan para materiales metálicos no se transmiten en el aire.

Características Del Líquido Acoplante:

- Humectabilidad. (capaz de mojar la superficie y el palpador)
- Viscosidad adecuada.
- Baja atenuación. (que el sonido se transmita al 100%)
- Bajo costo.
- Removible.
- No toxico.
- No corrosivo.
- Impedancia acústica adecuada.

Tipos De Acoplantes:

Agua

Aceite

Grasa

Glicerina

Vaselina

REFLEXIÓN

Cantidad de energía ultrasónica que es reflejada al incidir en una interfase acústica.

Ley de reflexión. El ángulo de onda reflejada es igual al ángulo de la onda incidente de la misma especie.

REFRACIÓN

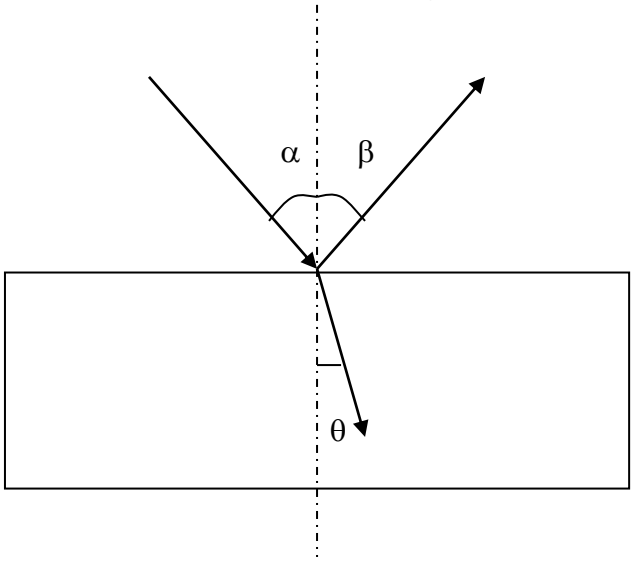
Se lleva a cabo cuando un haz ultrasónico pasa de un medio a otro, siendo su velocidad del medio diferente entre sí y cambia la dirección en relación con la dirección de incidencia.

Ley de refracción. El cambio de dirección de la onda refractada, acercándose en la normal a su superficie de separación de ambos medios, depende de la velocidad del sonido en el segundo medio sea menor o mayor que en el primer medio.

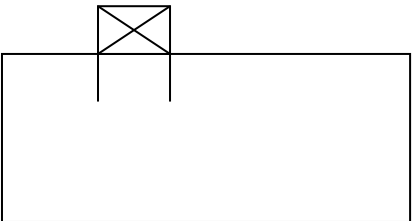
$$\frac{\text{sen}\alpha}{\text{sen}\theta} = \frac{V_1}{V_2}$$

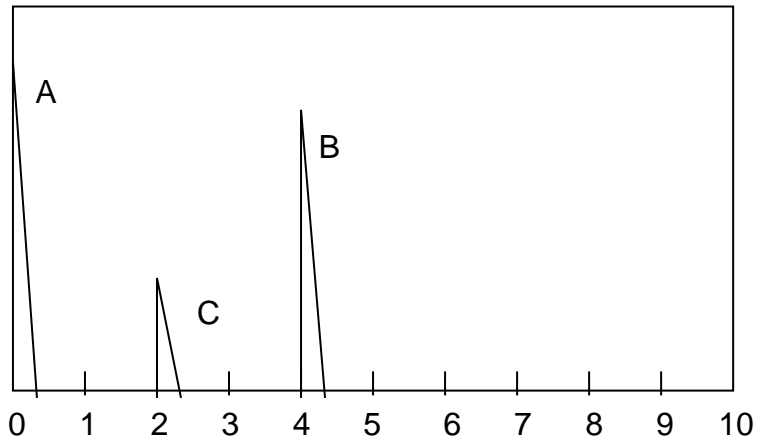
V_1 = Velocidad del medio 1
 V_2 = Velocidad del medio 2

α = Ángulo de incidencia
 θ = Ángulo de refracción



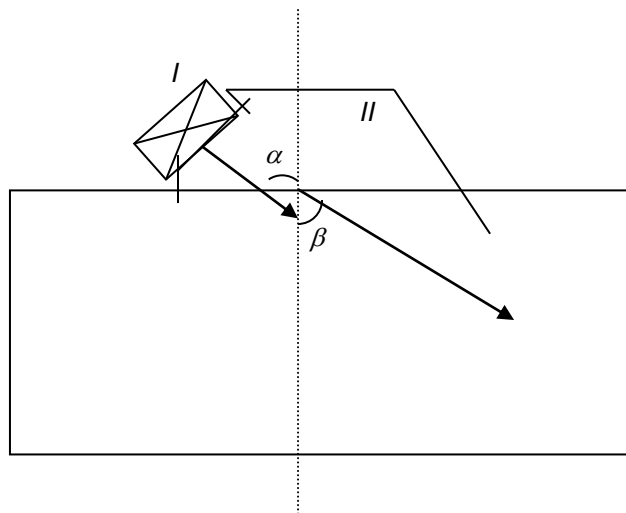
CARACTERÍSTICAS DEL OSCILOGRAMA
PALPADOR DE HAZ LONGITUDINAL DE UN CRISTAL
MÉTODO DE INSPECCIÓN POR CONTACTO DIRECTO

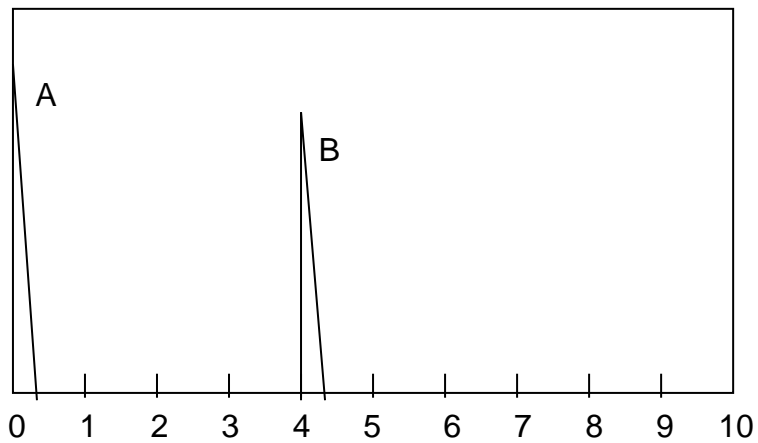




- A. Eco de entrada o pulso inicial.
- B. Eco de fondo o reflexión de la pared posterior.
- C. Eco de discontinuidad.

OSCILOGRAMA DE UN PALPADOR DE HAZ ANGULAR





A. Eco de entrada o pulso inicial.

B. Eco de discontinuidad.

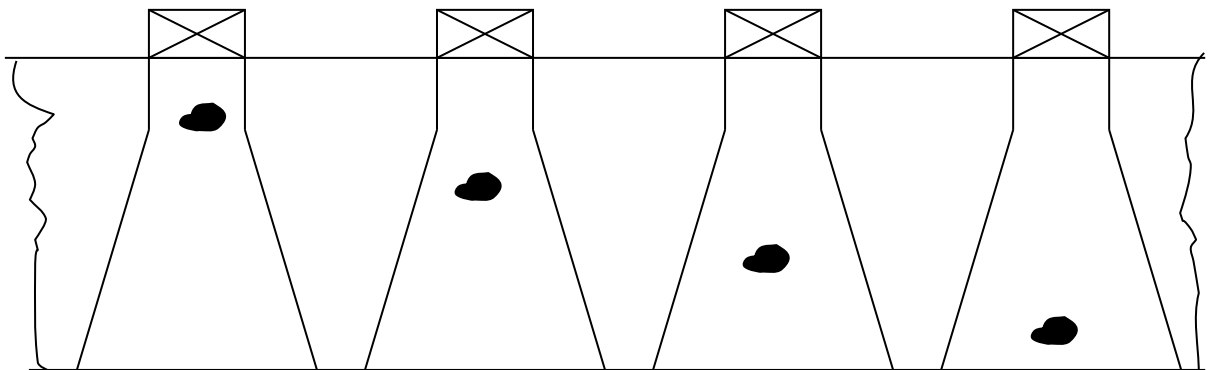
α = Ángulo de incidencia de la onda

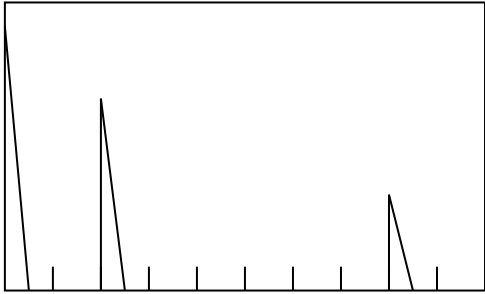
β = Ángulo de entrada al material

I = Palpador

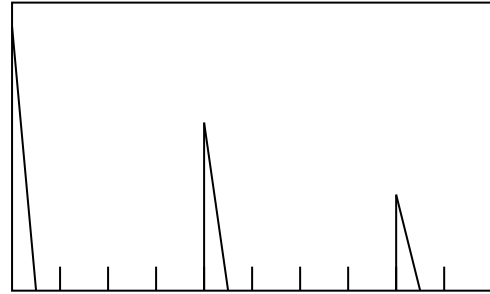
II = Zapata

PROPORCIONALIDAD DE RESPUESTA (LINEALIDAD) DE LA EHP A UNA DISCONTINUIDAD UBICADA A DIFERENTE PROFUNDIDAD

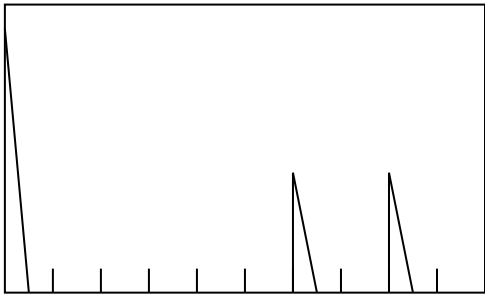




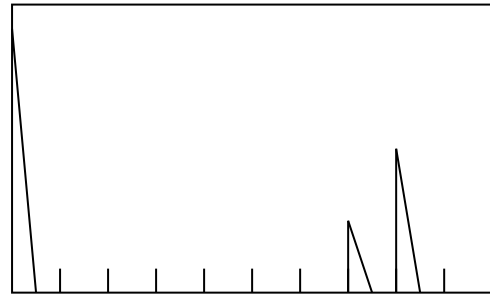
Primer oscilograma



Segundo oscilograma

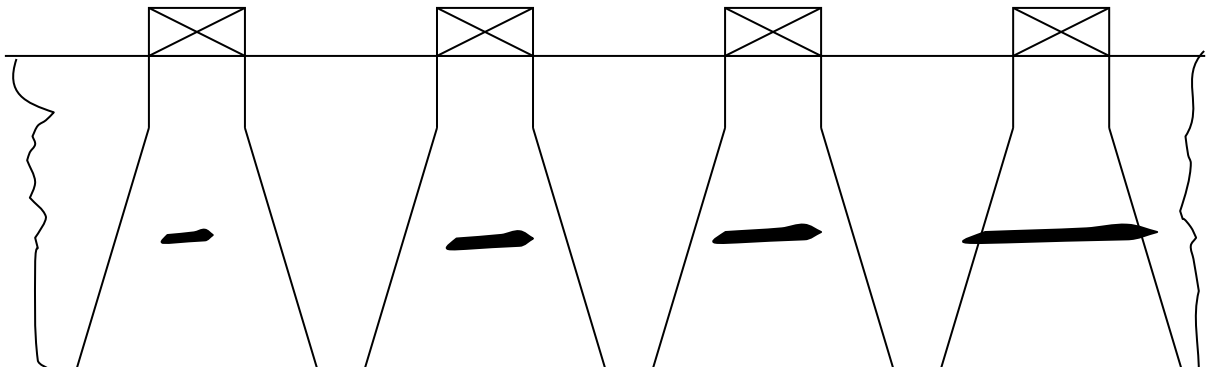


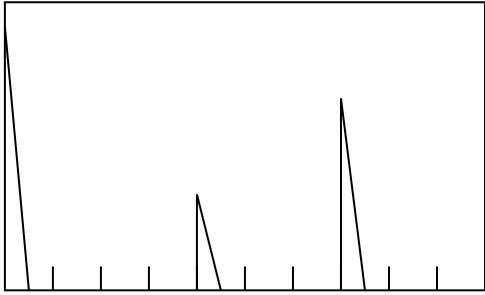
Tercer oscilograma



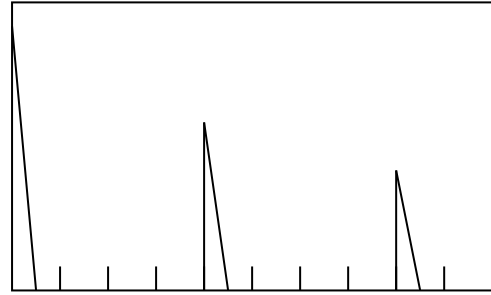
Cuarto oscilograma

PROPORCIONALIDAD DE RESPUESTA (LINEALIDAD) SOBRE LA EVP DE UNA DISCONTINUIDAD DE DIFERENTE TAMAÑO LOCALIZADA A UNA MISMA PROFUNDIDAD

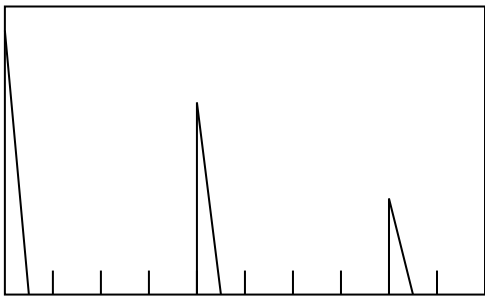




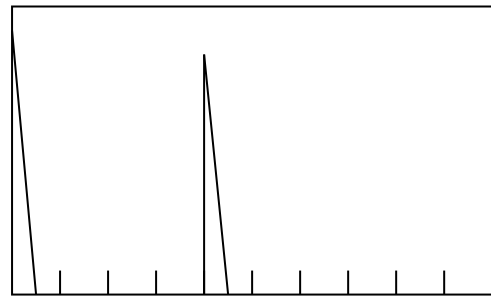
Primer oscilograma



Segundo oscilograma

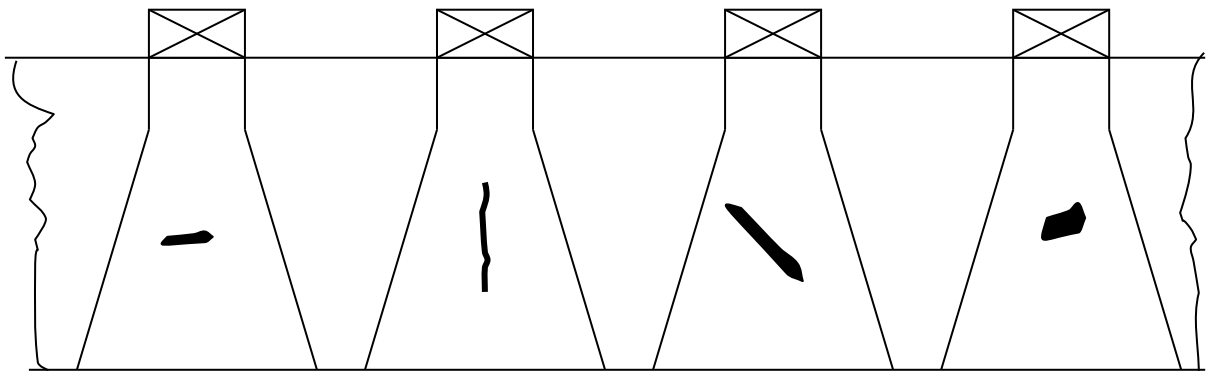


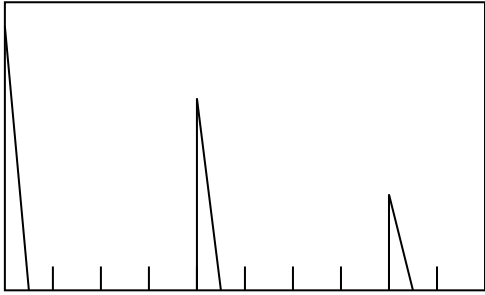
Tercer oscilograma



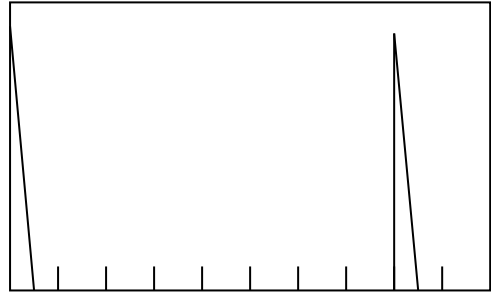
Cuarto oscilograma

COMPORTAMIENTO DEL HAZ ULTRASONICO CON RESPECTO A LA ORIENTACION DE UNA DISCONTINUIDAD

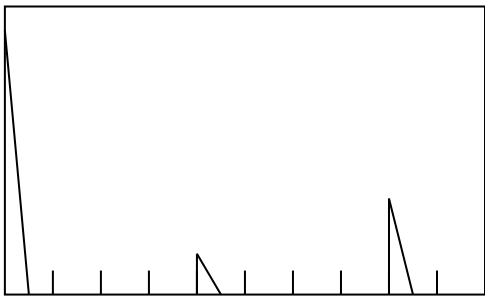




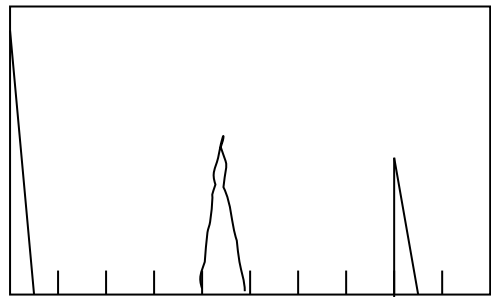
Primer oscilograma



Segundo oscilograma

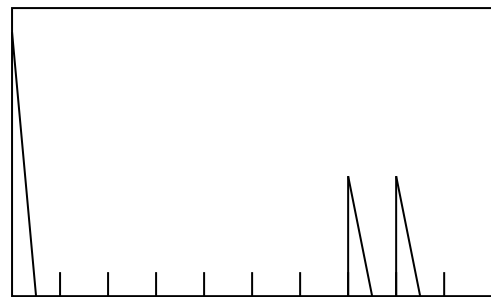
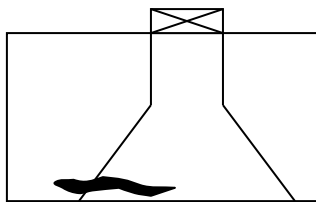
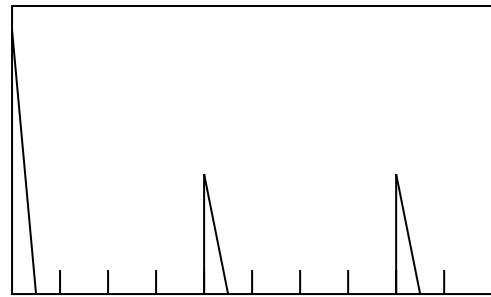
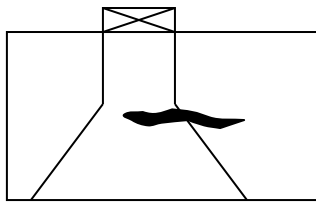


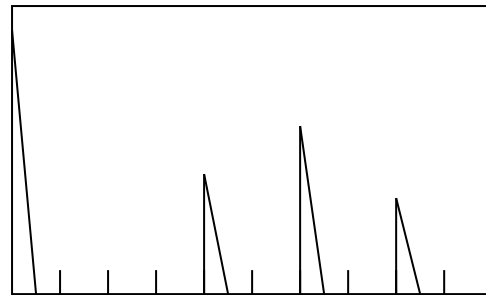
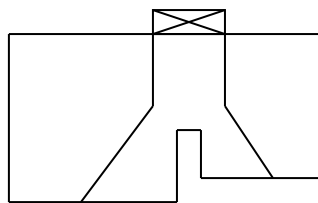
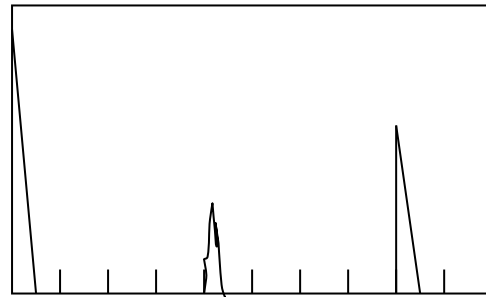
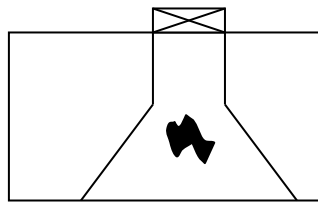
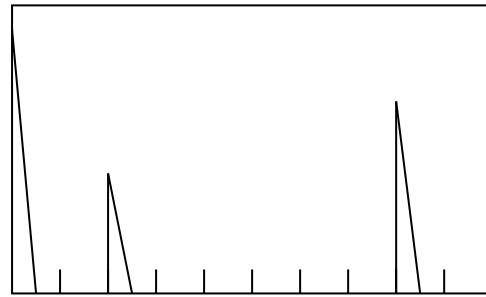
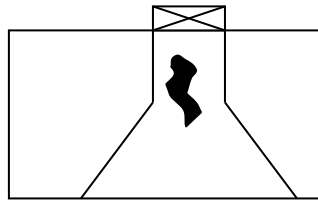
Tercer oscilograma



Cuarto oscilograma

Tipos de oscilogramas.





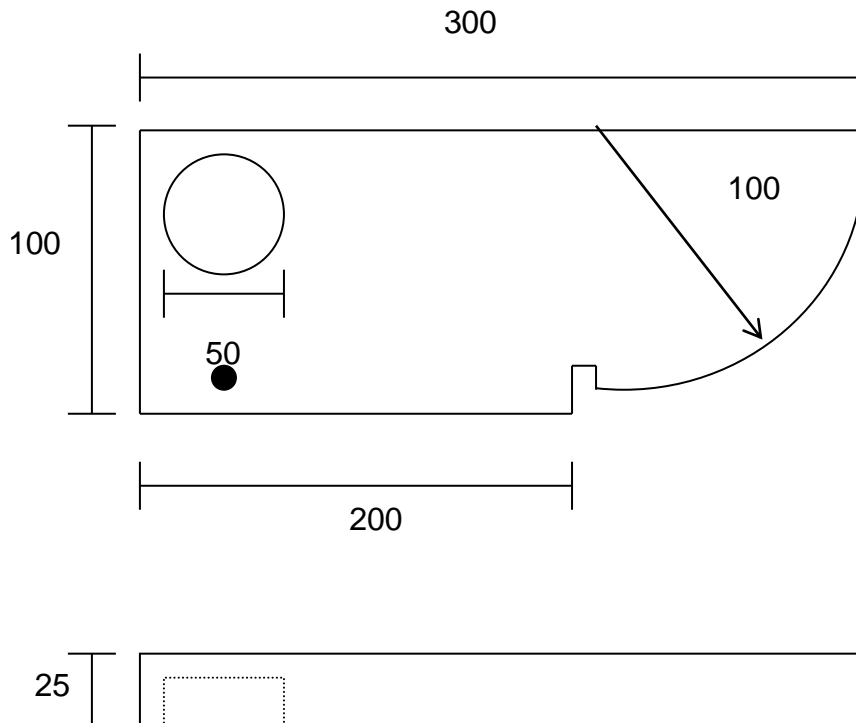
BLOQUE DE CALIBRACIÓN

Los patrones de referencia pueden ser un bloque o juego de bloques con discontinuidades artificiales y/o espesores conocidos. Que son empleados para calibrar equipos de ultrasonido y para evaluar las indicaciones de las discontinuidades de la muestra inspeccionada

Los bloques de calibración deben de tener las mismas propiedades físicas, químicas y de estructura que el material a inspeccionar.

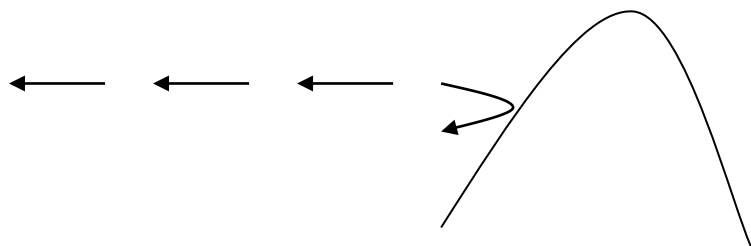
Por medio de los bloques de calibración se puede:

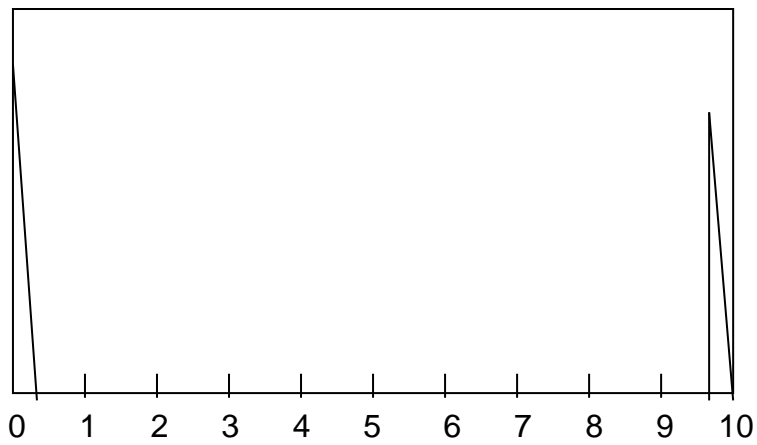
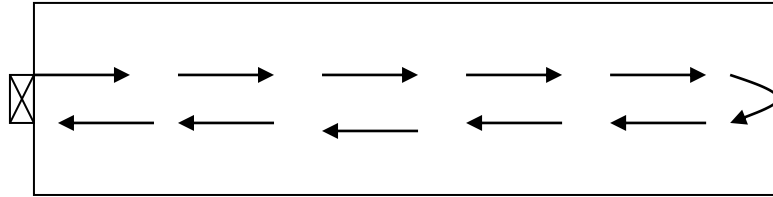
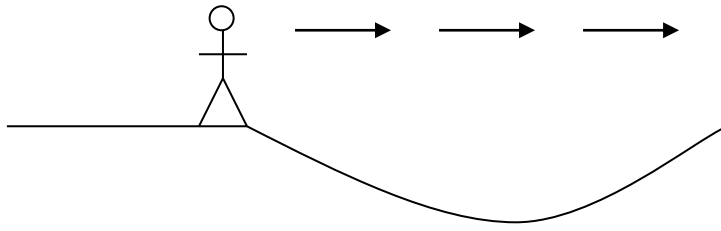
- a) Verificar que el sistema compuesto por el transductor, cable coaxial y el equipo funciona correctamente.
- b) Fijar la ganancia o la sensibilidad con la cual se detectará las discontinuidades equivalentes a un tamaño especificado o mayores.



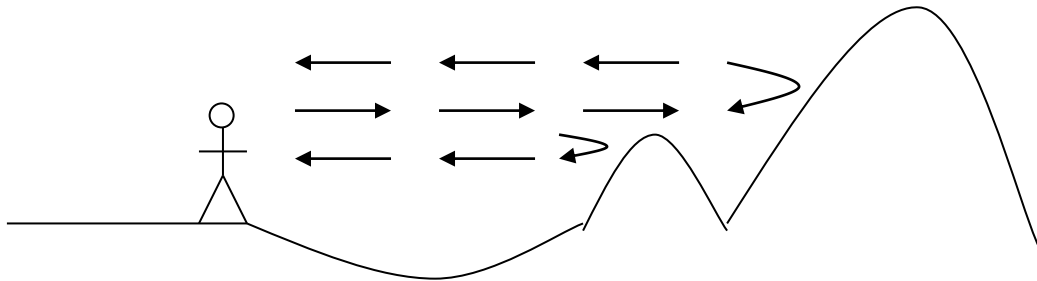
EQUIPO DE ULTRASONIDO

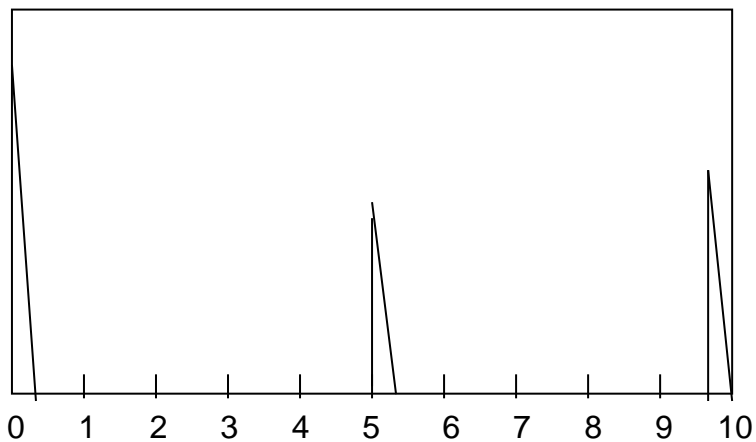
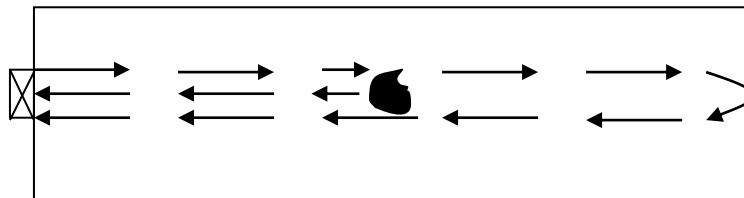
PRINCIPIO DEL ULTRASONIDO





PRINCIPIO DEL ULLTRASONIDO





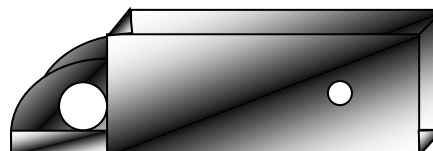
b) DESARROLLO PRÁCTICO

PALPADOR NORMAL

Para iniciar con la prueba de ultrasonido con palpador normal, se realizaron los siguientes procedimientos:

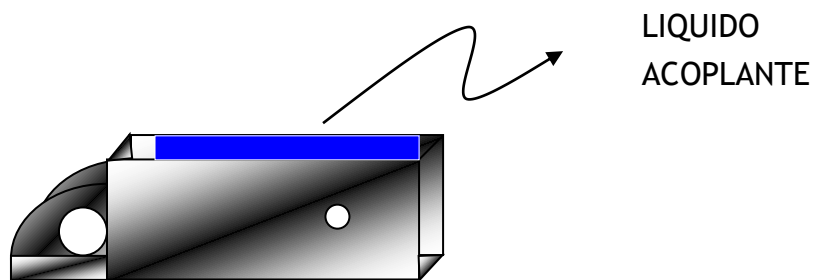
1.-Se calibró el Osciloscopio con un **BLOCK DE CALIBRACIÓN**, el cual está normalizado por el CENAM.

*Las magnitudes de dicho Block son.-



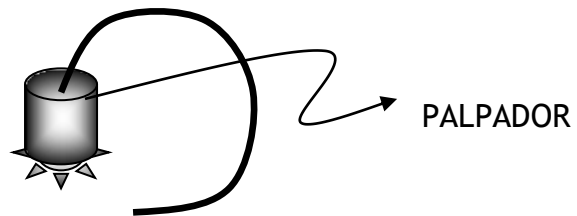
- Altura 4 pulgadas.
- Espesor de 1 pulgada.
- Radio de 4 pulgadas.

*Para poder realizar la calibración se colocó un líquido acoplante sobre la superficie del block, como ya se mencionó puede ser agua o aceite que elimine el aire entre palpador y material. En este caso se utilizó aceite.

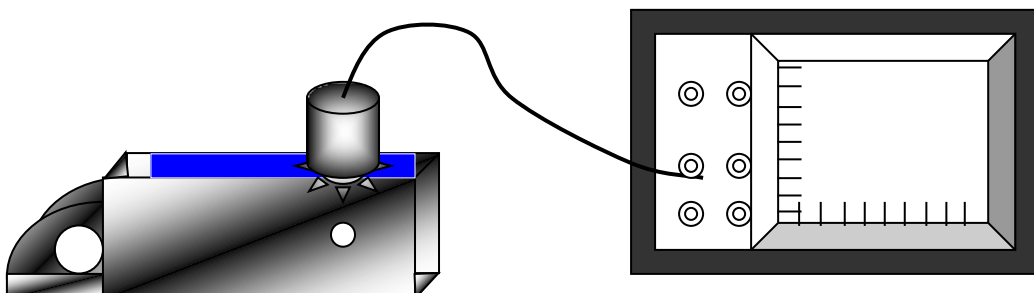


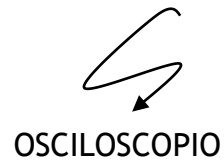
*Los datos técnicos del palpador normal son:

4 Mhz.
24 mm de Diámetro
B (Bario)
N(Normal)

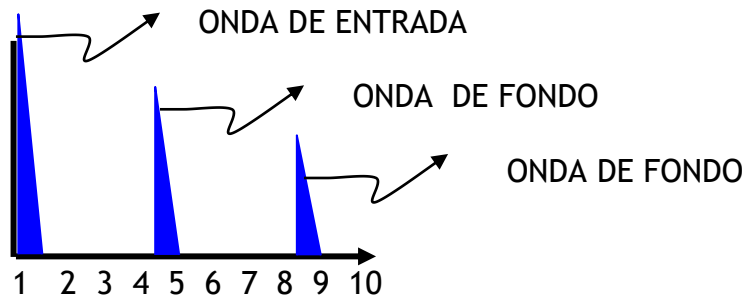


*Posteriormente se colocó el palpador, el cual estaba conectado al osciloscopio, sobre el Block para que se iniciara la emisión de ondas ultrasónicas(>20000Hz).

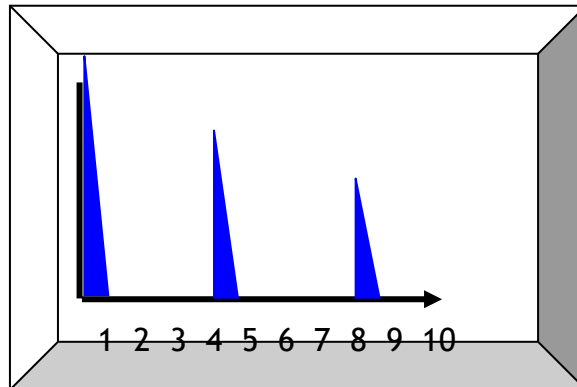




*Ya en el osciloscopio se ajustaron los ecos (ondas) a una onda de entrada y dos de fondo, según las normas de calibración.



*Una vez ajustado en la pantalla del osciloscopio la siguiente imagen en la pantalla, se puede confirmar que el equipo ya esta calibrado y listo para realizar las primeras pruebas a otros materiales.

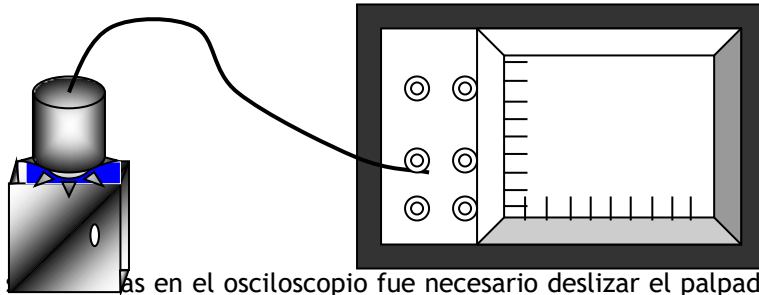


“PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO”

Esta imagen nos muestra una separación entre cada onda de 4 líneas, esto nos representa la altura del Block Patrón que es de 4 pulgadas. Esta relación nos indica que la magnitud de cada línea es de una pulgada y es la que nos servirá de referencia para las pruebas posteriores.

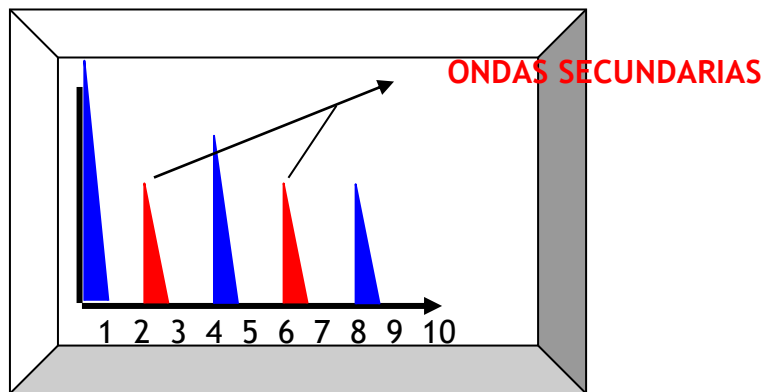
2.-Se realizó la prueba con otro material que tenía 5 pulgadas de altura.

*Se volvieron a realizar los pasos que anteriormente se mencionaron y se ejemplificaron, es decir, se colocó líquido acoplante sobre la superficie del nuevo material para posteriormente colocar el palpador normal que está conectado al osciloscopio; tal como se muestra en la siguiente imagen.

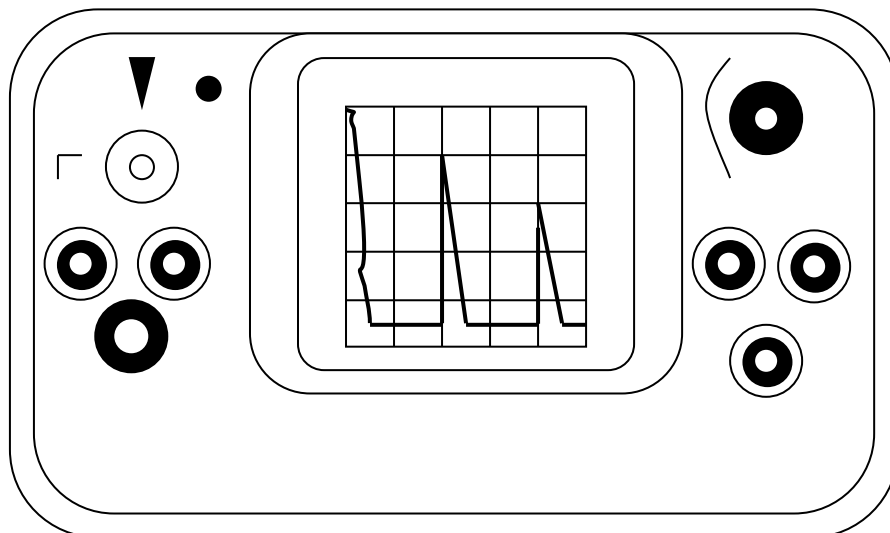


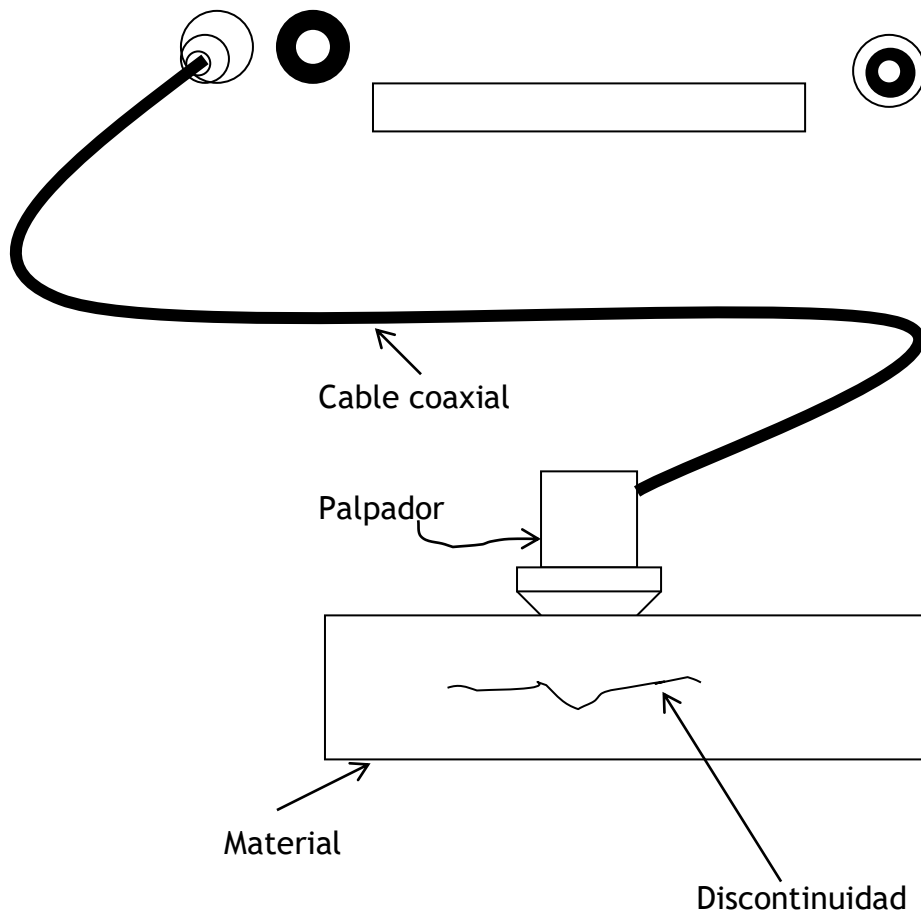
*Para detectar ondas secundarias en el osciloscopio fue necesario deslizar el palpador sobre toda la superficie, ya que la aparición de ondas secundarias indica el lugar donde se encuentran los defectos o fallas que pueden ser grietas, poros, burbujas, rechupes, etc. Estas ondas secundarias son diferentes a las normalizadas para calibrar, es decir, la de entrada y las dos de fondo.

*La imagen que resultó de esta prueba es la siguiente:



EQUIPO DE ULTRASONIDO





“PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO”

Estas ondas secundarias nos muestran la distancia exacta a la que se encuentra el defecto, es decir cada onda secundaria esta a dos líneas de separación respecto de las ondas normalizadas y calibradas, los que interpretado de otra manera nos muestra que la perforación se encuentra dos pulgadas debajo de donde esta el palpador. Esto es porque en la calibración se especificó que cada línea es equivalente a una pulgada.

*Con la información obtenida se procede a realizar los cálculos técnicos como:

➤ LONGITUD DE ONDA (λ).

$\lambda = \text{Veloc. de propagación} / \text{frecuencia} = C / f$
 $C = 5900 \text{ m/s para el Acero "material utilizado"}$
 $f = 4 \text{ Mhz} = 4\,000\,000 \text{ Hz.}$

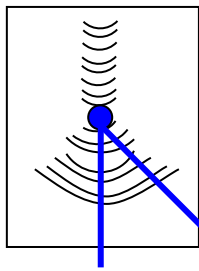
$$\lambda = 5900 \text{ m/s} / 4000000 \text{ Hz} = 0.001475 \text{ m} = 1.475 \text{ mm}$$

➤ DEFECTO MÍNIMO

$$\text{Def. mín.} = \lambda / 2$$

$$\text{Def. mín.} = 1.475 \text{ mm} / 2 = 0.7375 \text{ mm}$$

➤ CAMPO CERCANO (N).-Es la distancia en la que la propagación de la onda no es interrumpida.



Campo Cercano $N = D^2 / 4 \lambda$
 $D^2 =$ Diametro del palpador.

$$N = (24 \text{ mm})^2 / (4 * 1.475 \text{ mm}) = 97.672 \text{ mm}$$

Campo Lejano

Este resultado nos indica que si el defecto se encuentra dentro de este límite, el valor de la magnitud que se supone se encuentra la falla es aceptable, si no se verifica por el otro lado del material.

➤ ANGULO DE CAMPO LEJANO (θ).- Es el ángulo de desviación de la onda de propagación una vez que encuentra una discontinuidad o defecto en la pieza a analizar.

$$\theta = \text{arc sen } 1.22 (\lambda / D)$$

$$\theta = \text{arc sen } 1.22 (1.475 \text{ mm} / 24 \text{ mm}) = 4^\circ 18'' 0.009'$$

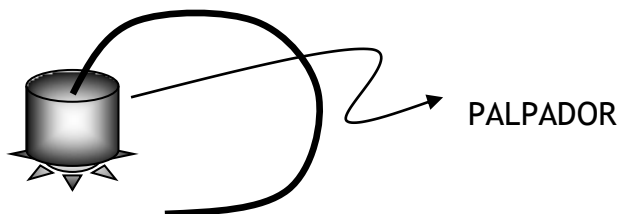
7

PALPADOR ANGULAR

Para la realización de la prueba de ultrasonido con palpador angular, se utilizó un bloque de 4 pulgadas de altura y un palpador angular con las siguientes características:

M(Micro)

B (Titanato de Bario)



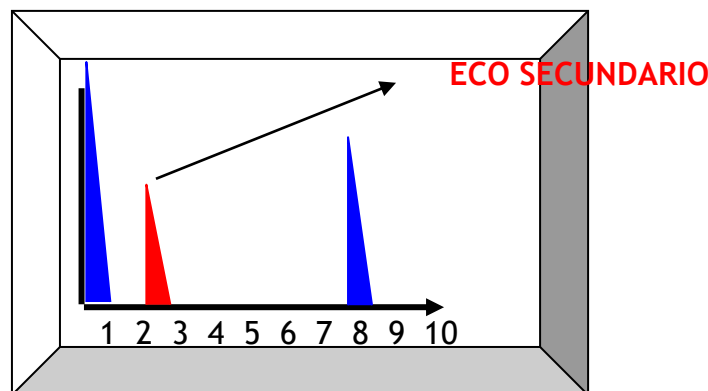
45 (De 45°)
2 Mhz.

ANGULAR

1.- Como el osciloscopio ya se encontraba calibrado, entonces se procedió a aplicar el líquido acoplante en la superficie del bloque y se colocó el palpador (estando conectado al osciloscopio) sobre la superficie del block y se dispuso a observar las señales producidas en el osciloscopio.

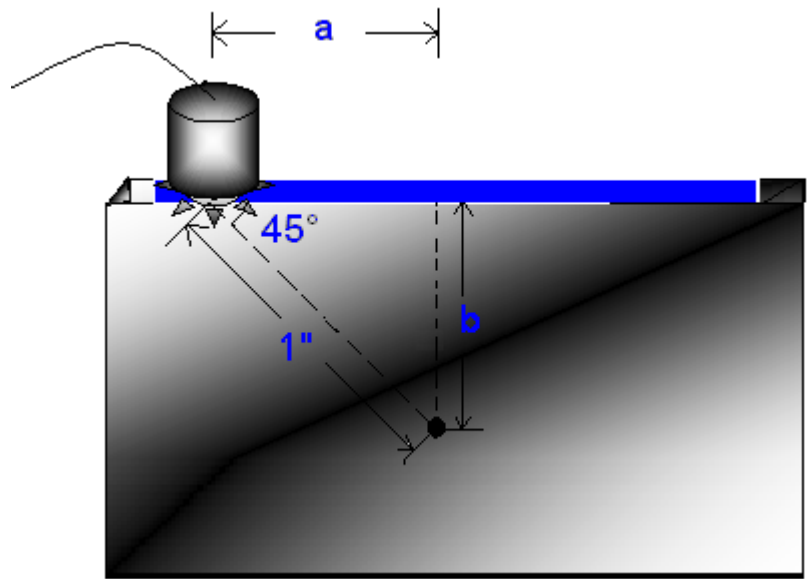
* Debido a que la altura de el bloque utilizado en este caso es de 4 pulgadas, por lo tanto, en la pantalla del osciloscopio las cuatro pulgadas equivalen a 8 divisiones, entonces, cada división equivale a 0.5 pulgadas.

* Al observar en el osciloscopio, el eco secundario aparece en la división número 2, lo que significa que hay presente una discontinuidad a 1 pulgada del palpador, tal como se muestra en el siguiente figura:



“PANTALLA DEL OSCILOSCOPIO”

* Entonces, como sabemos que el palpador produce una señal a 45° de su posición y que de éste a la discontinuidad hay una distancia de una pulgada, entonces, para saber la posición exacta de la discontinuidad en el material, se resuelve el triángulo rectángulo de la siguiente forma:



$$\cos 45^\circ = \frac{a}{1''}$$

$$\therefore a = 1'' \cos 45^\circ = 0.707''$$

$$\text{sen} 45^\circ = \frac{b}{1''}$$

$$\therefore b = 1'' \text{sen} 45^\circ = 0.707''$$

Por lo tanto, la discontinuidad presente en el material se encuentra a 0.707" en forma horizontal al palpador y a 0.707" de profundidad.

COMENTARIOS

La práctica de pruebas ultrasonicas se realiza bajo condiciones de operación inadecuadas que pueden variar la precisión y veracidad de nuestras mediciones. Es necesario que se realicen actividades con las cuales puedan ser corregidas o modificadas las deficiencias durante el desarrollo de la práctica. Algunas de estas son:

Contar con un laboratorio apropiado para realizar la prueba , como sabemos los diferentes materiales pueden cambiar sus propiedades físicas, químicas o mecánicas de acuerdo al ambiente en el que estos se encuentren.

Contar con el equipo y material necesario, ya que no se tiene todos los elementos necesarios para realizar la prueba. Como caso particular mencionaremos que el acoplante (aceite) fue tomado directamente del envase que lo contenía y aplicado con los dedos, ya que no se contaba con una aceitera. Cabe mencionar que esto puede provocar contaminación de las piezas que van a ser sometidas a la prueba de ultrasonido.

La distribución de los alumnos para observar el desarrollo de la práctica no es la adecuada ya que por las características propias del osciloscopio, no se alcanza a observar lo que ocurre en la práctica y los gráficos que genera el osciloscopio.

CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta práctica se pudo observar lo siguiente:

- Se estudio toda la información teórica necesaria acerca de la prueba no destructiva de ultrasonido.
- La prueba de ultrasonido es realizada mediante la emisión de un sonido de alta frecuencia que nos indica los defectos de nuestro material a través de la pantalla de un osciloscopio.

- Al efectuar la prueba de ultrasonido a nuestras “probetas” se pudo observar físicamente cual es el procedimiento a seguir para la realización de la prueba. Así mismo se determinó el defecto que presentaba nuestra probeta pudiendo determinar la distancia a la cual se encontraba.
- Se observó físicamente cual es el equipo necesario para realizar la prueba de ultrasonido siendo estos: Una fuente de poder, un osciloscopio, un palpador, acoplante y la probeta.
- También se realizaron los cálculos pertinentes para la determinación de los parámetros siguientes: Longitud de onda, ángulo de divergencia, campo cercano y diámetro del defecto.
- También se observó que si la frecuencia aumenta el poder resolutivo será menor y el campo muerto de los ecos de fondo disminuirá.
- Los materiales sometidos a la prueba de ultrasonido deben de ser de forma regular y de materiales no porosos. Por otro lado encontramos que tanto los materiales ferrosos como los no ferrosos pueden ser sometidos a esta prueba.
- La prueba de ultrasonido nos permite localizar defectos de tipo interno tales como: poros, grietas, rechupes, defectos de soldadura, etc.
- Algunas de las ventajas de esta prueba son: Es usada en cualquier tipo de material, puede obtenerse un registro en papel, se determinan defectos internos y subsuperficiales.
- Algunas de sus desventajas son: Se requiere de personal calificado, costo inicial elevado por el tipo de equipo necesario para realizar la prueba.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Apuntes para el Laboratorio de Pruebas No Destructivas. UPIICSA. México 2002. Pp 96 - 120.

REFERENCIAS Y VINCULOS WEB:

Trabajo Publicados de Ingeniería Industrial (UPIICSA - IPN)

Ingeniería de Métodos del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/ingdemet/ingdemet.shtml>

Ingeniería de Medición del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/medtrab/medtrab.shtml>

Control de Calidad - Sus Orígenes

<http://www.monografias.com/trabajos11/primdep/primdep.shtml>

Investigación de Mercados

<http://www.monografias.com/trabajos11/invmerc/invmerc.shtml>

Ingeniería de Métodos - Análisis de la Producción

<http://www.monografias.com/trabajos12/andeprod/andeprod.shtml>

Ingeniería de Medición - Aplicaciones del Tiempo Estándar

<http://www.monografias.com/trabajos12/ingdemeti/ingdemeti.shtml>

Química - Átomo

<http://www.monografias.com/trabajos12/atomo/atomo.shtml>

Distribución de Planta y Manejo de Materiales (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos12/distpla/distpla.shtml>

Física Universitaria - Mecánica Clásica

<http://www.monografias.com/trabajos12/henerg/henerg.shtml>

UPIICSA - Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos12/hlaunid/hlaunid.shtml>

Pruebas Mecánicas (Pruebas Destructivas)

<http://www.monografias.com/trabajos12/pruemec/pruemec.shtml>

Mecánica Clásica - Movimiento unidimensional

<http://www.monografias.com/trabajos12/moviunid/moviunid.shtml>

Control de Calidad - Gráficos de Control de Shewhart

<http://www.monografias.com/trabajos12/concalgra/concalgra.shtml>

Química - Curso de Físicoquímica de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos12/fisico/fisico.shtml>

Ingeniería de Métodos - Muestreo del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/immuestr/immuestr.shtml>

Biología e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos12/biolo/biolo.shtml>

Álgebra Lineal - Exámenes de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos12/exal/exal.shtml>

Prácticas de Laboratorio de Electricidad (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos12/label/label.shtml>

Prácticas del Laboratorio de Química de la UP

<http://www.monografias.com/trabajos12/prala/prala.shtml>

Problemas de Física de Resnick, Halliday, Krane (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos12/resni/resni.shtml>

Bioquímica

<http://www.monografias.com/trabajos12/bioqui/bioqui.shtml>

Teoría de la Empresa

<http://www.monografias.com/trabajos12/empre/empre.shtml>

Código de Ética

<http://www.monografias.com/trabajos12/eticaplic/eticaplic.shtml>

Ingeniería de Métodos: Análisis Sistemático de la Producción 2

<http://www.monografias.com/trabajos12/igmanalis/igmanalis.shtml>

Física Universitaria - Oscilaciones y Movimiento Armónico

<http://www.monografias.com/trabajos13/fiuni/fiuni.shtml>

Producción Química - El mundo de los plásticos

<http://www.monografias.com/trabajos13/plasti/plasti.shtml>

Plásticos y Aplicaciones - Caso Práctico en la UPIICSA
<http://www.monografias.com/trabajos13/plapli/plapli.shtml>

Planeación y Control de la Producción (PCP - UPIICSA)
<http://www.monografias.com/trabajos13/placo/placo.shtml>

Investigación de Operaciones - Programación Lineal
<http://www.monografias.com/trabajos13/upicsa/upicsa.shtml>

Legislación y Mecanismos para la Promoción Industrial
<http://www.monografias.com/trabajos13/legislac/legislac.shtml>

Investigación de Operaciones - Método Simplex
<http://www.monografias.com/trabajos13/icerodos/icerodos.shtml>

Psicosociología Industrial
<http://www.monografias.com/trabajos13/psicosoc/psicosoc.shtml>

Legislación para la Promoción Industrial
<http://www.monografias.com/trabajos13/legislac/legislac.shtml>

PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN: BALANCEO DE LÍNEAS DE ENSAMBLE: LÍNEAS MEZCLADAS Y DEL MULTI-MODELO

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/pcplinen.htm

PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN - BALANCEO DE LINEAS

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/pycdelapro.htm

FUNDAMENTOS DE LA ECONOMÍA DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/fundelacal.htm

PAGOS SALARIALES: PLAN DE SALARIOS E INCENTIVOS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/rrhh/pagosal.htm

MANUAL DE TIEMPO ESTÁNDAR

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/mantiemesivan.htm

INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/introalaih.htm

INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES - REDES Y LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/iopertcpm.htm

Trabajos Publicados de Neumática en Ingeniería Industrial

Aire comprimido de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos13/compri/compri.shtml>

Neumática e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/unointn/unointn.shtml>

Neumática: Generación, Tratamiento y Distribución del Aire (Parte 1)

<http://www.monografias.com/trabajos13/genair/genair.shtml>

Neumática: Generación, Tratamiento y Distribución del Aire (Parte 2)

<http://www.monografias.com/trabajos13/geairdos/geairdos.shtml>

Neumática - Introducción a los Sistemas Hidráulicos

<http://www.monografias.com/trabajos13/intsishi/intsishi.shtml>

Estructura de Circuitos Hidráulicos en Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

Neumática e Hidráulica - Generación de Energía en la Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/genenerg/genenerg.shtml>

Neumática - Válvulas Neumáticas (aplicaciones en Ingeniería Industrial) Parte 1

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvias/valvias.shtml>

Neumática - Válvulas Neumáticas (aplicaciones en Ingeniería Industrial) Parte 2

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvidos/valvidos.shtml>

Neumática e Hidráulica, Válvulas Hidráulicas en la Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/valhid/valhid.shtml>

Neumática - Válvulas Auxiliares Neumáticas (Aplicaciones en Ingeniería Industrial)

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvaux/valvaux.shtml>

Problemas de Ingeniería Industrial en Materia de la Neumática (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos13/maneu/maneu.shtml>

Electroválvulas en Sistemas de Control

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvu/valvu.shtml>

Neumática e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/unointn/unointn.shtml>

Estructura de Circuitos Hidráulicos en Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

Ahorro de energía

<http://www.monografias.com/trabajos12/ahorener/ahorener.shtml>

Trabajo Publicados de Derecho del Centro Escolar Atoyac

Nociones de Derecho Mexicano

<http://www.monografias.com/trabajos12/dnocmex/dnocmex.shtml>

Nociones de Derecho Positivo

<http://www.monografias.com/trabajos12/dernoc/dernoc.shtml>

Derecho de la Familia Civil

<http://www.monografias.com/trabajos12/derlafam/derlafam.shtml>

Juicio de amparo

<http://www.monografias.com/trabajos12/derjuic/derjuic.shtml>

Delitos patrimoniales y Responsabilidad Profesional

<http://www.monografias.com/trabajos12/derdeli/derdeli.shtml>

Contrato Individual de Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/contind/contind.shtml>

La Familia en El derecho Civil Mexicano

<http://www.monografias.com/trabajos12/dfamilien/dfamilien.shtml>

La Familia en el Derecho Positivo

<http://www.monografias.com/trabajos12/dlafamil/dlafamil.shtml>

Artículo 14 y 16 de la Constitución de México

<http://www.monografias.com/trabajos12/comex/comex.shtml>

Garantías Individuales

<http://www.monografias.com/trabajos12/garin/garin.shtml>

La Familia y el Derecho

<http://www.monografias.com/trabajos12/lafami/lafami.shtml>

Trabajo Publicados de Historia y Filosofía

Entender el Mundo de Hoy por Ricardo Yépez Stork

<http://www.monografias.com/trabajos12/entenmun/entenmun.shtml>

El Poder de la Autoestima

<http://www.monografias.com/trabajos12/elpoderde/elpoderde.shtml>

México de 1928 a 1934

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmentre/hmentre.shtml>

Etapa de la Independencia de México

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmetapas/hmetapas.shtml>

Gracias Vicente Fox por la Dedocracia ¡!!!

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmelecc/hmelecc.shtml>

El Perfil del hombre y la Cultura en México

<http://www.monografias.com/trabajos12/perfhom/perfhom.shtml>

Las religiones y la moral

<http://www.monografias.com/trabajos12/mortest/mortest.shtml>

Moral - Salvifichi Doloris

<http://www.monografias.com/trabajos12/morsalvi/morsalvi.shtml>

El gobierno del general Manuel González

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmanuel/hmmanuel.shtml>

José López Portillo

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmlopez/hmlopez.shtml>

Museo de las Culturas

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmuseo/hmmuseo.shtml>

Hombre y el Robot: A la búsqueda de la armonía

<http://www.monografias.com/trabajos12/hommaq/hommaq.shtml>

Historia de México - Las Leyes de Reforma

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmleyes/hmleyes.shtml>

Historia de México - Inquisición en la Nueva España

<http://www.monografias.com/trabajos12/hminqui/hminqui.shtml>

Historia de México - La Intervención Francesa

<http://www.monografias.com/trabajos12/hminterv/hminterv.shtml>

Historia de México - Primer Gobierno Centralista

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmprimer/hmprimer.shtml>

Historia de México - El Maximato

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmaximt/hmmaximt.shtml>

Historia de México - La Guerra con los Estados Unidos

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmguerra/hmguerra.shtml>

México: ¿Adoptando Nueva Cultura?

<http://www.monografias.com/trabajos12/nucul/nucul.shtml>

Ranma Manga (Solo en Ingles)

<http://www.monografias.com/trabajos12/ranma/ranma.shtml>

Fraude del Siglo

<http://www.monografias.com/trabajos12/frasi/frasi.shtml>

Jean Michelle Basquiat

<http://www.monografias.com/trabajos12/bbasquiat/bbasquiat.shtml>

El Sentido del Humor en la Educación

<http://www.monografias.com/trabajos12/filyepes/filyepes.shtml>

La enseñanza de la Ingeniería frente a la Privatización

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedense/pedense.shtml>

Proceso del aprendizaje

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedalpro/pedalpro.shtml>

Giovanni Sartori, Homo videns

<http://www.monografias.com/trabajos12/pdaspec/pdaspec.shtml>

La vida: Las cosas se conocen por sus operaciones

<http://www.monografias.com/trabajos12/lavida/lavida.shtml>

¿Qué es la Filosofía?

<http://www.monografias.com/trabajos12/quefilo/quefilo.shtml>

Conocimiento sensible

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedyantr/pedyantr.shtml>

Comparación de autores y escuelas

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedidact/pedidact.shtml>

Filosofía de la educación

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedfilo/pedfilo.shtml>

Análisis de la Psicopatología de la memoria

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedpsic/pedpsic.shtml>

Empresa y familia

<http://www.monografias.com/trabajos12/teoempres/teoempres.shtml>

Antropología filosófica

<http://www.monografias.com/trabajos12/wantrop/wantrop.shtml>

Definición de Filosofía

<http://www.monografias.com/trabajos12/wfiloso/wfiloso.shtml>

Recensión del Libro Didáctica Magna

<http://www.monografias.com/trabajos12/wpedag/wpedag.shtml>

El hombre ante los problemas y límites de la Ciencia

<http://www.monografias.com/trabajos12/quienes/quienes.shtml>

Recensión del libro Froebel. La educación del hombre

<http://www.monografias.com/trabajos12/introped/introped.shtml>

Antropología Filosófica

<http://www.monografias.com/trabajos12/antrofil/antrofil.shtml>

Memoria técnica de cálculo

<http://www.monografias.com/trabajos12/electil/electil.shtml>

Memoria de cálculo

<http://www.monografias.com/trabajos12/elplane/elplane.shtml>

DATOS ACERCA DEL AUTOR:

Autor: Ing. Iván Escalona

Ingeniería Industrial

UPIICSA – IPN

e-mail: la_polla_records_emi@yahoo.com.mx

resnick_halliday@yahoo.com.mx

Nota: Si deseas agregar un comentario o si tienes alguna duda o queja sobre algún(os) trabajo(s) publicado(s) en monografías.com, puedes escribirme a los correos que se indican, indicándome que trabajo fue el que revisaste escribiendo el título del trabajo(s), también de donde eres y a que te dedicas (si estudias, o trabajas) Siendo específico, también la edad, si no los indicas en el mail, borraré el correo y no podré ayudarte, gracias.

Estudios de Preparatoria: Centro Escolar Atoyac (Incorporado a la U.N.A.M.)

Estudios Universitarios: Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA) del Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.)

www.upiicsa.ipn.mx

Ciudad de Origen: México.