



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

TRABAJO POR ESCRITO QUE

PRESENTA:

Edgar Gerardo Soriano Guerrero

TEMA DEL TRABAJO:

"PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN ULTRASONICA POR MEDIO  
DE HAZ RECTO PARA RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN EN LA  
COMPAÑIA COSBEL"

EN LA MODALIDAD DE " INFORME DEL EJERCICIO PROFECIONAL"

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
(AREA: INGENIERIA MECANICA)

ASESOR: ING. LUIS LORENZO JIMÉNEZ GARCÍA



FES Aragón

MEXICO

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A mis padres:**

**Francisco Soriano Romero y Lourdes Violeta Guerrero Morales.**

Les agradezco el haberme dado su cariño y amor, el hacer de mi una buena persona y tener respeto a los demás, hoy en día comprendo todo lo que dijeron durante mi vida adolescente y doy gracias a Dios haberlos comprendido, les doy las gracias de haber estado en los momentos alegres y en los malos, han sido y serán una parte muy importante de mi vida y tienen un lugar muy especial en mi corazón, los amo.

**A mis hermanos:**

**Francisco y Lourdes.**

A ellos les digo que son lo más importante en la integración de la familia, son por lo cual siempre hemos estado juntos, mi mayor alegría que me han dado mis hermanos son mis sobrinos los cuales los quiero como hijos míos, no obstante siguen siendo unos latosos, pero de todo modos así son los niños.

**A mi amada esposa:**

**Alejandra.**

Te agradezco todo el apoyo que me has dado, con tu amor que me has dado, ha sido una bendición, no sabes como te amo, todo lo que hemos logrado ha sido por tu comprensión y cariño en los buenos y malos momentos te amo por como eres, siempre estaremos juntos hasta quedar como pasitas. P. D. te amo con el hipotalamo acuerdalo.

**A mis primos:**

**Carmen y Víctor.**

Les dedico estas líneas las cuales son de todo corazón, he pensado en todo lo que hemos pasado y créame que en mi vida son muy importantes los amo, siempre serán mis hermanos y estaré con ustedes, no duden, saben que estoy yo para escucharlos y apoyarlos.

**A un muy buen amigo:**

**Ing. Francisco Jimenez Salas**

Mi estimado paco, sin tu apoyo no sería posible la realización de este documento, te lo agradezco de corazón, gracias por la amistad que me has brindado.

**A mi asesor:**

**Ing. Luis Lorenzo Jimenez Garcia**

Le agradezco el haberme ayudado y dado las herramientas para culminar esta etapa de mi carrera profesional, así mismo la paciencia que me tuvo para la realización de este documento.

**A la Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Aragón:**

Por formarme en la persona que soy, darme a conocer lo valioso que es el conocimiento que nos otorga sus profesores, gracias.

## Índice

•	Introducción.....	2	
•	Objetivo .....	4	
•	Antecedentes históricos .....	5	
<b>CAPÍTULO 1.</b>			
El sistema productivo			
1.1	Distribución de planta.....	12	
1.2	Descripción general del proceso “Shampoo capolares”.....	13	
1.3	Diagrama de proceso “Shampoo Capilar”.....	14	
1.4	Recipientes sujetos a presión.....	15	
<b>CAPÍTULO 2.</b>			
Metodología de trabajo			
2.1	Factores para la selección de las pruebas no destructivas (P.N.D.).....	16	
2.2	Criterios para la determinación de falla de los materiales.....	16	
2.3	Responsabilidades.....	21	
2.4	Requisitos de personal.....	21	
2.5	Normas y Documentos de referencia.....	22	
2.6	Requisitos Generales.....	23	
2.7	Etapas y Áreas de Examen.....	26	
2.8	Desarrollo de la inspección.....	27	
2.9	Indicaciones Registrables.....	28	
2.10	Método de Evaluación.....	28	
2.11	Criterios de Aceptación.....	29	
2.12	Limpieza Posterior.....	29	
2.13	Reporte de Resultados.....	29	
<b>CAPÍTULO 3.</b>			
Análisis e Interpretación de Resultados.....			38
•	Conclusiones.....	45	
•	Anexos.....	46	
•	Bibliografía.....	62	

## INTRODUCCION

El propósito de este documento es dar a conocer las medidas de seguridad que se toman en la compañía Cosbel, S.A. de C.V., (Cosbel es una Filial de el grupo L'ORÉAL establecida en México desde hace 25 años), referente a las pruebas no destructivas por medio de ultrasonido industrial para la protección de sus equipos sujetos a presión.

Su Misión se comprende en mas 120 países alrededor del mundo, el crecimiento del grupo L'ORÉAL PARIS y su filiales esta establecido en una filosofía sencilla que es la de innovar y proveer a un gran número de consumidores con los mejores productos y el mejor precio. Una idea que se ha mantenido desde la fundación de la compañía.

La diversidad cultural es enorme la percepción de la belleza femenina varia de un país a otro, así como los rituales asociados a la cosmética y el cuidado persona, que suelen cambiar también con el paso del tiempo.

La actividad se basa en el respeto de esas diferencias y a la capacidad de responder a la diversidad personal de la marca y con la gran diversidad de productos.

Así mismo es una preocupación de Cosbel, una filial de grupo LÓRÉAL PARIS, el respecto a la seguridad, al medio ambiente y a la salud del personal. Son nuestras mayores preocupaciones que mejoramos continuamente a través del compromiso y apoyo de cada uno de los empleados.

La seguridad es, junto con la calidad y el costo, una de las más altas prioridades en las actividades productivas; por ello se proporciona los recursos necesarios para disminuir y controlar los riesgos, protegiendo así a las personas, bienes y el medio ambiente.

## OBJETIVO DE LA EMPRESA

El objetivo es producir sin accidentes, sin enfermedades del personal, contratista, proveedores, comunidad y otros que pudieran ser afectados por las operaciones, garantizando la protección del medio ambiente.

Es preocupación de Cosbel S.A. de C.V., el realizar con seguridad sus trabajos productivos al emplear recipientes sujetos a presión, por esta razón, se a dado a la tarea de realizar Pruebas no Destructivas (P.N.D.) a estos equipos, para constatar que los espesores y presiones son las correctas para seguir trabajando con seguridad y detectar a tiempo su envejecimiento y deterioro.

## Antecedentes Históricos

La posibilidad de utilizar las ondas ultrasónicas para realizar pruebas no destructivas fue reconocida en 1930 en Alemania por Mulhauser, Trost y Pohlma, y en Rusia por Sokoloff. Todos ellos investigaron varias técnicas empleando ondas continuas.

No se encontró un método práctico de inspección hasta que Firestone (EUA) inventó un aparato empleando haces de ondas ultrasónicas pulsadas para obtener reflexiones de defectos pequeños, conocido como “Reflectoscopio Supersónico” (Fig. No.1), que fue mejorado por el rápido crecimiento de la instrumentación electrónica. En el mismo periodo en Inglaterra, Sproule desarrolló equipos de inspección ultrasónica en forma independiente.



Figura No. 1: Reflectoscopio Supersónico de Firestone.

De la misma forma a que en la inspección radiográfica, al principio, los equipos fueron desarrollados para ser usados como herramientas de laboratorio y no como equipos de inspección (Fig.No. 2).



Figura No. 2: Realización de pruebas con un equipo Krautkrämer, 1950

Rápidamente se encontraron aplicaciones para la inspección por ultrasonido durante la producción de partes para la detección de problemas críticos de control de calidad. Entre las más importantes aplicaciones iniciales del método destaca la inspección para la detección de discontinuidades internas en forjas para rotores de motores utilizados en la industria aeronáutica (Fig.No.3). Al mismo tiempo se realizaron investigaciones fundamentales y de aplicaciones.



Figura No. 3: Ultrasonido industrial para fines de control de calidad

En 1939, los investigadores en el instituto británico del hierro y del acero decidían investigar la posibilidad de detectar las fallas en el acero usando la onda ultrasónica usando un aparato de Pohlman. En 1942, **Donald Sproule** adaptó con éxito el principio de eco-sonar a la detección de defectos en acero. Su aparato utilizó los transductores que transmitían y de recepciones separados.

En **la técnica de la reflexión**, una onda acústica pulsada se transmite a partir de un lado de la muestra, se refleja del lado lejano, y se vuelve a un receptor situado en el punto de partida. Sobre afectar a un defecto o a una fisura en el material, se refleja la señal y se altera su tiempo que viaje. El real se convierte en una medida de la localización del defecto; un mapa del material se puede generar para ilustrar la localización y la geometría de los defectos.

La investigación en el ultrasonido y la detección del metal-defecto en Japón fue acertada considerablemente cuando la Segunda Guerra Mundial se inició en 1941, en cuyo caso estadounidenses y los Alemanes investigaban sobre el ultrasonido y el desarrollo del radar. El estudio en técnicas de radar en Japón estaba también en desventaja. Al finalizar la guerra en 1945, la investigación en electrónica de alta potencia fue prohibida en Japón por un cierto tiempo.

Las empresas japonesas adquirieron la investigación de los Estados Unidos de América y de Inglaterra, y para que pronto desarrollaron sus propios detectores de fallas en la pruebas no

destructivas. Cerca de 1949, cuatro compañías japonesas comenzaron a fabricar sus propios detectores de fallas. Éstos eran: **Mitsubishi Electric Corporation**, **Japón Radio Company** (se convirtió más adelante **Aloka Company**), **el Shimadzu Manufacturing Company** y **Toyko Ultrasonic Company Industrial**. Solamente **Mitsubishi** continuó ampliándose en el campo de las pruebas no destructivas.

Otras aplicaciones importantes fueron: el desarrollo y empleo del medidor de espesores de resonancia por frecuencia modulada por Edwin. El mejoramiento de los sistemas de inspección por inmersión efectuado por Erdman; y, varias técnicas ultrasónicas de visualización o graficado de discontinuidades elaboradas y aplicadas por Sproule, Erdman, Wild, Reid, Howry, y otros.

El desarrollo reciente del método de inspección por ultrasonido esta relacionado, en primera instancia, con lo siguiente:

1. Alta velocidad en la aplicación de sistemas automatizados de inspección.
2. Una mejor presentación de los datos.
3. Interpretación simple de los resultados.
4. Análisis detallado de los fenómenos acústicos involucrados.

Durante este mismo periodo todo aquello relacionado directamente con la aplicación del método de inspección por ultrasonido ha contribuido para que llegue a ver utilizado en gran

escala en la industria metal-mecánica y en el establecimiento de procedimientos y normas, particularmente en la industria aérea, eléctrica y en el campo de la energía nuclear.

### **Aplicaciones.**

Ya que la inspección por ultrasonido se basa en un fenómeno mecánico, es adaptable para determinar la integridad estructural de los materiales de ingeniería.

Se utiliza en el control de calidad e inspección de materiales, en diferentes ramas de la industria. Sus principales aplicaciones consisten en:

- Detección y caracterización de discontinuidades;
- Medición de espesores, extensión y grado de corrosión;
- Determinación de características físicas, tales como: estructura metalúrgica, tamaño de grano y constantes elásticas;
- Definir características de enlaces (uniones);
- Evaluación de la influencia de variable de proceso en el material.

### **Ventajas.**

Las principales ventajas del modo de inspección por ultrasonido son:

- Un gran poder de penetración, lo que permite la inspección de grandes espesores.
- Gran sensibilidad, lo que permite la detección de discontinuidades extremadamente pequeñas.
- Gran exactitud al determinar la posición, estimar el tamaño, caracterizar orientación y forma de las discontinuidades.
- Se necesita una sola superficie de acceso.
- La interpretación de los resultados es inmediata.
- No existe peligro o riesgo en la operación de los equipos.
- Los equipos son portátiles.
- Su aplicación no afecta en operaciones posteriores, y
- Los equipos actuales proporcionan la capacidad de almacenar información en memoria física, la cual puede ser procesada digitalmente por una computadora.

### **Limitaciones**

Las limitaciones del método de inspección por ultrasonido incluyen las siguientes actividades:

- La operación del equipo y la interpretación de los resultados requiere técnicos experimentados.
- Se requiere gran conocimiento técnico para el desarrollo de los procedimientos de inspección.
- La inspección se torna difícil en superficies rugosas o partes de forma irregular, en piezas pequeñas o muy delgadas.

- Discontinuidades sub-superficiales pueden no ser detectadas.
- Es necesario el uso de un material acoplante, y
- Son necesarios patrones de referencia, para la calibración del equipo y caracterización de discontinuidades.

## CAPÍTULO 1. El sistema productivo.

### 1.1 Distribución de planta

A continuación se presenta la distribución del sistema productivo para el proceso de fabricación.

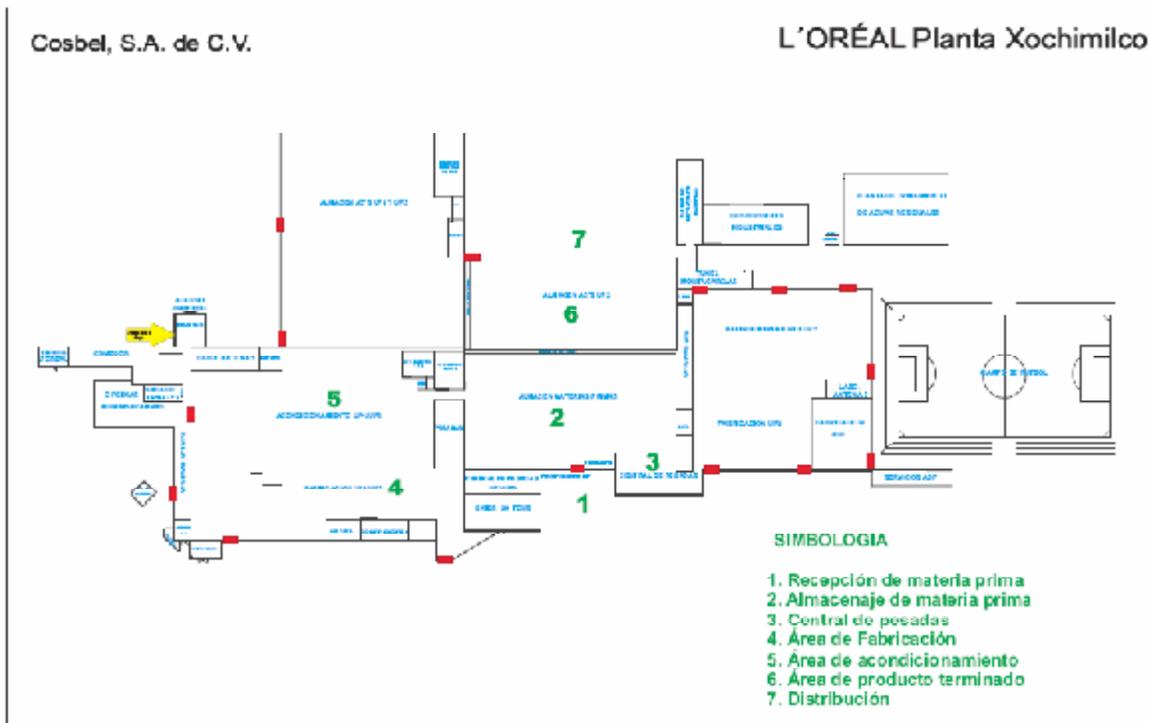


Figura No. 4: Distribución de planta

La distribución de planta se encuentra de la siguiente manera:

1. Recepción de materia prima.
2. Almacenaje de materia prima.
3. Central de pesadas.
4. Área de fabricación.
5. Área de acondicionamiento.
6. Área de producto terminado.
7. Distribución.

## 1.2 Descripción general del proceso “ SHAMPOOS CAPILARES “

En esta parte del trabajo se presenta la secuencia de operación del proceso:

- 1).- Fusión fase grasas a 80°C a 2.06 kg/cm<sup>2</sup> de presión.
- 2).- Solución tensoactivos a 80°C a 2.06 kg/cm<sup>2</sup> de presión.
- 3).- Emulsión ( 1 + 2 ) a una temperatura a 80°C a 2.06 kg/cm<sup>2</sup> de presión.
- 4).- Agregado secuestrante + conservador.
- 5).- Enfriamiento.
- 6).- Agregado secuestrante + conservador.
- 7).- Agregado de perfume + tensoactivos.
- 8).- Agregado resto del agua.
- 9).- Agregado de color.
- 10).-Ajuste P.H. y viscosidad.
- 11).-Toma de Muestra para inspección de control de calidad.
- 12).-Transferencia a los tanques de almacenamiento.
- 13).-Acondicionado.
- 14).-Toma de muestra para la inspección de control de calidad.
- 15).-Transferencia de almacén de producto terminado.
- 16).-Distribución al mercado.

1.3 Diagrama de proceso “Shampoo capilar”

Es muy importante por medio del diagrama de proceso el comprender el trabajo como un proceso y a identificar en que parte del proceso pueda estar el problema, y así poder llevar a cabo la elaboración del shampoo capilar.

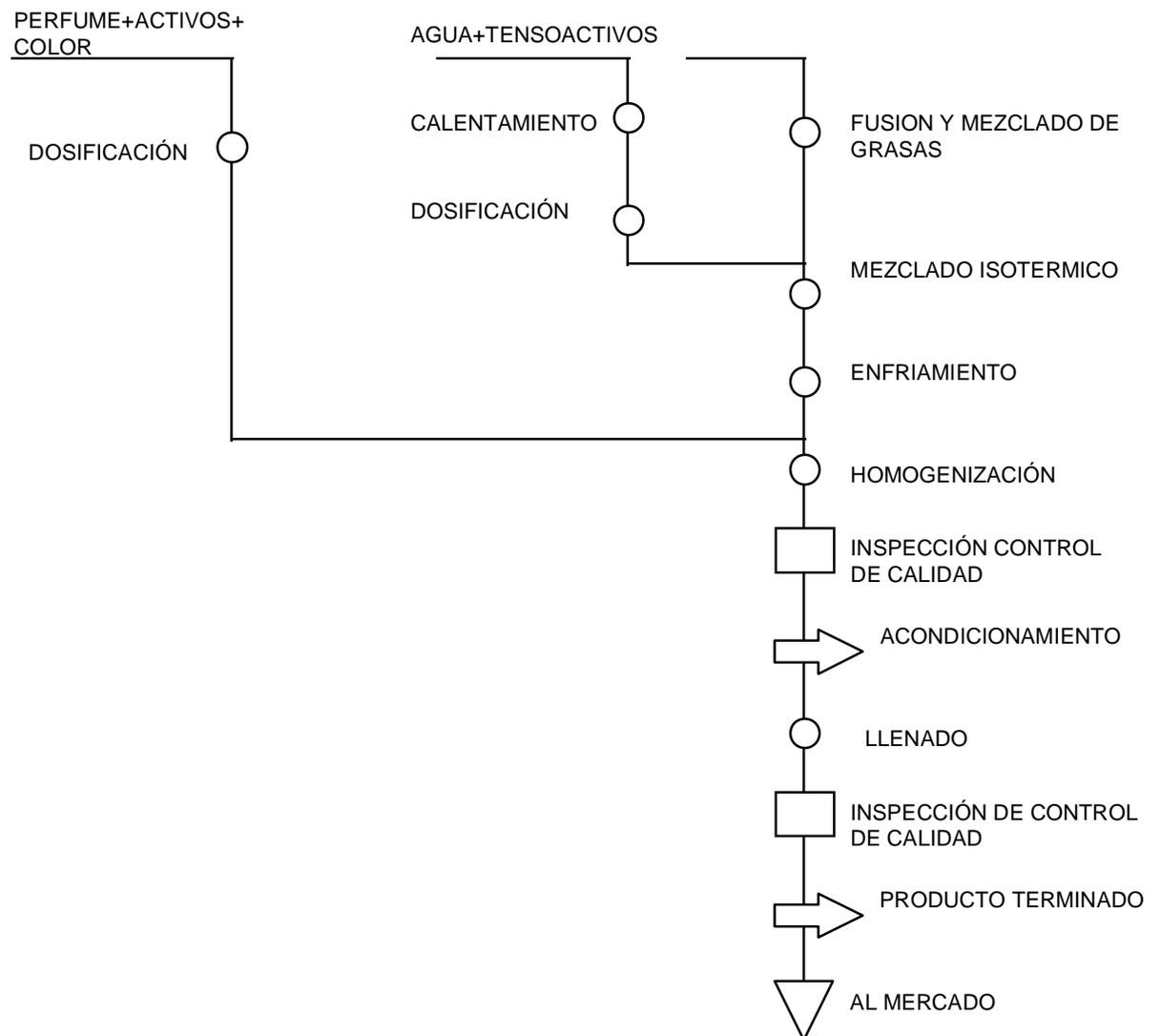


Figura No. 5: Diagrama de proceso.

#### 1.4 Recipientes sujetos a presión.

- 1) En los procesos de fabricación y acondicionamiento del producto, existen presiones comprendidas desde  $0.5 \text{ Kg/cm}^2$  hasta  $7 \text{ Kg/cm}^2$  y temperaturas elevadas desde los  $60^\circ\text{C}$  hasta los  $80^\circ\text{C}$  las cuales si no son controladas pueden generar accidentes. Es preocupación de Cosbel S.A. de C.V., el realizar con seguridad sus trabajos productivos al emplear recipientes sujetos a presión, por esta razón, se a dado a la tarea de realizar Pruebas no Destructivas (P.N.D.) a estos equipos, para constatar que los espesores y presiones son las correctas para seguir trabajando con seguridad y detectar a tiempo su envejecimiento y deterioro.

## **CAPÍTULO 2. Metodología de trabajo**

Establecer los parámetros necesarios para la inspección ultrasónica por la técnica de pulso eco a recipiente sujeto a presión y realizar un comparativo con la memoria de cálculo del fabricante y determinar con un análisis, el espesor requerido por medio de las presiones de operación y determinar las presiones máximas permitidas por el recipiente basado en la toma de los espesores por medio de la técnica de pulso eco de haz recto.

### **2.1 Factores para la selección de las Pruebas no Destructivas (P.N.D.)**

Es necesario considerar una serie de factores básicos en la selección de las Pruebas no Destructivas (P.N.D.) las cuales son:

- Tipos de discontinuidades a detectar.
- Tamaño, orientación y ubicación de las discontinuidades a detectar.
- Tamaño y forma del objeto a inspeccionar, y
- Características del material a ser inspeccionado.

### **2.2 Criterios para la determinación de falla de materiales**

Debemos aclarar la diferencia entre productos, de acuerdo con sus aplicaciones:

Algunos productos son usados únicamente como decorativos, o tiene requisitos de resistencia a esfuerzos tan bajos que son normalmente sobre diseñados, estos materiales pueden requerir la inspección solamente para asegurar que mantienen su calidad de fabricación, como el color y acabado.

Los productos o materiales que necesitan pruebas y evaluación cuidadosa son aquellos utilizados para aplicaciones en las cuales deben soportar cargas, bajo estas condiciones la falla (Artículo de interés que no puede ser utilizado) puede involucrar: sacar operación y desechar el producto, reparaciones costosas, dañar otros productos y la pérdida de la vida humana.

Existen dos tipos generales de falla: una es fácil de reconocer y corresponde a la fractura o separación en dos o mas partes; la segunda es menos fácil de reconocer y corresponde a la deformación permanente o cambio de forma y/o posición.

Es de gran importancia conocer el tipo de falla que pueda esperarse, para saber.

- ¿Para que se realiza la inspección?
- ¿Qué método de inspección se debe utilizar?
- ¿Cómo se inspeccionará?
- ¿Cómo se elimina la falla?, y
- ¿Cómo se reduce el riesgo de falla?

Si esperamos prevenir la falla por medio del uso de pruebas no destructivas, deben ser seleccionadas, aplicadas e interpretadas con cuidado y basándose en el conocimiento válido de los mecanismos de falla y sus causas. El conocimiento de materiales y sus propiedades es muy importante para cualquier persona involucrada con las pruebas no destructivas. El propósito del diseño y aplicación de las pruebas debe ser el control efectivo de los materiales y productos, con el fin de satisfacer un servicio sin que se presente la falla prematura o un daño.

La fuente de la falla puede ser:

- Una discontinuidad.
- Un material químicamente incorrecto, o
- Un material tratado de tal forma que sus propiedades no son adecuadas para el trabajo que va a desempeñar.

La detección de discontinuidades es considerada, normalmente, como el aspecto más importante para la aplicación de las pruebas no destructivas, la mayoría de las pruebas están diseñadas para permitir la detección de algún tipo de discontinuidad interior o exterior o la medición de algunas características de un solo material o grupos de materiales.

## **Discontinuidad**

Cualquier interrupción o variación local de la continuidad o configuración física normal de un material.

Se considera discontinuidad a: cualquier cambio en la geometría del recipiente, deformación, fisura, composición, estructura o propiedades. Otras discontinuidades son inherentes en el material por su composición química o su estructura. Estas discontinuidades pueden variar ampliamente en tamaño, distribución e intensidad, dependiendo del material, el tratamiento térmico, proceso de fabricación y el medio ambiente en el que están expuestos los equipos.

En general, existen dos clasificaciones de discontinuidades:

1. Por su forma.
  - Volumétricas. (Descritas porque tienen tres dimensiones o volumen).
  - Planares. (Descritas porque son delgadas en una dimensión y grandes en las otras dos dimensiones)
  
2. Por su ubicación.
  - Superficiales. (Descritas porque se encuentran abiertas a la superficie).
  - Internas. (Descritas por qué no interceptan la superficie).

Otras clasificaciones de discontinuidades:

- Relevantes. Son aquellas que por alguna de sus características (dimensiones, forma, etc.).
- No relevantes. Son aquellas que por alguna de sus características se interpretan pero no se evalúan, y que deberían ser registradas.
- Lineales. Son aquellas con una longitud mayor que tres veces su ancho.
- Redondas. Son aquellas de forma elíptica o circular que tienen una longitud igual o menor que tres veces su ancho.

### **Defecto**

Es una discontinuidad que excede los criterios de aceptación establecidos, o que podría generar que el material o equipo falle cuando sea puesto en servicios o durante su funcionamiento.

### **Indicación**

Es la respuesta que se obtiene al aplicar algún método de pruebas no destructivas, que requiere ser interpretada para determinar su significado.

Se clasifica en tres tipos:

- Indicaciones falsas: Se producen por una aplicación incorrecta de la prueba.

- Indicaciones no relevantes: Producidas por el acabado superficial a la configuración del material.
- Indicaciones verdaderas: Producidas por discontinuidades.

Al aplicar una prueba no destructiva los técnicos observan indicaciones, por lo que deben determinar cuales son producidas por discontinuidades.

### **2.3 RESPONSABILIDADES**

Es responsabilidad del técnico de la compañía que sea nivel II o nivel III, realizar las inspecciones, interpretar, evaluar y reportar los resultados de las inspecciones de acuerdo a los requisitos de este procedimiento.

### **2.4 REQUISITOS DE PERSONAL**

El personal que realice las inspecciones debe estar calificado y certificado de acuerdo a los Procedimientos de Capacitación, Calificación y Certificación del personal de la compañía.

El personal que realice las inspecciones, intérprete, evalúe y elabore el reporte de resultados de las inspecciones debe estar calificado y certificado como nivel II o III en el método de inspección por ultrasonido.

Para aplicar las pruebas no destructivas se requiere:

- La calificación del personal que realiza la inspección. Se considera que el éxito de cualquier prueba no destructiva es afectado: principalmente por el personal que realiza, interpreta y/o evalúa los resultados de la inspección. Los técnicos que ejecutan las Pruebas No Destructivas (P.N.D.) deben estar calificados y certificados.
- La administración del proceso de calificación y del personal para asegurar resultados consistentes. Actualmente existen dos programas aceptados a escala internacional para la calificación y certificación del personal que realiza Pruebas No Destructivas (P.N.D.), además de uno nacional. Estos programas son:
  - La Practica Recomendada SNT-TC-1A, editada por A.S.N.T., (ver anexos)
  - La Norma DP-ISO-9712, editada por ISO, y
  - La Norma Mexicana NOM-B482.

### **Calificación**

Es el cumplimiento documentado de requisitos de: escolaridad, entrenamiento, experiencia y exámenes (teóricos, prácticos y físicos), establecidos en un programa escrito procedimiento interno de la empresa, de acuerdo a SNT-TC-1A o norma nacional, de acuerdo con ISO-9712, (ver anexos).

## **2.5 NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

Este documento se apega al siguiente documento

ASTM A 435 Ed. 1990 Standard Specification for Straight Beam Ultrasonic Examination (ASTM A 435 Ed. 1990 especificación normalizada para el examen ultrasónico con haz recto).

Recommended practice SNT-TC-1A, Edición Diciembre 1992.

## 2.6 REQUISITOS GENERALES

### Equipo y accesorios.

**Instrumento ultrasónico.** Se empleará un medidor de espesores ultrasónico de tipo pulso eco. (Fig. No. 6)



Figura No. 6: Instrumento ultrasónico.

**Calibración de instrumentos ultrasónicos.** Los instrumentos ultrasónicos se deben verificar y evaluar, en su funcionamiento anualmente de acuerdo a los procedimientos de la compañía.

**Frecuencia.** El medidor de espesores ultrasónico debe ser capaz de generar frecuencias sobre un rango de al menos 5 MHz. Se pueden utilizar instrumentos que operen a otras frecuencias si la sensibilidad es igual o mejor y es demostrado o documentado.

**Verificación y calibración del equipo.** El equipo para realizar la inspección debe calibrarse y verificarse en el lugar donde será hecha la inspección, al principio y al final de cada inspección, cuando se cambia al personal y en cualquier momento que se sospeche un mal funcionamiento. Si durante cualquier verificación se determina que el equipo de prueba no está funcionando adecuadamente, todas las inspecciones realizadas desde la última calibración válida del equipo deben volver a inspeccionarse.

**Palpadores.** Se utilizarán palpadores de haz recto, con elementos transductores con diámetros de 1" a 1 1/8" cuadradas (25 a 30 mm<sup>2</sup>), o 1" cuadradas (25 mm). Sin embargo, cualquier transductor que tenga un área activa 0.7" cuadradas (450mm<sup>2</sup>) puede ser utilizado. Otros palpadores podrán ser usados para evaluar y delimitar las zonas con discontinuidades. (Fig. No. 7)



Figura No. 7: Palpadores.

**Acoplante.** Se puede emplear ya sea agua, aceite, goma de celulosa o vaselina como acoplante. Se debe emplear el mismo acoplante para la calibración y la inspección. La selección del acoplante será de acuerdo al acabado superficial, posición u orientación de la superficie, a la temperatura de la superficie del material a inspeccionar o a posibles reacciones químicas del acoplante con el material.

**Calibración.** El sistema de inspección debe ser calibrado en el lugar donde se va a efectuar la inspección y utilizando como referencia una sección de la misma placa a inspeccionar que esté libre de indicaciones de discontinuidades.

Las inspecciones deben realizarse por el método de contacto directo.

La Figura No. 8 muestra un arreglo del método de contacto directo y como se presenta la pantalla del instrumento ultrasónico.

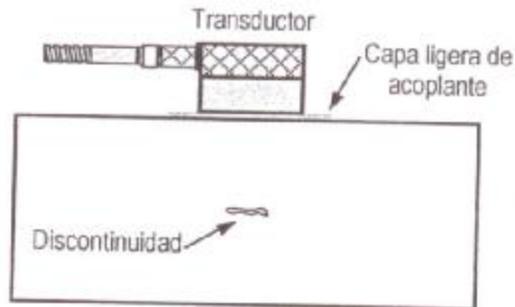


Figura No. 8: Método de contacto directo.

## 2.7 ETAPAS Y ÁREAS DE EXAMEN.

La inspección ultrasónica por la técnica pulso eco y con haz recto de placas de acero roladas se llevará a cabo al menos 2 veces al año.

Se deberá realizar la localización y marcaje de las líneas de barrido de la siguiente forma:

Trazar un cuadrículado con líneas continuas y perpendiculares con una separación entre líneas.

Las líneas de barrido deben ser medidas desde el centro de la placa o desde una de las esquinas.

## 2.8 DESARROLLO DE LA INSPECCIÓN.

### Preparación de las superficies.

Toda la superficie de cada placa a inspeccionar debe estar lo suficientemente limpia y con un acabado superficial adecuado para mantener la reflexión de pared posterior de referencia.



Figura No. 9: Preparación de la superficie.

Se deberá eliminar cualquier material extraño que pudiera interferir con la inspección tal como grasa de inspecciones anteriores, suciedad, grumos de pintura, grumos de soldadura, aceite, cáscara de tratamiento térmico, etc.

Cuando sea necesario se utilizarán medios mecánicos adecuados para la eliminación de contaminantes de la superficie. Medios mecánicos tales como esmerilado, limpieza con chorro de granalla, etc.

### **Calibración del instrumento ultrasónico.**

La calibración o ajuste del instrumento ultrasónico debe realizarse de acuerdo con lo siguiente:

Calibrar de acuerdo al patrón de 5 mm.

Obtener la reflexión de pared con la exactitud de 4.9 mm.

### **Inspección.**

Se debe realizar un barrido continuo sobre las líneas del cuadrículado indicado anteriormente (ETAPAS Y ÁREAS DE EXAMEN).

### **2.9 INDICACIONES REGISTRABLES.**

Se debe registrar y reportar toda indicación de discontinuidad que tenga una amplitud igual o mayor al 20% de espesor de pared del recipiente inspeccionado.

### **2.10 MÉTODO DE EVALUACIÓN.**

Mover el palpador mas allá del centro de la discontinuidad hasta que la altura de la reflexión de pared posterior y la reflexión de la discontinuidad sean iguales.

Marca sobre la placa un punto en sitio equivalente al centro del palpador. Repetir la operación anterior hasta obtener el número de puntos necesarios que delimiten el contorno o bordes de la discontinuidad.

### **2.11 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.**

Es inaceptable: cualquier indicación de discontinuidad que cause una pérdida total de la reflexión de pared posterior en un área que no pueda ser contenida dentro de un círculo con un diámetro de 3" (75mm) o la mitad del espesor de la placa, lo que sea mayor.

### **2.12 LIMPIEZA POSTERIOR.**

Cuando se requiera o cuando se ocasionen problemas con algún proceso subsiguiente, la superficie total de cada placa debe limpiarse para eliminar los residuos de acoplante utilizado en la inspección, esto puede hacerse realizando un lavado con agua y detergente, con vapor desengrasante, con solventes, Etc.

### **2.13 REPORTE DE RESULTADOS**

Una vez obtenido los espesores del recipiente sujeto a presión, se continúa a evaluar la memoria de cálculo del fabricante del equipo, vemos los espesores de diseño, estos se muestran en las Figuras No. 10,11,12,13,14,15,16, continuando con el llenado de los formatos de calibración de espesores en los cuales se indica en donde fueron

tomadas las mediciones como se muestran en la Figuras No.17, 18, 19, posteriormente se realiza una segunda memoria de cálculo basada en los espesores obtenidos, se llega a la evaluación de las presiones máximas permisibles del recipiente como se muestran en las Figuras No. 20 y 21, para determinar si los espesores detectados son los adecuados para la presión de diseño y la presión de trabajo indicadas por el fabricante del equipo.

Se realizara el análisis basado en la memoria de cálculo original del recipiente y la realización de la toma de las muestras de los espesores realizando posteriormente el comparativo con una memoria de cálculo basada en los espesores obtenidos del recipiente todo esto realizado en la compañía Cosbel.

TAG: TQ. ALM. 1		EXP: M/2/01	
<b>EQUIPO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>			
NUMERO DE CONSTRUCCION:	---	NAT'L BOARD:	---
MARCA:	INDUSTRIE PROMINOX	FACTOR DE CORROSION:	0
NUMERO DE SERIE:	30293	FACTOR DE SEGURIDAD:	4
CAPACIDAD (LITROS):	23190,29	EFICIENCIA DE JUNTAS (%) = E =	0,8
AÑO DE FABRICACION:	2000	(SOLDADURA ELECTRICA), 1W-17	
TEMP. DE OPERACION (GRADOS C):	110	MATERIAL DE CONSTRUCCION:	SA-240-316
TEMP. DE DISEÑO (GRADOS C):	220	ESF. MAX. PERM. (Kg/cm <sup>2</sup> ) = S =	1294
PRES. DE OPERACION (Kg/cm <sup>2</sup> ):	2,06	ESPEORES USADOS: CUERPO=	6,00
PRES. DE DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> ):	2,37	( mm ) TAPA ELIPTICA=	6,00
		( mm ) TAPA CONICA =	6,00
<b>CALCULOS POR CODIGO ASME, SECCION VIII, DIVISION I</b>			
<b>SUPERFICIE EXPUESTA A PRESION TANQUE</b>			
<b>CUERPO = 3,1416 x D x L</b>			
	= 3,1416 x	2,800	x 3,17 = 27,885
<b>TAP. SEMIEL = ( 3,1416 / 4 ) x [ D x X + ( 4 x h ^ 2 ) ]</b>			
	= 1,5708 x [	2,800	^ 2 + ( 4 x 0,6 ^ 2 ) ] = 14,577
<b>TAP. CONICA = 1,5708 x S ( D + d )</b>			
	= 1,5708 x	0,86	x ( 2,800 + 0,07 ) = 3,877
<b>46,339 mm<sup>2</sup></b>			
<b>CUERPO, POR PRESION INTERNA PARTE UG-27</b>			
<b>ESP = t1 = <math>\frac{P R}{S E - 0,6 P}</math></b>		<b>P max Per = P1 = <math>\frac{S E t}{R + 0,6 t}</math></b>	
t1 =	$\frac{2,37}{1294} \times \frac{1400}{0,8 - ( 0,6 \times 2,37 )}$		
	= 3,20 mm		mm

Figura No. 10: Memoria de cálculo del fabricante.

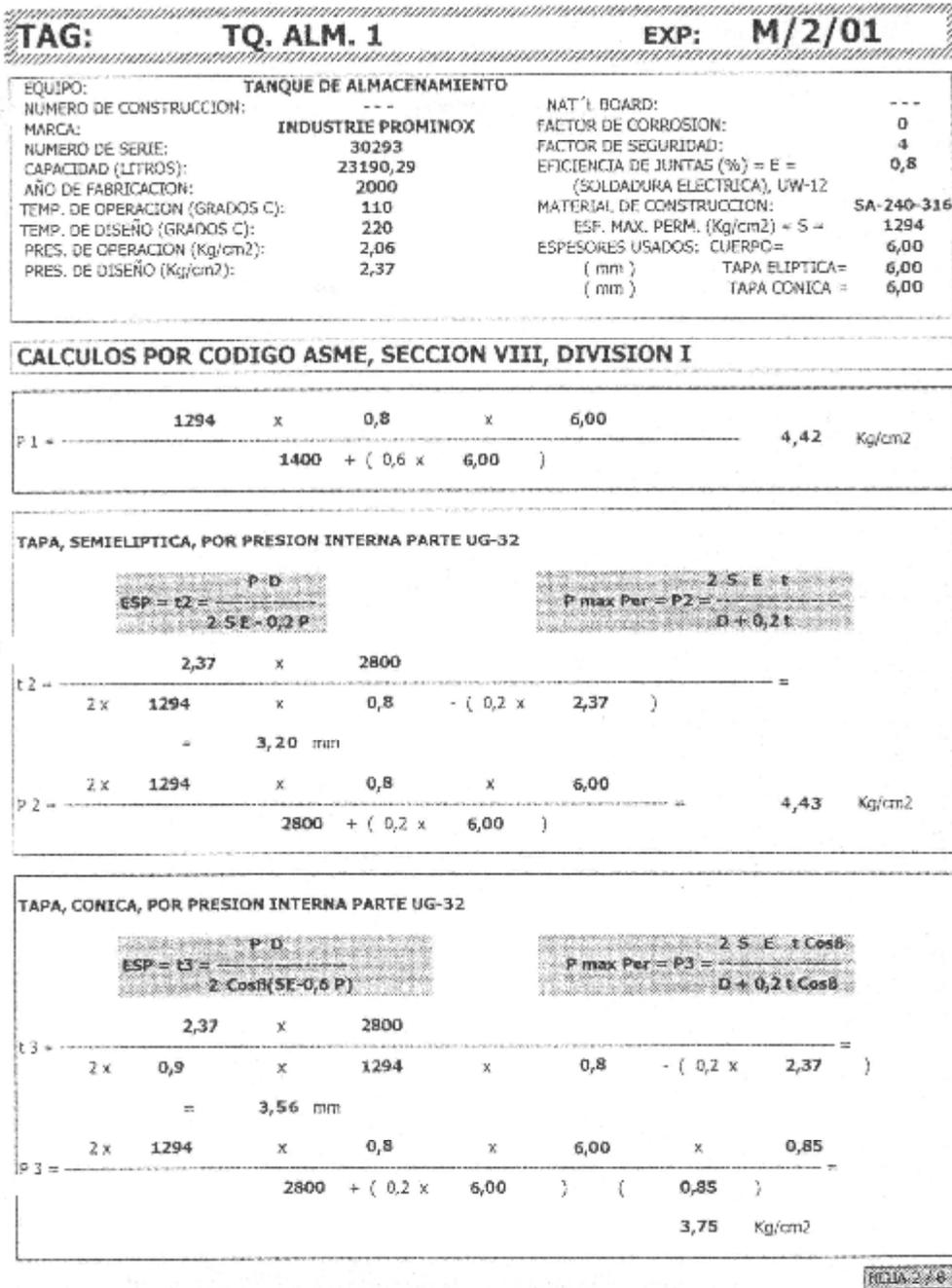


Figura No. 11: Memoria de cálculo del fabricante.

**TAG: TQ. ALM. 1 EXP: M/2/01**

EQUIPO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
NUMERO DE CONSTRUCCION:	---	NAT'L BOARD:	---
MARCA:	<b>INDUSTRIE PROMINOX</b>	FACTOR DE CORROSION:	<b>0</b>
NUMERO DE SERIE:	<b>30293</b>	FACTOR DE SEGURIDAD:	<b>4</b>
CAPACIDAD (LITROS):	<b>23190,29</b>	EFICIENCIA DE JUNTAS (%) = E =	<b>0,8</b>
AÑO DE FABRICACION:	<b>2000</b>	(SOLDADURA ELECTRICA), UW-12	
TEMP. DE OPERACION (GRADOS C):	<b>110</b>	MATERIAL DE CONSTRUCCION:	<b>SA-240-316</b>
TEMP. DE DISEÑO (GRADOS C):	<b>220</b>	ESF. MAX. PERM. (Kg/cm2) = S =	<b>1294</b>
PRES. DE OPERACION (Kg/cm2):	<b>2,06</b>	ESFESORES USADOS: CUERPO=	<b>6,00</b>
PRES. DE DISEÑO (Kg/cm2):	<b>2,37</b>	( mm ) TAPA ELIPTICA=	<b>6,00</b>
		( mm ) TAPA CONICA =	<b>6,00</b>

**CALCULOS POR CODIGO ASME, SECCION VIII, DIVISION I**

CALCULO DEL VOLUMEN REAL							
Vit = VOLUMEN CUERPO TANQUE	=	0,785 x	<b>2,800</b>	<sup>^ 2</sup> x	<b>3,170</b>	-	<b>19,509</b> m <sup>3</sup>
Vit = VOL TAPA ELIPTICA	=	3,1416 x	<b>2,800</b>	<sup>^ 3</sup> /	<b>36</b>	=	<b>1,9157</b> m <sup>3</sup>
Vit = VOL TAPA CONICA	=	3,1416 x	<b>1,960</b>	x	<b>0,860</b>	/ 3 =	<b>1,7652</b> m <sup>3</sup>
VTT = VOLUMEN TOTAL TANQUE							<b>23,1903</b> m <sup>3</sup>
							<b>23190,29</b> litros

HORA 3:78

Figura No. 12: Memoria de cálculo del fabricante.

<b>TAG:</b>	<b>TQ. ALM. 1</b>	<b>EXP:</b>	<b>M/2/01</b>
<b>QUIPO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>			
NUMERO DE CONSTRUCCION:	---	NAT'L BOARD:	---
MARCA:	INDUSTRIE PROMINOX	FACTOR DE CORROSION:	0
NUMERO DE SERIE:	30293	FACTOR DE SEGURIDAD:	4
CAPACIDAD (LITROS):	23190,29	EFICIENCIA DE JUNTAS (%) = E =	0,8
AÑO DE FABRICACION:	2000	(SOLDADURA ELECTRICA), UW-12	
TEMP. DE OPERACION (GRADOS C):	110	MATERIAL DE CONSTRUCCION:	SA-240-316
TEMP. DE DISEÑO (GRADOS C):	220	ESF. MAX. PERM. (Kg/cm <sup>2</sup> ) = S =	1294
PRES. DE OPERACION (Kg/cm <sup>2</sup> ):	2,06	ESPESORES USADOS: CUERPO=	6,00
PRES. DE DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> ):	2,37	( mm ) TAPA ELIPTICA=	6,00
		( mm ) TAPA CONICA =	6,00

**CALCULOS POR CODIGO ASME, SECCION VIII, DIVISION I**

<b>CALCULO DEL DISPOSITIVO DE SEGURIDAD</b>			
<b>- CALCULO DEL DISPOSITIVO DE SEGURIDAD TANQUE</b>			
Ws =	CARGA DE DESFOGUE		700 Kg / hr
K =	COEFICIENTE DE DESCARGA		0,960
P =	PRESTON DE DESCARGA ( PC * 1.1 + 1.033 )		3,53 Kg/cm <sup>2</sup>
A =	AREA DE DESCARGA ( Ws / 51.5 K P )		4,02 cm <sup>2</sup>
D =	DIAMETRO DEL DISPOSITIVO ( ( A / 0.785 ) ^ 0.5 )		22,62 mm
	( ( 4,02 / 0,785 ) ^ 0.5 ) =	2,262 cm	
	SE USA 1 VALVULA,	DIAMETRO REAL	30 mm
	CALIBRADO A		2,3 Kg/cm <sup>2</sup>

PRUEBA HIDROSTAT., TQ PARTE UG-99 PH = 1,5 x P = 1,5 x 2,37 = 3,55 Kg/cm<sup>2</sup>

TABLA DE BOQUILLAS			
MARCA	CONCEPTO	CALIB./RANGO	DIAMETRO
		(Kg/cm <sup>2</sup> )	(mm)
A	VALVULA DE SEGURIDAD	@ 2,27	30
B	MANOMETRO	(-1-0-3) BAR	---
C	SALIDA PARA A		30
D	SALIDA PARA B		
E	USO FUTURO		50
F	VENTEO		40
G	REGISTRO HOMBRE CON MIRILLA		400
H I	INSTRUMENTACION		50
J	FILTRO		50
K	LUZ		150
L	ENTRADA		50
M	USO FUTURO		300
N	ENTRADA		50
O	AGITADOR		
P	INSTRUMENTACION		20
Q	SALIDA		70
R	SOPORTES PARA BASCULA (3)		

HOJA 1/3

Figura No. 13: Memoria de cálculo del fabricante.

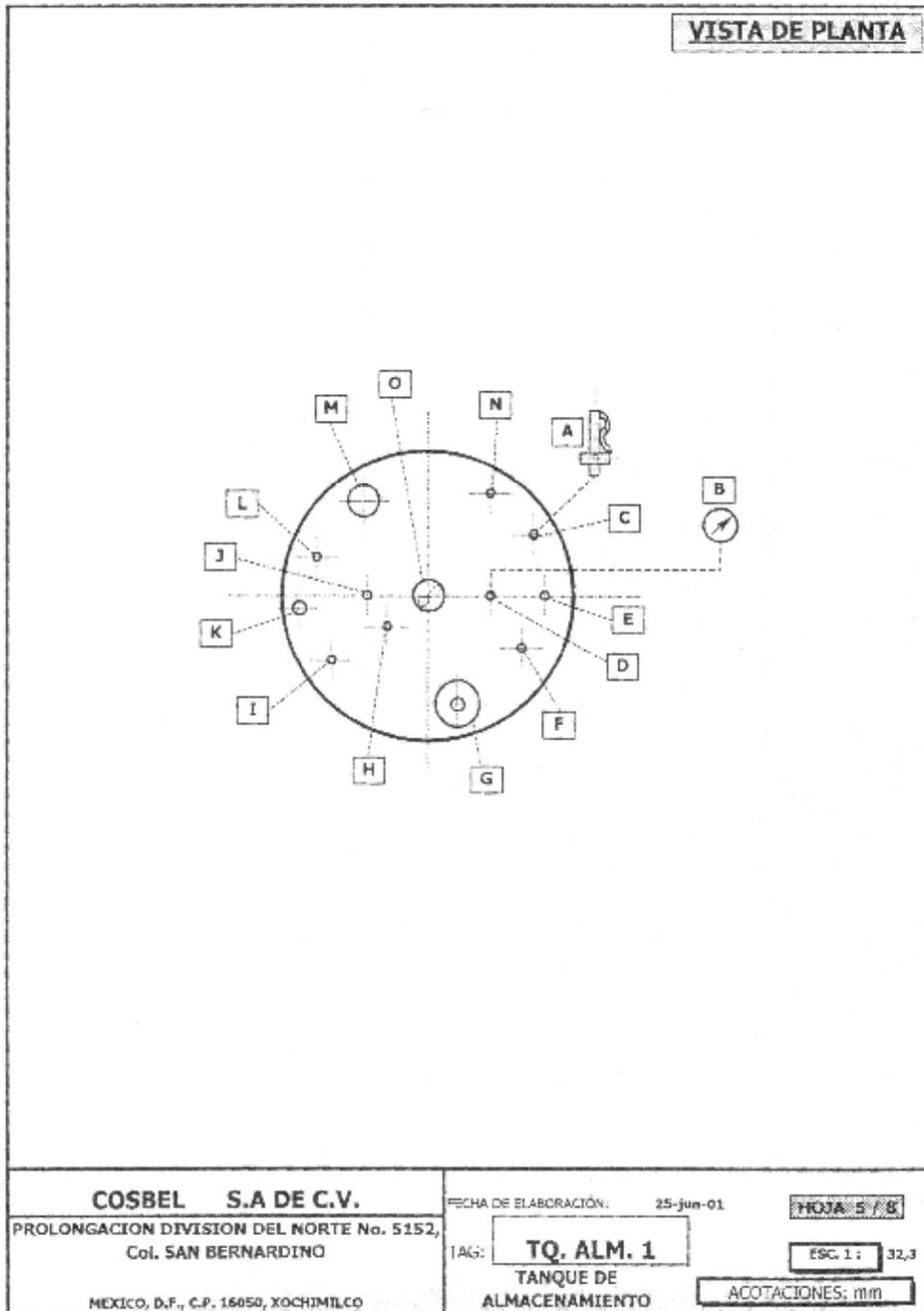


Figura No. 14: Plano del equipo a evaluar.

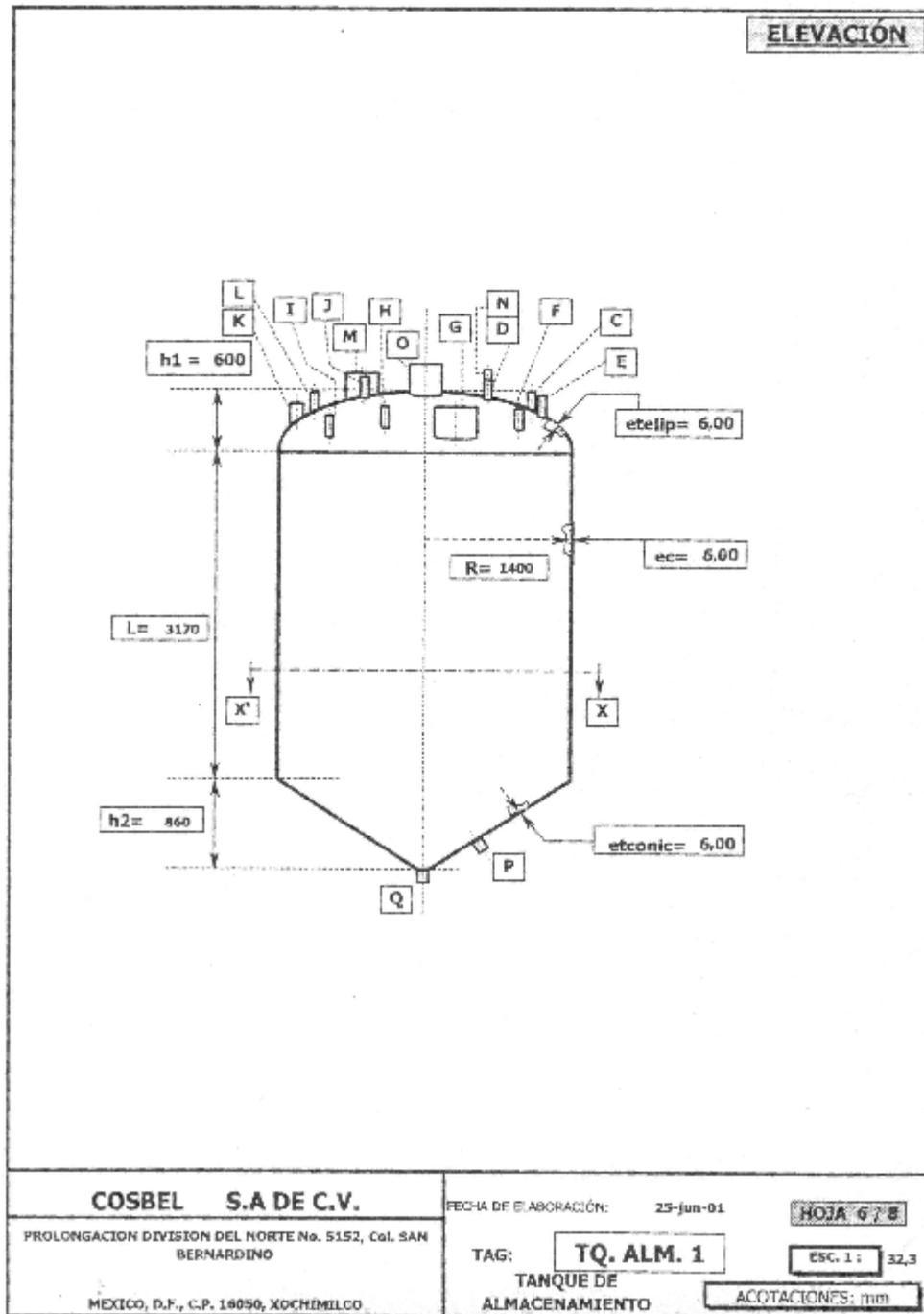


Figura No. 15: Plano del equipo a evaluar.

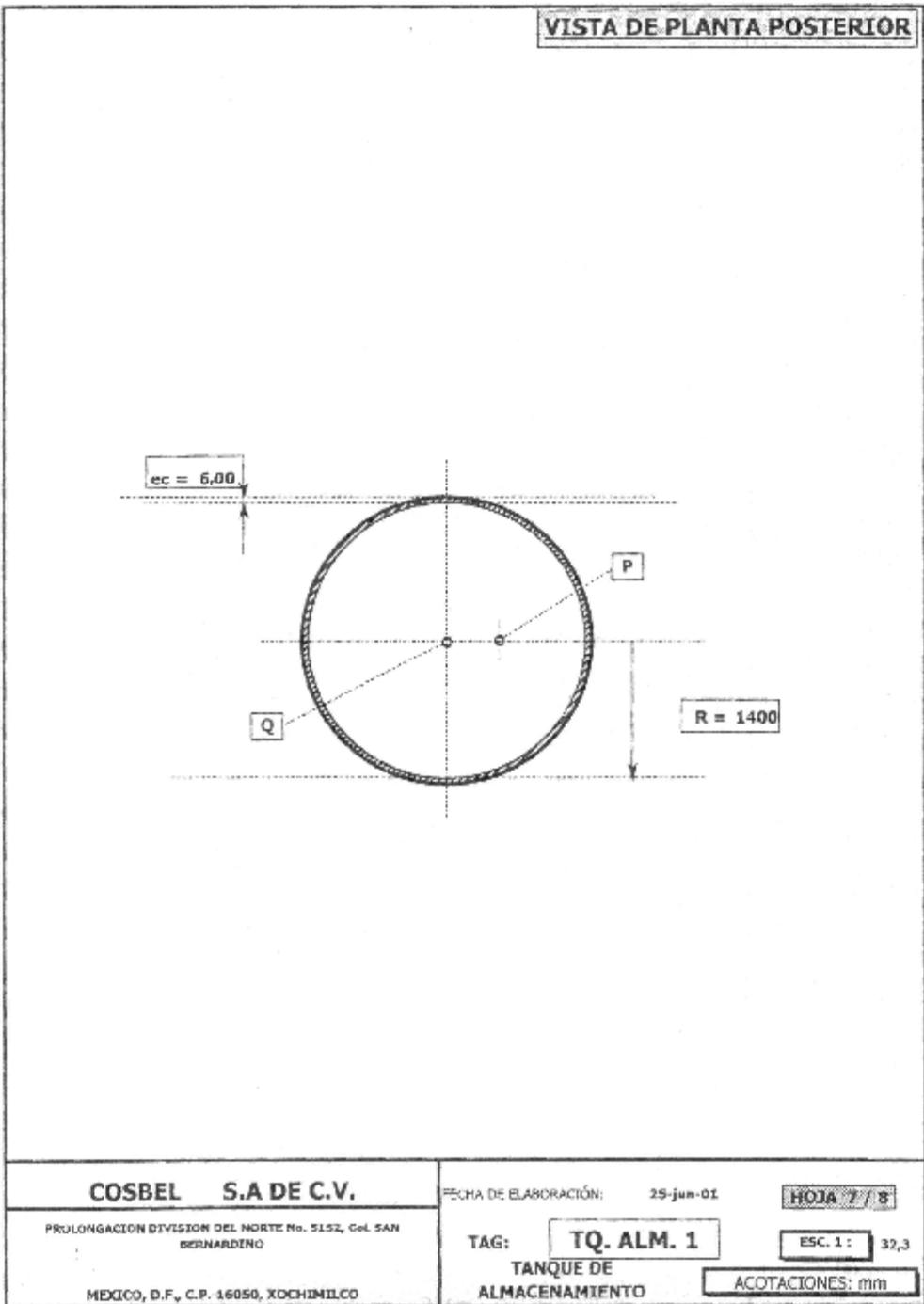


Figura No. 16: Plano del equipo a evaluar.

## CAPÍTULO 3

### Análisis e interpretación de resultados

Una vez realizada la inspección ultrasónica por la técnica de pulso eco con haz recto, se lleva a cabo la localización y marcaje en el formato de calibración de espesores, como se muestra en las (Figuras No. 17,18,19), como podemos constatar en la memoria de cálculo del fabricante (fig. 10,11,12,13) lo cual indica que utiliza un espesor de diseño de 6 mm, a lo cual en la toma de espesores obtienen las mediciones siguientes en tapa superior 5.66 mm, cuerpo 9.71 mm y tapa cónica 7.65 mm, como estos espesores son los mínimos encontrados de las aéreas inspeccionadas las consideramos para obtener las presiones máximas de trabajo y concluir que cumple con las especificaciones del fabricante sin tener un desgaste significativo que exceda la mitad del espesor de placa.

Una vez obtenido los espesores nos enfocamos a la realización de la memoria de cálculo basada en la toma de los espesores mínimos encontrados durante la inspección (Figura No. 20 y 21), de lo cual concluimos lo siguiente:

- Realizando el cálculo para el espesor requerido para la presión de operación, de la tapa semi-elíptica, este refiere un espesor de 1.39 mm. (Figura No. 20), teniendo nosotros un espesor real de 5.66 mm, lo cual indica que cumple con las especificaciones del fabricante, la presión máxima calculada para este espesor es de  $8.43 \text{ kg/cm}^2$

- Realizando el cálculo para el espesor requerido para la presión de operación, de la tapa cónica, este refiere un espesor de 2.20 mm (Figura No. 21), teniendo nosotros un espesor real de 7.65 mm, lo cual indica que cumple con las especificaciones del fabricante, la presión máxima calculada para este espesor es de  $7.16 \text{ kg/cm}^2$ .
- Realizando el cálculo para el espesor requerido para la presión de operación, de la tapa cuerpo, este refiere un espesor de 1.39 mm (Figura No. 20), teniendo un espesor real de 9.71 mm, lo cual indica que cumple con las especificaciones del fabricante, la presión máxima calculada para este espesor es de  $14.44 \text{ kg/cm}^2$ .

**CAPÍTULO 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

**FORMATO DE REPORTE DE CALIBRACIÓN DE ESPESORES POR ULTRASONIDO  
TAPA SEMI ELIPTICA SUPERIOR**

<b>1. GENERALIDADES</b>											
Razón social de la empresa:		<u>COSBEL, S.A. DE C.V.</u>									
Reporte No.	<u>1</u>	Fecha:	<u>11-Jun-07</u>								
<b>2. DATOS DEL EQUIPO A CALIBRAR</b>											
Nombre:	<u>TANQUE DE ALMACENAMIENTP</u>	Identificación	<u>-----</u>								
Tipo de material	<u>SA-240-316</u>	No. De serie	<u>30293</u>								
<b>3. CALIBRADOR UTILIZADO</b>											
Marca	<u>PANAMETRICS</u>	Modelo	<u>26 MG</u>								
Acoplante	<u>GLICERINA</u>	Vigencia	<u>JULIO DE 2006</u>								
<b>4. PALPADOR</b>											
Marca	<u>PANAMETRICS</u>	Modelo	<u>D-799</u>								
Dimensiones	<u>3/8"</u>	Frecuencia	<u>5 MHZ</u>								
		Tipo	<u>DUAL</u>								
		Angulo	<u>90°</u>								
<b>5. CROQUIS DE LA TAPA SEMI ELIPTICA (MM).</b>											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>A1</td><td align="center">5.85</td></tr> <tr><td>A2</td><td align="center">6.10</td></tr> <tr><td>A3</td><td align="center">5.66</td></tr> <tr><td>A4</td><td align="center">6.01</td></tr> </table>				A1	5.85	A2	6.10	A3	5.66	A4	6.01
A1	5.85										
A2	6.10										
A3	5.66										
A4	6.01										
<b>6. ELABORO</b>		<b>Cliente</b>									
<u>EDGAR G. SORIANO GUERRERO</u>		<u>COSBEL, S.A. DE C.V.</u>									
Nivel	<u>NIVEL 2</u>	Nombre:	<u>ING. FRANCISCO JIMENEZ SALAS</u>								
Fecha	<u>11-Jun-07</u>	Fecha:	<u>11-Jun-07</u>								
	<u>SNT-TC-1A</u>										

Figura No. 17: Croquis de medición de espesores tapa semi elíptica.

**CAPÍTULO 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

**FORMATO DE REPORTE DE CALIBRACIÓN DE ESPESORES POR ULTRASONIDO  
CUERPO**

<b>1. GENERALIDADES</b>																			
Razón social de la empresa:		<b>COSBEL, S.A. DE C.V.</b>																	
Reporte No.	<u>1</u>	Fecha:	<u>11-Jun-07</u>																
<b>2. DATOS DEL EQUIPO A CALIBRAR</b>																			
Nombre:	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTP</b>	Identificación	<u>-----</u>																
Tipo de material	<u>SA-240-316</u>	No. De serie	<u>30293</u>																
<b>3. CALIBRADOR UTILIZADO</b>																			
Marca	<u>PANAMETRICS</u>	Modelo	<u>26 MG</u>																
Acoplante	<u>GLICERINA</u>	Vigencia	<u>JULIO DE 2006</u>																
No de serie	<u>859653</u>																		
<b>4. PALPADOR</b>																			
Marca	<u>PANAMETRICS</u>	Modelo	<u>D-799</u>																
Dimensiones	<u>3/8"</u>	Frecuencia	<u>5 MHZ</u>																
Tipo	<u>DUAL</u>																		
Angulo	<u>90°</u>																		
<b>5. CROQUIS DEL CUERPO (MM).</b>																			
<table border="1" style="float: left; margin-right: 20px;"> <tr><td>B1</td><td>10.05</td></tr> <tr><td>B2</td><td>10.00</td></tr> <tr><td>B3</td><td>10.11</td></tr> <tr><td>B4</td><td>9.71</td></tr> <tr><td>B5</td><td>9.99</td></tr> <tr><td>B6</td><td>10.10</td></tr> <tr><td>B7</td><td>10.05</td></tr> <tr><td>B8</td><td>10.03</td></tr> </table>				B1	10.05	B2	10.00	B3	10.11	B4	9.71	B5	9.99	B6	10.10	B7	10.05	B8	10.03
B1	10.05																		
B2	10.00																		
B3	10.11																		
B4	9.71																		
B5	9.99																		
B6	10.10																		
B7	10.05																		
B8	10.03																		
<b>6. ELABORO</b>		<b>Cliete</b>																	
EDGAR G. SORIANO GUERRERO		COSBEL, S.A. DE C.V.																	
Nivel	<u>NIVEL 2</u>	Nombre:	<u>ING. FRANCISCO JIMENEZ SALAS</u>																
Fecha	<u>11-Jun-07</u>	Fecha:	<u>11-Jun-07</u>																
		SNT-TC-1A																	

Figura No. 18: Croquis de medición de espesores cuerpo.

**FORMATO DE REPORTE DE CALIBRACIÓN DE ESPESORES POR ULTRASONIDO  
TAPA CONICA**

<b>1. GENERALIDADES</b>			
Razón social de la empresa:		<b>COSBEL, S.A. DE C.V.</b>	
Reporte No.	<u>1</u>	Fecha:	<u>11-Jun-07</u>
<b>2. DATOS DEL EQUIPO A CALIBRAR</b>			
Nombre:	<u>TANQUE DE ALMACENAMIENTP</u>	Identificación	<u>-----</u>
Tipo de material	<u>SA-240-316</u>	No. De serie	<u>30293</u>
<b>3. CALIBRADOR UTILIZADO</b>			
Marca	<u>PANAMETRICS</u>	Modelo	<u>26 MG</u>
Acoplante	<u>GLICERINA</u>	Vigencia	<u>JULIO DE 2006</u>
<b>4. PALPADOR</b>			
Marca	<u>PANAMETRICS</u>	Modelo	<u>D-799</u>
Dimensiones	<u>3/8"</u>	Frecuencia	<u>5 MHZ</u>
		Tipo	<u>DUAL</u>
		Angulo	<u>90°</u>
<b>5. CROQUIS DE LA TAPA SEMI ELIPTICA (MM).</b>			
C1	7.97		
C2	7.99		
C3	7.65		
C4	7.85		
<b>6. ELABORO</b>		<b>Cliente</b>	
EDGAR G. SORIANO GUERRERO		COSBEL, S.A. DE C.V.	
Nivel	<u>NIVEL 2</u>	Nombre:	<u>ING. FRANCISCO JIMENEZ SALAS</u>
Fecha	<u>11-Jun-07</u>	Fecha:	<u>11-Jun-07</u>
	<u>SNT-TC-1A</u>		

Figura No. 19: Croquis de medición de espesores tapa cónica.

**CAPÍTULO 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

**MEMORIA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

<b>EQUIPO:</b> TANQUE DE ALMACENAMIENTP	<b>AÑO DE FABRICACION:</b> 2000
<b>NO. DE CONTRUCCION:</b> ASME	<b>CAPACIDAD TQ. (m3.):</b> 2.31929
<b>MARCA:</b> INDUSTRIE PROMINOX	
<b>NO. DE SERIE:</b> 30293	
<b>IDENTIFICACION:</b> -----	

---

**DATOS DE CALCULO:**

<b>TEMPERATURA DE OPERACION TQ.(°C)</b>	110	<b>h DEL CUERPO (MM):</b>	3170
<b>PRESION DE OPERACION TQ. (KG/CM2)</b>	2.06	<b>h DE TAPA DER. (MM):</b>	860
<b>FACTOR DE SEGURIDAD:</b>	4	<b>h DE TAPA IZQ. (MM):</b>	600
<b>EFICIENCIA EN JUNTAS:</b>	0.8	<b>Ro (MM):</b>	700
<b>MATERIAL DE CONTRUCCION:</b>	SA-240-316	<b>Do (MM):</b>	1400
<b>ESFUERZO MAX. PERMISIBLE (KG/CM2)</b>	1294		
<b>ESPEORES USADOS:</b>			
<b>TAPA SEMI ELIPTICA DER. (MM)</b>	5.66		
<b>TAPA SEMI ELIPTICA IZQ.(MM)</b>	7.65		
<b>CUERPO (MM)</b>	9.71		

---

**GO ASME, SECCION VIII, DIVISION I**

**CALCULO DEL ESPESOR MINIMO REQUERIDO (UG-27)**

**CUERPO:**

$$ESP= t1= \frac{PR}{SE + 0.4 P}$$

$$P \text{ MAX. PER. } = P1= \frac{S E t}{R - 0.4 t}$$

$$t1 = \frac{2.06}{1294 \cdot 0.8} + \frac{X}{\left( \frac{700}{0.4} - 2.06 \right)}$$

t1 = 1.39 mm < t real = 9.71 mm

$$P1= \frac{1294 \cdot X}{700} - \frac{0.8 \cdot X}{0.4} - \frac{9.71}{9.71}$$

P1= 14.44 Kg/cm2

**TAPA SEMI ELIPTICA:**

$$ESP= t2= \frac{PD}{2SE + 1.8 P}$$

$$P \text{ MAX. PER. } = P2= \frac{2 S E t}{D - 1.8 t}$$

$$t2= \frac{2.06}{2 \cdot 1294 \cdot 0.8} + \frac{X}{\left( \frac{1400}{1.8} - 2.06 \right)}$$

t2= 1.39 mm < t real = 5.66 mm

$$P2= \frac{2 \cdot X}{1400} - \frac{1294 \cdot X}{1.8} - \frac{0.8 \cdot X}{5.66} - \frac{5.66}{5.66}$$

P2= 8.43 Kg/cm2

---

<b>6. ELABORO</b>	ING. EDGAR G. SORIANO GUERRERO	<b>Ciente</b>	COSBEL, S.A. DE C.V.
Nivel	NIVEL 2	Nombre:	ING. FRANCISCO JIMENEZ SALAS
Fecha	11-Jun-07	Fecha:	11-Jun-07
	SNT-TC-1A		

Figura No. 20: Memoria de cálculo desarrollada de espesores obtenidos.

**CAPÍTULO 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

<b>MEMORIA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>			
<b>EQUIPO:</b>	TANQUE DE ALMACENAMIENTP	<b>AÑO DE FABRICACION:</b>	2000
<b>NO. DE CONTRUCCION:</b>	ASME	<b>CAPACIDAD TQ. (m3.)</b>	2.31929
<b>MARCA:</b>	INDUSTRIE PROMINOX		
<b>NO. DE SERIE:</b>	30293		
<b>IDENTIFICACION:</b>	-----		
<b>DATOS DE CALCULO:</b>			
<b>CALCULOS POR CODIGO ASME, SECCION VIII, DIVISION I</b>			
<b>CALCULO DEL ESPESOR MINIMO REQUERIDO (UG-27)</b>			
<b>TAPA CONICA:</b>			
$ESP = t_3 = \frac{PD}{2 \cos \beta (SE + 0.4P)}$		$P \text{ MAX. PER.} = P_3 = \frac{2 S E t \cos \beta}{D - 0.8 t \cos \beta}$	
t3=	2.06	X	1400
2	0.63	(	1294.00
			0.8
			+
			0.4
			2.06
t3=	2.20	mm	< t real =
			7.65
			mm
P3=	2	X	1294
	1400	-	0.8
			7.65
			0.63
			7.65
			0.63
P3=	7.16	Kg/cm2	
<b>6. ELABORO</b>		<b>EDGAR G. SORIANO GUERRERO</b>	
<b>Nivel</b>		<b>NIVEL 2</b>	
<b>Fecha</b>		<b>11-jun-07</b>	
		SNT-TC-1A	
<b>Ciente</b>		<b>COSBEL, S.A. DE C.V.</b>	
<b>Nombre:</b>		<b>ING. FRANCISCO JIMENEZ SALAS</b>	
<b>Fecha:</b>		<b>11-jun-07</b>	

Figura No. 21: Memoria de cálculo desarrollada de espesores obtenidos.

## **CONCLUSIONES**

Como hemos apreciado en la memoria de cálculo original nos damos cuenta que al realizar el diseño de los equipos estos son calculado conforme al espesor de placa del fabricante, por lo general estas vienen con espesores más altos de los que se especifican. De tal forma que al realizar la inspección por medio de ultrasonido en las partes como son tapa superior, cuerpo y tapa cónica, se obtendrán espesores más altos que en la memoria esto es por las circunstancias antes mencionadas, así mismo se realizó una memoria de cálculo con los valores de espesores de placa obtenidos, los cuales dan presiones máximas permitidas más altas que las de la memoria de cálculo de diseño, por lo cual concluimos lo siguiente:

El espesor de pared del recipiente sujeto a presión es el adecuado y cumple con las condiciones de diseño original del fabricante del equipo.

Por lo tanto cumple con las condiciones de operación para las cuales está diseñado.

# Anexos

## NORMAS Y ESPECIFICACIONES

### Recipientes A Presión, Calderas

- I Calderas de Central eléctrica
- II Especificaciones de Materiales
- III Elementos de las plantas de energía nuclear
- IV Calderas para Calentamiento
- V Examen no destructivo
- VI Reglas recomendadas para el cuidado y operación de las calderas para el calentamiento.
- VII Reglas recomendadas para el cuidado de las calderas de central eléctrica.
- VIII Recipientes sujetos a presión, División 1, división 2. Reglas alternativas
- IX Calificación de la soldadura fuerte y la de bajo punto de fusión o autógena.
- X Recipientes a presión hechos de plástico reforzados con fibra de vidrio.
- XI Reglas para inspección en servicio de los elementos de la planta de energía nuclear

### **SNT-TC-1A**

Es una práctica recomendada que proporciona los lineamientos para el programa de calificación y certificación del personal de ensayos no destructivos de una empresa. Es emitida por la A.S.N.T.

## **ASNT**

American Society For Nondestructive Testing (Sociedad Americana de Ensayos No Destructivos).

## **ISO**

International organization for Standardization (Organización Internacional Para Normalización).

## **ISO 9712**

Es una norma internacional que establece un sistema para la calificación y certificación, por una agencia central nacional con reconocimiento internacional, del personal que realiza pruebas no destructivas en la industria.

## **TÉCNICAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

### **Ensayos no destructivos.**

#### **Introducción**

Una prueba no destructiva es el examen de un objeto efectuado de cualquier forma que no impida su utilidad futura. Aunque en la mayoría de los casos, las pruebas no destructivas no dan una medición directa de las propiedades mecánicas, son muy valiosas para localizar defectos en los materiales que podrían afectar el funcionamiento de una pieza de una máquina cuando entra en servicio.

Dicha prueba se emplea para detectar materiales defectuosos antes de que las partes componentes sean formadas o mecanizadas; para detectar componentes defectuosas antes de ensamblar; para medir el espesor de un metal u otros materiales; para determinar el nivel de líquido o el contenido de sólido en recipientes opacos; para identificar y clasificar materiales; y, para descubrir defectos que pudieran desarrollarse durante el procesamiento o el uso. Las partes también pueden examinarse cuando están en servicio, lo que permitirá su remoción previa a la ocurrencia de una falla. Las pruebas no destructivas se utilizan para hacer productos más confiables, seguros y económicos.

Hay cinco elementos básicos en cualquier prueba no destructiva:

**1 Fuente:** una fuente que proporciona un medio de sondeo, es decir, algo que puede usarse con el fin de obtener información del artículo bajo prueba.

**2 Modificación:** este medio de sondeo debe cambiar o ser modificado como resultado de las variaciones o discontinuidades dentro del objeto sometido a prueba.

**3 Detección:** un detector que puede determinar los cambios en el medio de sondeo

**4 Indicación:** una forma de indicar o registrar las señales del detector.

**5 Interpretación:** un método de interpretar estas indicaciones.

Aunque hay en uso una gran variedad de pruebas no destructivas garantizadas, los métodos de prueba o inspecciones no destructivas más comunes son:

Radiografía.

Inspección de partículas magnéticas.

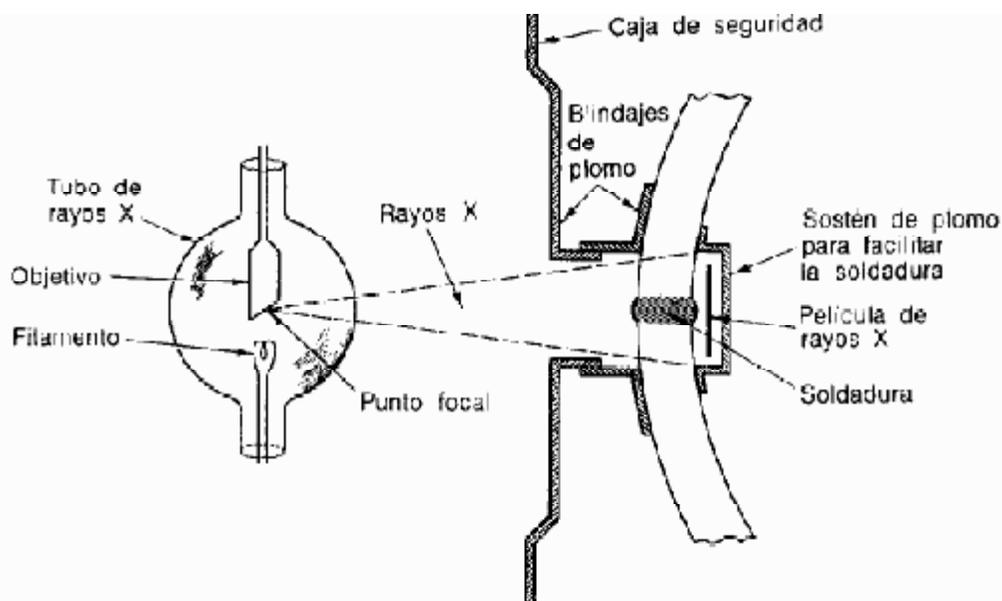
Inspección por penetración fluorescente.

Inspección ultrasónica.

Inspección por corrientes eléctricas parásitas.

### **Radiografía de metales.**

La radiografía de metales se puede realizar mediante rayos X o rayos gamma, rayos electromagnéticos de longitud de onda corta capaces de atravesar espesores de metal relativamente grandes. Los rayos gamma se pueden obtener ya sea de un material radioactivo natural (como el radio) o de un isótopo radioactivo (como el cobalto 60). La radiación gamma es más penetrante que los rayos X, pero su sensibilidad inferior limita su aplicación. No hay forma de que la fuente se pueda regular para examinar espesores variables o con contrastes, y generalmente requiere mucho más tiempo de exposición que el método de rayos X. Los rayos X se producen cuando la materia es bombardeada por un haz de electrones que se mueven rápidamente. Cuando los electrones se detienen de repente por la materia, parte de su energía cinética se convierte en energía de radiación o rayos X. Las condiciones esenciales para la generación de rayos X son: a) un filamento (cátodo) que proporciona la fuente de electrones que se dirigen hacia el objetivo, b) un objetivo (ánodo) localizado en la trayectoria de los electrones, c) una diferencia de voltaje entre el ánodo y el cátodo, con lo que se regulará la velocidad de los electrones que inciden sobre el objetivo, regulando la longitud de onda de rayos X producidos, y d) un medio de regular la corriente del tubo para controlar el número de electrones que chocan contra el objetivo. Los requisitos a) y b) los proporciona generalmente el tubo de rayos X. La **figura A-1** muestra esquemáticamente el uso de los rayos X para examinar una placa soldada.



**Figura A-1.:** Representación esquemática del uso de los rayos X para examinar una placa soldada.

Una radiografía es una fotografía sombreada de un material transparente a la radiación. Los rayos X oscurecen la película, de modo que las regiones de menor densidad que permiten fácilmente la penetración de éstos aparecen oscuras en el negativo, comparadas con las regiones de mayor densidad que absorben más radiación. De este modo, un orificio o una fractura aparecen como un área más oscura, en tanto que las inclusiones de cobre en una aleación de aluminio aparecen como un área más clara. Aunque la radiografía de metales se ha utilizado principalmente para revisar piezas fundidas y productos soldados, también puede usarse para medir el espesor de los materiales. La **figura A-2** muestra una forma sencilla de medir el espesor de un material por medio de radiación. La radiación de la fuente se ve influida por el material sometido a prueba. Conforme el espesor aumenta, la intensidad de radiación que alcanza al detector disminuye. Si la respuesta del detector es calibrada con base en espesores conocidos, la lectura del detector se puede usar para indicar el espesor del material revisado. Con un circuito de retroalimentación adecuado, el detector puede emplearse para controlar el espesor entre límites predeterminados.

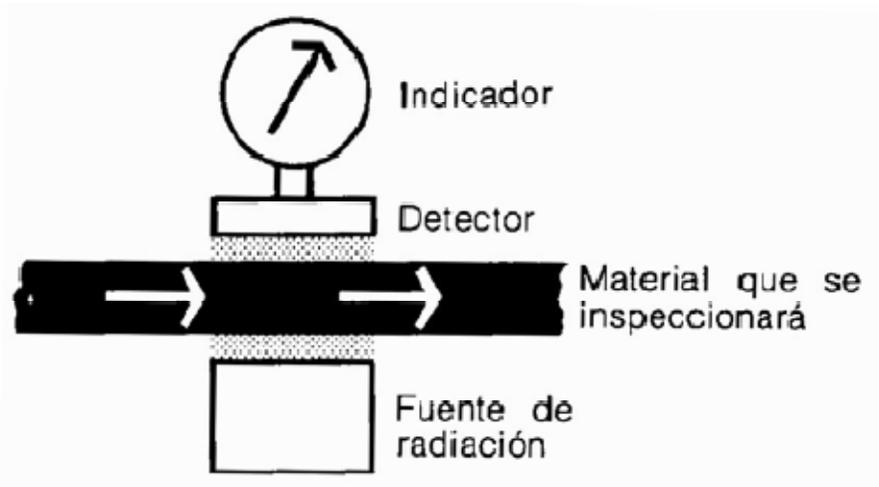


Figura A-2.: Medidor del espesor de un material por medio de radiación.

### Inspección por partículas magnéticas (Magnaflux)

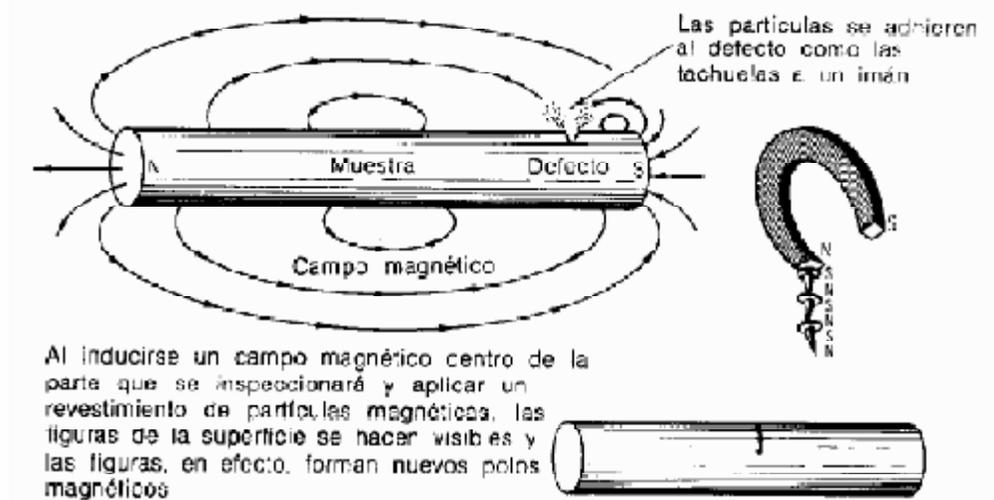
Éste es un método para detectar la presencia de fisuras, recubrimientos, rasgones, inclusiones y discontinuidades semejantes en materiales ferromagnéticos como el hierro y el acero. El método detectará discontinuidades de la superficie demasiado finas para apreciarse a simple vista y también detectará discontinuidades ligeramente por debajo de la superficie. No es aplicable a materiales no magnéticos.

La inspección por partículas magnéticas puede realizarse en diversas formas. La pieza que se va a inspeccionar puede magnetizarse y luego cubrirse con finas partículas magnéticas (polvo de hierro); esto se conoce como **método residual**. O bien, la magnetización y aplicación de las partículas puede hacerse simultáneamente, lo cual se conoce como **método continuo**. Las partículas magnéticas pueden mantenerse en suspensión en un líquido que se vierte sobre la pieza, o la pieza puede sumergirse en la suspensión (**método húmedo**). En algunas aplicaciones, las partículas, en forma de fino polvo, se esparcen sobre la superficie de la pieza de trabajo (**método seco**). La presencia de una discontinuidad se revela por la formación y adherencia de un arreglo característico

de las partículas sobre la discontinuidad en la superficie de la pieza de trabajo. Este arreglo recibe el nombre de **indicación** y adquiere la forma aproximada de la proyección superficial de la discontinuidad. El **método Magnaglo**, es una variante de la prueba Magnaflux. La suspensión vertida sobre la pieza de trabajo magnetizada contiene partículas magnéticas fluorescentes. Entonces, la pieza de trabajo se observa bajo luz negra, con lo cual las indicaciones destacan más claramente. Cuando la discontinuidad está abierta a la superficie, el campo magnético se fuga hacia la superficie y forma pequeños polos norte y sur que atraen a las partículas magnéticas (**figura A-3**).

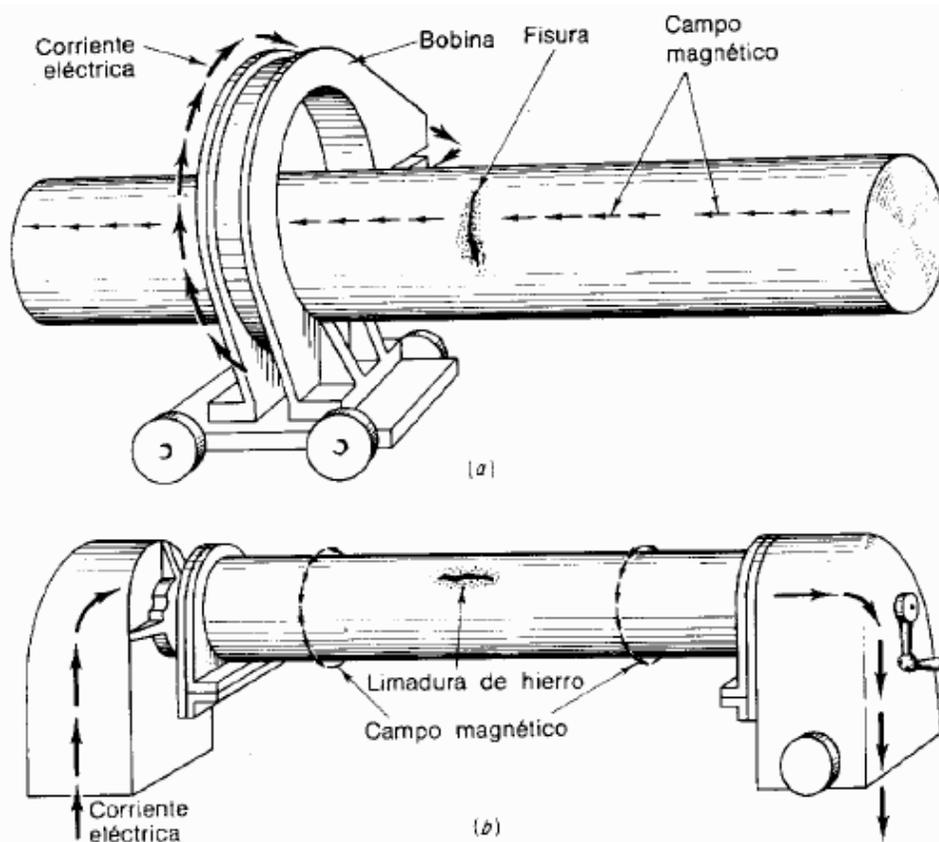
Cuando pequeñas discontinuidades están bajo la superficie, alguna parte del campo aún podría desviarse a la superficie, pero la fuga es menor y se atraen menos partículas, con lo que la indicación obtenida es mucho más débil.

Si la discontinuidad está muy lejos por debajo de la superficie, no habrá ninguna fuga del campo magnético y, en consecuencia, no se obtendrá indicación alguna. Es necesario emplear apropiadamente métodos de magnetización, para asegurar que el campo magnético formado esté perpendicular a la discontinuidad y lograr la indicación más clara.



**Figura A-3.:** Principio de la prueba Magnaflux.

Como se muestra en la **figura A-4**, para obtener una magnetización longitudinal, el campo magnético puede producirse en una dirección paralela a lo largo del eje mayor de la pieza de trabajo colocando la pieza en una bobina excitada por una corriente eléctrica, de modo que el eje más largo de la pieza esté paralelo al eje de la bobina. Entonces la parte metálica se convierte en el núcleo de un electroimán y se magnetiza por inducción del campo magnético creado por la bobina. Cuando se tienen partes muy largas, se magnetizan parcialmente, moviendo la bobina a lo largo de la longitud de la pieza. En el caso de magnetización circular, también mostrada en la **figura A-4**, fácilmente se produce un campo Magnético transversal al eje mayor de la pieza de trabajo, pasando corriente de magnetización a través de la pieza y recorriendo todo lo largo de su eje.



**Figura A-4.:** Ilustración de dos clases de magnetización: a) Magnetización longitudinal; b) magnetización circular.

La corriente directa, la corriente alterna y la corriente alterna rectificada se emplean con fines de magnetización. La corriente directa es más sensible que la alterna para detectar discontinuidades no abiertas a la superficie. La corriente alterna detectará discontinuidades abiertas a la superficie y se emplea cuando la detección de este tipo de discontinuidad es el único fin de la prueba. Cuando la corriente alterna está rectificada, proporciona un campo magnético más penetrante.

La sensibilidad del método de inspección por partículas magnéticas se ve afectada por muchos factores, incluyendo la concentración de la suspensión indicadora, el tiempo de contacto de la suspensión con la pieza, el tiempo permitido para que se formen las indicaciones, el tiempo que se mantiene activa la corriente de magnetización, y la intensidad de la corriente de magnetización. Todas las partes de máquinas que han sido magnetizadas para su inspección deben someterse a un proceso de desmagnetización. Si estas partes se ponen en servicio sin desmagnetizarlas, atraerán limaduras, polvos metálicos, rebabas y otras partículas de acero que pueden rayar, y por tanto dañar, los cojinetes y otras piezas de la maquinaria.

### **Inspección por penetración fluorescente (Zyglo)**

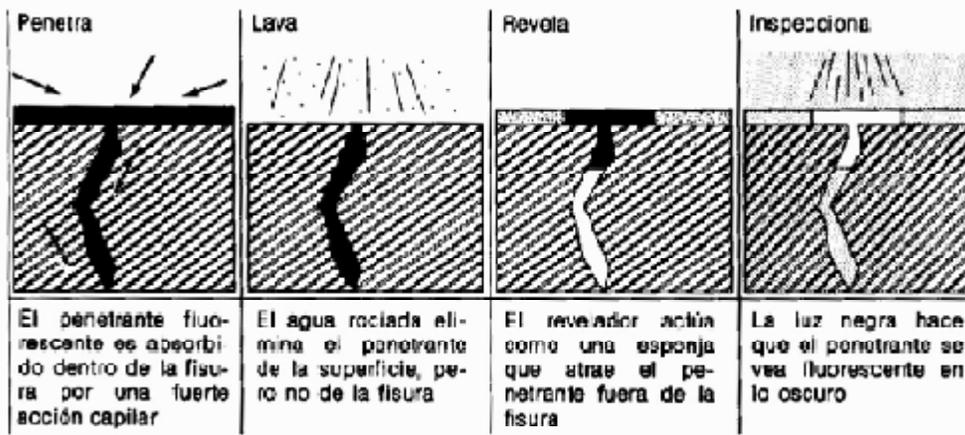
Este es un método sensible no destructivo con el que se pueden detectar pequeñas Discontinuidades como fisuras, contracciones y porosidades que afloran a la superficie. Aunque este método puede aplicarse tanto a materiales magnéticos como a no magnéticos, se usa principalmente en materiales no magnéticos. Se puede recurrir a varias técnicas penetrantes para revisar cualquier material homogéneo que no sea poroso, como metales, vidrio, plástico y algunos materiales cerámicos.

Las partes que van a probarse se tratan primero con un trazador o colorante. Por lo general, los trazadores son líquidos ligeros, de apariencia aceitosa que se

aplican a la prueba por inmersión, rociado o con una brocha, o de laguna otra manera conveniente. El trazador es absorbido dentro de las fisuras y otras discontinuidades por una fuerte acción capilar. Después que el trazador ha tenido tiempo de filtrarse, los residuos restantes sobre la superficie se limpian o se lavan. Esto permite al trazador permanecer en todas las discontinuidades que afloran a la superficie. A continuación, la pieza que se está revisando se trata con un polvo seco o una suspensión de polvo en un líquido. este polvo o revelador actúa como una esponja que atrae al trazador fuera del defecto y aumenta el tamaño del área de indicación. A fin de que este proceso de inspección sea eficaz, el trazador debe ser observado fácilmente en el polvo revelador. Un método para facilitar la inspección es usar colores contrastantes para el trazador y el revelador. Una combinación muy común es utilizar revelador blanco y un colorante rojo.

Otro método consiste en usar un trazador fluorescente. La **figura A-5** muestra los pasos principales en la inspección por medio de un trazador fluorescente. Los pasos son exactamente los mismos que los descritos con anterioridad, excepto que el líquido penetrante contiene un material que emite luz visible cuando se expone a una radiación ultravioleta. las lámparas que emiten luz ultravioleta se llaman lámparas negras, porque la luz visible que podrían emitir normalmente es detenida por un filtro, haciéndola aparecer negra o púrpura oscuro. Cuando la parte que va a ser revisada se observa bajo la luz negra, el defecto aparece como una marca fluorescente que brilla contra el fondo negro.

La inspección por trazador fluorescente se emplea para localizar fisuras y contracciones en piezas fundidas, fisuras en la fabricación y re-esmerilado de herramientas de carburo, fisuras y hoyos en estructuras soldadas, fisuras en hojas de turbina de vapor y de gas, y fisuras en aisladores cerámicos para bujías y aplicaciones electrónicas.



**Figura A-5.:** Pasos principales en el método de inspección por penetrante fluorescente.

### Inspección ultrasónica.

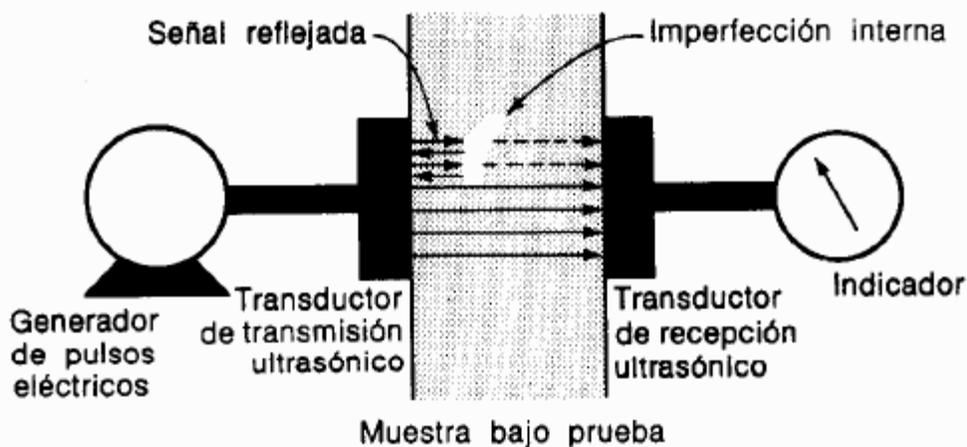
Un método muy antiguo es utilizar ondas de sonido para determinar defectos. Si una pieza de metal es golpeada con un martillo, producirá ciertas notas audibles, las cuales pueden alterarse en resonancia y tono por la presencia de imperfecciones internas. Sin embargo, esta técnica de golpear con un martillo y escuchar el sonido es útil sólo para detectar grandes defectos.

Un método más depurado consiste en utilizar ondas de sonido fuera del intervalo auditivo, con una frecuencia de 1 a 5 millones de Hz (ciclos por segundo)- de aquí el término **ultrasónico**. El método ultrasónico es una prueba no destructiva, confiable y rápida que emplea ondas sonoras de alta frecuencia producidas electrónicamente que penetrarán metales, líquidos y muchos otros materiales a velocidades de varios miles de metros por segundo. Las ondas ultrasónicas para ensayos no destructivos generalmente las producen materiales piezoeléctricos, los cuales sufren un cambio en su dimensión física cuando se someten a un campo eléctrico. Esta conversión de energía eléctrica a energía mecánica se conoce como efecto piezoeléctrico. Si se aplica un campo eléctrico alterno a un cristal piezoeléctrico, el cristal se expandirá durante la primera mitad del ciclo y se contraerá cuando el campo eléctrico se invierta. Al variar la frecuencia del campo

eléctrico alterno, se puede variar la frecuencia de la vibración mecánica (onda sonora) producida en el cristal. El cuarzo es un transductor ultrasónico ampliamente utilizado. Un transductor es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

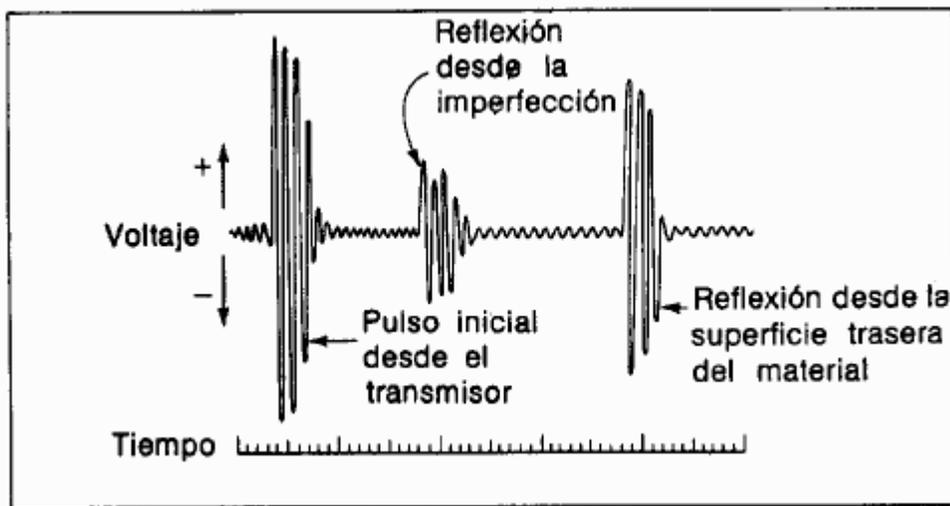
La **figura A-6** muestra dos métodos de prueba ultrasónicos comunes: el de transmisión continua y el de eco-pulsos. El primero utiliza un transductor en cada lado del objeto que va a revisarse. Si al cristal transmisor se le aplica un pulso eléctrico de la frecuencia deseada, las ondas ultrasónicas producidas se desplazarán a través de la muestra hasta el otro lado. El transductor de recepción situado en el lado opuesto recibe las vibraciones y las convierte en una señal eléctrica que se puede amplificar y observar en el tubo de rayos catódicos de un osciloscopio, un medidor o algún otro indicador. Si la onda ultrasónica viaja a través de la muestra sin encontrar ninguna imperfección, la señal recibida será relativamente grande. Si hay imperfección en la trayectoria de la onda ultrasónica, parte de la energía se reflejará y la señal que recibirá el transductor de recepción se reducirá.

El método del eco-pulso utiliza sólo un transductor que sirve como transmisor y como receptor.



**Figura A-6.:** Métodos de inspección ultrasónica, el de transmisión y el de eco-pulsos.

La gráfica de un osciloscopio cuando se utiliza el método de eco-pulso sería semejante a la de la **figura A-7**. Conforme la onda sonora penetra en el material sometido a prueba, parte de ella se refleja de vuelta al cristal, donde se convierte en un impulso eléctrico. Este impulso se amplía y hace visible, apareciendo como una indicación o señal sobre la pantalla del osciloscopio. Cuando la onda sonora alcanza el otro lado del material, se refleja de regreso al cristal y se ve como otra señal sobre la pantalla hacia la derecha de la primera señal. Si hay imperfección entre las superficies frontal y posterior del material, se delatará sobre la pantalla como una tercera señal entre las dos indicaciones correspondientes a las superficies frontal y posterior. Como las indicaciones en la pantalla del osciloscopio miden el tiempo transcurrido entre la reflexión del pulso desde la superficie frontal y posterior, la distancia entre indicaciones es una medida del espesor del material. Por tanto, la localización de un defecto puede determinarse con exactitud por la indicación que aparece sobre la pantalla.



**Figura A-7.:** Gráfica de un osciloscopio por el método de eco-pulsos de inspección ultrasónica.

En general, las superficies uniformes y lisas son más apropiadas para la prueba de pulso de mayor frecuencia; por tanto permiten detectar defectos más

pequeños. La transmisión adecuada de la onda ultrasónica tiene gran influencia en la confiabilidad de los resultados de la prueba. Para partes de mayor tamaño, una película de aceite asegurará un contacto apropiado entre la unidad del cristal de búsqueda y la pieza a prueba. Las partes más pequeñas pueden colocarse en un tanque con agua, aceite o glicerina. La unidad del cristal de búsqueda transmite ondas sonoras a través del medio y penetrarán en el material que se examina. Un examen de la pantalla del osciloscopio de esta gráfica permitirá ver la presencia de tres señales. La señal de la izquierda indica el frente de la pieza, la de la derecha la parte posterior de la pieza y la señal más pequeña del centro indica una imperfección.

La inspección ultrasónica se utiliza para detectar y localizar defectos como cavidades de contracción (rechupes), vacíos o fisuras internas, porosidad y grandes inclusiones no metálicas. El espesor de la pared se puede medir en recipientes cerrados o en casos en que tal medición no puede hacerse de otra manera.

### **Inspección por corrientes parásitas.**

Las técnicas por corrientes parásitas se utilizan para inspeccionar eléctricamente materiales conductores en busca de defectos, irregularidades en estructura y variaciones en composición. En la prueba por corrientes parásitas, si una fuente de corriente alterna se conecta a una bobina se produce un campo magnético variable. Cuando este campo se coloca cerca de una muestra a prueba, capaz de conducir una corriente eléctrica, se inducirán en la muestra corrientes parásitas. A su vez, estas corrientes producirán un campo magnético propio. La unidad de detección medirá este nuevo campo magnético y convertirá la señal en un voltaje que puede leerse en un medidor o en un tubo de rayos catódicos. propiedades como la dureza, la composición de la aleación, la pureza química y la condición de tratamiento térmico influyen en el campo magnético y se pueden medir directamente con el uso de una sola bobina. Un empleo importante que se da a

esta prueba es la inspección de materiales para detectar posibles variaciones con el tratamiento térmico o con posibles derivaciones en la composición química. esta aplicación requiere el uso de dos bobinas. Una pieza estándar se coloca en una bobina y la pieza a prueba en la otra. La aceptación o rechazo de la pieza a prueba puede determinarse comparando las gráficas de las dos piezas, que aparecen sobre la pantalla del osciloscopio.

La prueba por corrientes parásitas puede emplearse para detectar defectos superficiales y subsuperficiales, espesor de placas o tubos, y espesor de capas.

La Tabla 1. resume los principales métodos de pruebas no destructivas.

Tabla 1.: Principales métodos de pruebas no destructivas

Método de inspección	Cuándo usarlo	Dónde usarlo	Ventajas	Limitaciones
Corrientes parásitas	Para medir variaciones en espesor de paredes de metales o capas delgadas; para detectar costuras o vetas longitudinales o fisuras en tubos; para determinar tratamientos térmicos y composiciones metálicas para su clasificación.	Tuberías y barras, partes de geometría uniforme, placas o materiales planos o láminas y alambre.	Alta velocidad, ningún contacto, automático.	Falsas indicaciones como resultado de las muchas variables; sólo es útil para materiales conductores.
Radiografía Rayos X	Para detectar imperfecciones y defectos internos; para encontrar fallas en soldaduras, fisuras, vetas o costuras, porosidad, hoyos, inclusiones, falta de fusión; para medir variaciones en espesor.	Ensamblajes de partes electrónicas, piezas coladas, recipientes soldados; prueba de campo de soldaduras; inspecciones de corrosión; componentes de materiales no metálicos.	Proporciona un registro permanente en la película; funciona bien en secciones delgadas; alta sensibilidad; técnicas de fluoroscopia disponibles; nivel de energía ajustable.	Alto costo inicial; es necesaria una fuente de poder; riesgo por radiación; se necesitan técnicos entrenados.
Gamma Rayos X	Para detectar imperfecciones internas, fisuras, vetas o costuras, hoyos inclusiones, defectos de soldadura; para medir variaciones de espesor.	Forja, fundiciones, tubería, recipientes soldados; prueba de campo de tuberías soldadas; inspección de corrosión.	Detecta gran variedad de imperfecciones; da un registro permanente; portátil; bajo costo inicial; la fuente de suministro es pequeña (útil para toma interna); hace exposiciones panorámicas.	Un nivel de energía por fuente; riesgo por radiación; se necesitan técnicos entrenados; la fuente pierde potencia continuamente.
Partícula magnética	Para detectar imperfecciones superficiales o sub-superficiales no profundas, fisuras, porosidad, inclusiones no metálicas y defectos de soldadura.	Sólo para materiales ferromagnéticos; partes de cualquier tamaño, forma, composición o tratamiento térmico.	Económico, de principio sencillo, fácil de efectuar; portátil; rápido para prueba durante producción industrial.	El material debe ser magnético, se requiere desmagnetización después de la prueba, fuente de potencia necesaria; las partes deben limpiarse antes de terminar de fabricarse.
Penetrante	Para localizar fisuras superficiales, porosidad, traslapes, defectos por falta de calor, falsas uniones, fatiga y fisuras por esmerillado.	Todos los metales, vidrio y cerámica, piezas coladas, forjas, partes maquinadas y herramientas de corte; inspecciones de campo.	Sencillo de aplicar, portátil, rápido, bajo costo; resultados fáciles de interpretar, no necesita preparativos complicados.	Limitado a defectos superficiales; las superficies deben estar limpias.
Eco pulso ultrasónico	Para encontrar defectos internos, fisuras, falsas uniones, laminaciones, inclusiones, porosidad; para determinar la estructura de grano y espesores.	Todos los metales y materiales no metálicos duros; láminas, tubos, varillas, forjas, piezas coladas; prueba de campo y producción; prueba de partes en servicio; uniones de enlace adhesivas y soldadas.	Rápido, confiable, fácil de operar, facilita la automatización, los resultados se conocen de inmediato; relativamente portátiles, muy exactos, sensibles.	Requiere con tacto o inmersión de la parte, y la interpretación de lecturas necesita entrenamiento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANSI/ASNT CP-1891995, American Nacional Standard . ASNT Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personal E.U.A

Recomendad Practice No. SNT-TC-1<sup>a</sup> 1996 E.U.A.

Codigo A.S.M.E. Code for Pressure Vassel, Seccion VIII, Div. 1

Eugene F. Megyesy, Manual de Recipientes a Presión, Editorial Limusa.