



**UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.**  
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA SUPERVISIÓN EN LA  
APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END) PARA  
TUBERÍAS DE ACERO AL CARBONO”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
INGENIERO INDUSTRIAL

**PRESENTA:**

JUAN MANUEL RODRÍGUEZ GARCÍA

**ASESOR DE TESIS:**

ING. FERMÍN ZUMBARDO JUÁREZ

Coatzacoalcos, Veracruz

Enero 2013



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.

## AGRADECIMIENTO

Antes que nada agradecerle a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor para conmigo y todas las personas que me rodean.

A mi Papá, Mamá y Hermana por ser el pilar fundamental de todo lo que soy, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante pero sobre todo por el infinito amor que me han mostrado.

A mi familia por ese apoyo incondicional, por esos momentos alegres y tristes que hemos compartido, por ser el ejemplo de unión y fuerza que acunan mis recuerdos, y especialmente a mis Abuelitas que deseo y espero desde arriba se sientan la mitad de orgullosas de mi de lo que me siento al formar parte de su legado y recuerdo.

Debo agradecer de manera muy especial y sincera a los ingenieros Juan Pablo Aguilar Pecina, Juan Ángel Trujillo Cárdenas y Clemente Landa Rosas los cuales hace dos años me abrieron las puertas para formar parte de un grupo de trabajo y emprender así un nuevo proyecto tanto laboral como personal, les estoy agradecido por haber compartido sus conocimientos y experiencias laborales los cuales me ayudaron a la elaboración de mi Tesis, también por su gran apoyo, paciencia y confianza en mi trabajo; el comienzo de una vida laboral ha sido difícil y al mismo tiempo una nueva aventura la cual he emprendido con emoción y sobre todo con responsabilidad sabiendo siempre que cuento con el apoyo y respaldo de un departamento que me abrió las puertas para superarme como persona y profesionista.

*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.” – Mahatma Gandhi*

**¡GRACIAS A USTEDES!**

## **TITULO**

Manual de procedimientos para la Supervisión en la aplicación de Ensayos no Destructivos (END) para tuberías de acero al carbono.

## **PROBLEMA**

Experiencia y conocimientos insuficientes para Supervisar la aplicación de Ensayos no Destructivos en los procesos aplicables al proyecto Gasolinas Limpias.

## **HIPOTESIS**

¿La creación de un manual de procedimientos incrementará la calidad de la Supervisión en la ejecución de Ensayos no Destructivos en el Proyecto?

## **JUSTIFICACION**

La falta de conocimientos y experiencia acerca de Ensayos no Destructivos genera errores que inciden negativamente en la rentabilidad, calidad y demanda de los servicios de Supervisión de Ensayos no Destructivos.

La necesidad de reducir el tiempo de aprendizaje para Supervisar Ensayos no Destructivos conduce a la gestión de un Manual de procedimientos que provea al Supervisor los conocimientos necesarios y pertinentes para la realización de las pruebas no destructivas, para así contar con personal altamente competente, que actúe con ética profesional, calidad, seguridad y prevención de riesgos. Enfocados a crear un valor superior a la producción, para así mismo incrementar su competitividad y considerando una Política de calidad en la ejecución de estos Procesos Industriales, cumpliendo con los requisitos y expectativas del cliente, mejorando continuamente la Calidad y la Seguridad de las Soldaduras.

Actualmente el aprendizaje durante el proceso de los END lleva a los Supervisores a cometer errores y tomar mala decisiones, la falta de conocimiento y experiencia son un factor importante en el desenvolvimiento laboral y en la forma de resolver los problemas a los que un Supervisor se enfrenta día con día, por ello la importancia de la elaboración de este Manual de Procedimientos ya que al reunir estos datos el Supervisor tendrá una manera directa de despejar una duda.

## **OBJETIVO GENERAL**

Mejorar la calidad de la Supervisión en los procesos de Ensayos no Destructivos.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Revisión y Análisis de los procedimientos existentes.
- Actualización y optimización
- Dar a conocer los procedimientos.
- Establecer un programa de capacitación y evaluación de la asimilación de los procedimientos.
- Establecer indicadores de desempeño y resultados para reducir el índice de errores.

## **INDICE**

# INDICE GENERAL

<b>INDICE</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>12</b>
<b>1.0 CONCEPTOS FUNDAMENTALES</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b> .....	<b>14</b>
1.1.1 TECNICAS DE INSPECCION SUPERFICIAL .....	<b>15</b>
1.1.2 TECNICAS DE INSPECCION VOLUMETRICA .....	<b>16</b>
1.1.3 TECNICAS DE INSPECCION DE LA INTEGRIDAD O DE LA HERMETICIDAD .....	<b>16</b>
1.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS .....	<b>17</b>
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>18</b>
<b>2.0 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS APLICABLES AL PROYECTO</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1 INSPECCION VISUAL</b> .....	<b>19</b>
2.1.1 HERRAMIENTAS PARA LA INSPECCION VISUAL .....	<b>19</b>
2.1.2 VENTAJAS DE LA INSPECCION VISUAL .....	<b>20</b>
2.1.3 LIMITACIONES DE LA INSPECCION VISUAL .....	<b>20</b>
<b>2.2 PARTICULAS MAGNETICAS</b> .....	<b>21</b>
2.2.1 VENTAJAS POR PARTICULAS MAGNETICAS .....	<b>21</b>
2.2.2 LIMITACIONES POR PARTICULAS MAGNETICAS .....	<b>21</b>
<b>2.3 RADRIOGRAFIA INDUSTRIAL</b> .....	<b>22</b>
2.3.1 VENTAJAS DE LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL .....	<b>23</b>
2.3.2 LIMITACIONES DE LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL .....	<b>23</b>
<b>2.4 ULTRASONIDO INDUSTRIAL</b> .....	<b>24</b>
2.4.1 VENTAJAS DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL .....	<b>25</b>
2.4.2 LIMITACIONES DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL .....	<b>25</b>
<b>2.5 PRUEBAS HIDROSTATICAS Y NEUMATICAS</b> .....	<b>26</b>
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 INSPECCION VISUAL</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2 INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS</b> .....	<b>31</b>

3.3 MEDICION DE ESPESORES	33
<b>CAPITULO IV</b>	<b>36</b>
<b>PROCEDIMIENTOS APLICABLES AL PROYECTO</b>	<b>37</b>
INSPECCIÓN VISUAL A SOLDADURAS	37
EXAMEN RADIOGRAFICO A SOLDADURA	43
MEDICION DE ESPESOR POR EL METODO DE ULTRASONIDO	57
INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS	60
PRUEBAS HIDROSTATICAS Y NEUMATICAS A TUBERIAS	65
<b>CAPITULO V</b>	<b>73</b>
CONCLUSIONES	74
PROPUESTAS	74
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>77</b>
A4.1 REPORTE DE INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA.	78
B4.1 REPORTE DE INSPECCION RADIOGRÁFICA.	79
B4.2 CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO POR CÓDIGOS APLICABLES DE CONSTRUCCIÓN.	80
C3.1 REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESORES.	81
D4.1 REPORTE DE INSPECCION POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS POR EL MÉTODO DE YUGO.	82
E4.1 FORMATO PARA “REPORTE PARA AVISOS DE REVISIÓN Y AUTORIZACIÓN PARA PRUEBAS DE PRESIÓN A TUBERÍAS”	83
E4.2 FORMATO DE “REPORTE DE PRUEBA DE PRESIÓN A TUBERÍA”	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Abreviatura de asociaciones-----	<b>14</b>
<b>Tabla 2.</b> Clasificación De Películas-----	<b>44</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Prueba de partículas magnéticas-----	<b>22</b>
<b>Figura 2.</b> Aplicación típica del método de radiografía-----	<b>24</b>
<b>Figura 3.</b> Aplicación típica del método de ultrasonido industrial-----	<b>26</b>
<b>Figura 4.</b> Perfiles de soldadura aceptables e inaceptables-----	<b>42</b>
<b>Figura 5.</b> Estándares de aceptación y rechazo en placas radiográficas-----	<b>55</b>
<b>Figura 6.</b> Estándares de aceptación y rechazo en placas radiográficas-----	<b>56</b>

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Limpieza mecánica-----	<b>29</b>
<b>Imagen 2.</b> Defectos encontrados-----	<b>29</b>
<b>Imagen 3.</b> Interpretación-----	<b>30</b>
<b>Imagen 4.</b> Evaluación-----	<b>30</b>
<b>Imagen 5.</b> Limpieza mecánica-----	<b>31</b>
<b>Imagen 6.</b> Espolvorear las partículas-----	<b>31</b>
<b>Imagen 7.</b> Soplar el exceso-----	<b>32</b>
<b>Imagen 8.</b> Interpretación-----	<b>32</b>
<b>Imagen 9.</b> Se selecciona el spool a inspeccionar-----	<b>33</b>
<b>Imagen 10.</b> Colocación de transductor-----	<b>33</b>
<b>Imagen 11.</b> Medición de espesores-----	<b>34</b>
<b>Imagen 12.</b> Marcar spool-----	<b>34</b>
<b>Imagen 13.</b> Equipo de blindaje de rayos gamma-----	<b>53</b>
<b>Imagen 14.</b> Soldadura a inspeccionar por E.N.D radiográfico-----	<b>54</b>
<b>Imagen 15.</b> Interpretación de placas radiográficas-----	<b>54</b>
<b>Imagen 16.</b> Aplicación de partículas magnética-----	<b>64</b>

## **CAPITULO I**

## 1.0 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

La industria moderna ha cimentado su desarrollo en un conjunto de reglas que determinan las características que deben cumplir los materiales, los productos, la maquinaria o los procedimientos.

Dichas reglas implementadas adecuadamente, constituyen los estándares o normas industriales, cuya aplicación ha sido determinante del desarrollo científico y tecnológico.

Las normas establecen con precisión el reconocimiento de calidad, estimulando la confianza del consumidor, dan prestigio al fabricante, fomentan la organización de estructuras sólidas para el incremento de una producción masiva, simplificando los procesos y aumentando la eficiencia del trabajo, reducen los costos y aumentan los beneficios.

En general se dice que una norma es la que determina dimensiones, composición y demás características que debe poseer un material, producto y objeto industrial; establecido de común acuerdo con la autoridad gubernamental competente y los principales usuarios. La cual se usara como base comparativa durante un tiempo determinado.

En Estados Unidos se establecieron las bases para el desarrollo industrial por medio de asociaciones o sociedades, las cuales son agrupaciones científicas y técnicas de profesionales. Científicos expertos que a través de comités o grupos de trabajo desarrollan las normas, teniendo como objetivo suministrar los conocimientos, experiencias y habilidades de sus miembros relativas a los materiales, productos, componentes, sistemas, servicios y múltiples actividades, de tal manera que resulten efectivamente útiles a la industria, gobierno, instituciones educativas, profesionales y público en general, a través de acciones cooperativas y especializadas.

A continuación se mencionan algunas:

<b>SIGLAS</b>	<b>NOMBRE</b>
<b>A.I.S.I.</b>	Instituto Americano del Hierro y el Acero.
<b>A.S.M.E.</b>	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.
<b>A.S.T.M.</b>	Sociedad Americana para prueba de Materiales.
<b>A.S.N.T.</b>	Sociedad Americana de Ensayos no Destructivo.
<b>A.W.S.</b>	Sociedad Americana de Soldadura.
<b>S.A.E.</b>	Sociedad Americana de Ingenieros.
<b>N.E.M.A.</b>	Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Eléctricos.
<b>A.N.S.I.</b>	Instituto Nacional Americano de Estándares.

**Tabla 1. Abreviatura de asociaciones**

## **1.1 LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

Las pruebas no destructivas son la aplicación de métodos físicos indirectos, como es la transmisión del sonido, la opacidad al paso de la radiación, etc., y que tienen la finalidad de verificar la sanidad de las piezas examinadas. No obstante, cuando se aplica este tipo de pruebas no se busca determinar las propiedades físicas inherentes de la pieza, sino verificar su homogeneidad y continuidad. Por lo tanto, estas pruebas no sustituyen a los ensayos destructivos, sino que más bien los complementa.

Las pruebas no destructivas, como su nombre lo indica, no alteran de forma permanente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de un

material. Por ello no inutilizan las piezas que son sometidas a los ensayos y tampoco afectan de forma permanente las propiedades de los materiales que las componen.

Aplicaciones:

- Recepción de materiales y equipos.
- Procesos de fabricación.
- Maquinado o ensamble final.
- Procesos de reparación
- Estructuras y/o equipos en servicio, así como en paros para mantenimiento preventivo.

De acuerdo con su aplicación, los Ensayos no Destructivos, se divide en:

- Técnicas de Inspección Superficial
- Técnicas de Inspección Volumétrica
- Técnicas de Inspección de la Integridad o Hermeticidad

#### 1.1.1 TECNICAS DE INSPECCION SUPERFICIAL

Mediante estas solo se comprueba la integridad superficial del material. Por tal razón su aplicación es conveniente cuando es necesario detectar discontinuidades que están en la superficie, abiertas a esta o a profundidades menores a 3 mm. Este tipo de inspección se realiza por medio de cualquiera de los siguientes Ensayos no Destructivos.

- Inspección Visual
- Líquidos Penetrantes
- Partículas Magnéticas
- Electromagnetismo
- Corrientes Inducidas
- Termografía

### 1.1.2 TECNICAS DE INSPECCION VOLUMETRICA

Su aplicación permite conocer la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas que no son visibles en la superficie de la pieza. Este tipo de inspección se realiza por medio de cualquiera de los siguientes ensayos:

- Radiografía Industrial
- Ultrasonido Industrial
- Radiografía Neutrónica
- Emisión Acústica

### 1.1.3 TECNICAS DE INSPECCION DE LA INTEGRIDAD O DE LA HERMETICIDAD

Son aquellas en las que se comprueba la capacidad de un componente o de un recipiente para contener un fluido (líquido o gaseoso) a una presión superior, igual o inferior a la atmosfera, sin que existan perdidas apreciables de presión o de volumen del fluido de prueba en un periodo previamente establecido. Este tipo de inspección se realiza empleando cualquiera de los siguientes ensayos:

- Pruebas por cambio de presión: Hidrostáticas y Neumáticas
- Pruebas por pérdida de fluido: Cámara de burbujas, detector de halógenos, espectrómetro de masas, detector ultrasónico, cámara de vacío.

Todos los métodos de Pruebas no Destructivas tienen ventajas y limitaciones; su principal ventaja es que se pueden complementar entre si, lo que en uno es limitación en otro es ventaja.

En la evaluación de una parte o componente, al menos se debe aplicar un método superficial y un método volumétrico.

#### 1.1.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

##### VENTAJAS:

Descubren errores de fabricación y ayudan a establecer las acciones preventivas; en programas de mantenimiento preventivo:

- Ayudan a determinar el estado actual del equipo, material, componente o estructura en servicio.
- Ayudan a programar las fechas más convenientes de reparación y/o sustitución.
- Aumentan la seguridad de las reparaciones con soldadura.
- Permiten monitorear una discontinuidad presente así como la vida remanente de recipientes y tuberías.

##### DESVENTAJAS:

- Algunos métodos requieren que el personal tenga un entrenamiento y experiencia muy extensa.
- Su aplicación dependen de las características del material (tamaño de grano, espesor, si es ferromagnético, si es conductor, acabado superficial, etc.)
- Un solo END no detecta todas las posibles discontinuidades.
- Depende de la orientación, localización, tamaño y tipo de discontinuidad a detectar.
- Son altamente dependientes de la habilidad del personal para ejecutar de manera adecuada cualquier END, cualquier error en algún paso del proceso puede inducir en malos resultados en la inspección.

## **CAPITULO II**

## **2.0 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS APLICABLES AL PROYECTO**

### **2.1 INSPECCION VISUAL**

Esta es una técnica que requiere de una gran cantidad de información acerca de las características de la pieza a ser examinada, para una acertada interpretación de las posibles indicaciones. Está ampliamente demostrado que cuando se aplica correctamente como inspección preventiva, detecta problemas que pudieran ser mayores en los pasos subsecuentes de producción o durante el servicio de la pieza. Aun cuando para ciertas aplicaciones no es recomendable, es factible detectar muchos problemas en casos determinados, mediante un inspección realizada por una persona bien entrenada.

Una persona con “ojo entrenado” es alguien que ha aprendido a ver las cosas en detalle. Al principio todos asumimos que es fácil adquirir esta habilidad; sin embargo requiere de ardua preparación y experiencia.

#### **2.1.1 HERRAMIENTAS PARA LA INSPECCION VISUAL**

Tal vez uno de los mayores problemas de la aplicación de la Inspección Visual es enseñar y hacer comprender a los Inspectores que no se puede ver todo tan sólo con la observación directa y que en algunas ocasiones es necesario saber leer planos y dibujos técnicos; o bien, saber emplear diferentes instrumentos para ayudar a la Inspección Visual y que son:

- Lentes de aumento o lupas; normalmente tienen aumentos de 5X y de 10X.
- Espejos; estos sirven para mejorar el ángulo de visión.
- Endoscopios (Boroscopios); este sistema ha sido ampliamente difundido en las nuevas técnicas de Inspección Visual, principalmente porque permiten la observación del interior de una parte o componentes sin desarmar el equipo. Debido a su importancia dentro de la Inspección Visual, a continuación se hará una descripción más detallada de estos instrumentos y su desarrollo tecnológico.

### 2.1.2 VENTAJAS DE LA INSPECCION VISUAL

- La Inspección Visual se emplea en cualquier etapa de un proceso productivo o durante las operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo.
- Muestra las discontinuidades más grandes y generalmente señala otras que pueden detectarse de forma más precisa por otros métodos, como son líquidos penetrantes, partículas magnéticas o electromagnetismo.
- Puede detectar y ayudar en la eliminación de discontinuidades que podrían convertirse en defectos.
- El costo de Inspección Visual es el más bajo de todos los Ensayos no Destructivos, siempre y cuando sea realizada correctamente.

### 2.1.3 LIMITACIONES DE LA INSPECCION VISUAL

- La calidad de la Inspección Visual depende en gran parte de la experiencia y conocimiento del Inspector.
- Está limitada a la detección de discontinuidades superficiales.
- Cuando se emplean sistemas de observación directa, como son las lupas y los endoscopios sencillos, la calidad de la inspección dependerá de la agudeza visual del inspector o de la resolución del monitor de video.
- La detección de discontinuidades puede ser difícil si las condiciones de la superficie sujeta a inspección no son correctas.

## 2.2 PARTICULAS MAGNETICAS

La inspección por Partículas Magnéticas permite detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos. Se selecciona usualmente cuando se requiere una inspección más rápida que con los líquidos penetrantes.

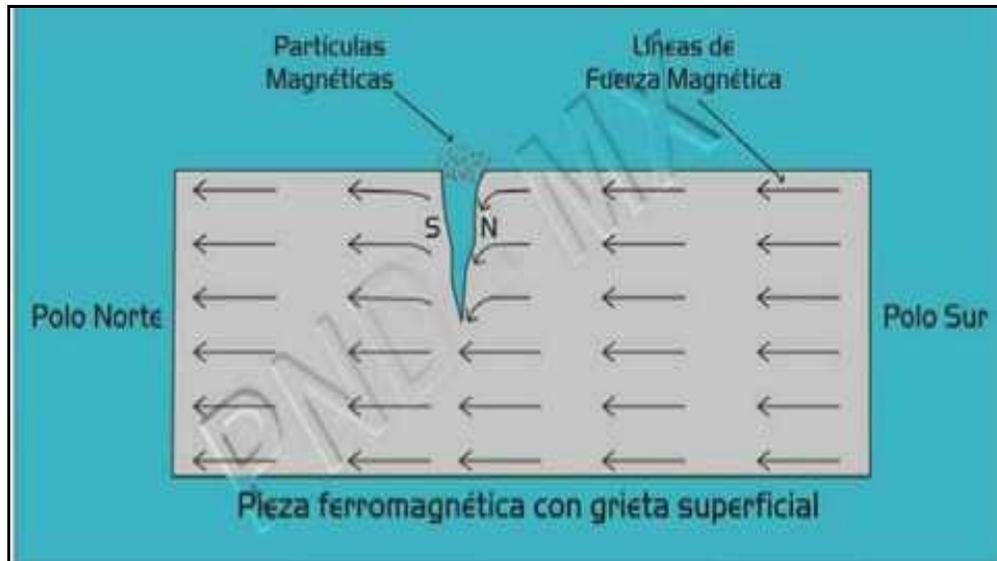
El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético o de los polos cuando se genera o se induce éste en un material ferromagnético; es decir, cuando la pieza presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, este se deforma o produce polo. Las distorsiones o polos atraen a las partículas magnéticas, que fueron aplicados en forma de polvo o suspensión en la superficie sujeta a inspección y que por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de manera directa.

### 2.2.1 VENTAJAS POR PARTICULAS MAGNETICAS

- Requiere de un menor grado de limpieza
- Generalmente es un método más rápido y económico
- Puede revelar discontinuidades que no afloran a la superficie
- Tiene una mayor cantidad de alternativa

### 2.2.2 LIMITACIONES POR PARTICULAS MAGNETICAS

- Son aplicables sólo en materiales ferromagnéticos
- No tiene gran capacidad de penetración
- El manejo del equipo en campo puede ser caro y lento
- Generalmente requiere del empleo de energía eléctrica
- Sólo detectan discontinuidades perpendiculares al campo



**Figura 1. Prueba de partículas magnéticas**

### 2.3 RADRIOGRAFIA INDUSTRIAL

El caso de la Radiografía Industrial (RT), como prueba no destructiva, es muy interesante; pues permite asegurar la integridad y confiabilidad de un producto; además, proporciona información para el desarrollo de mejores técnicas de producción y para el perfeccionamiento de un producto en particular. La Inspección por RT se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

Al aplicar RT, normalmente se obtiene una imagen de la estructura interna de una pieza o componente, debido a que este método emplea radiación de alta energía, que es capaz de penetrar materiales sólidos, por lo que el propósito principal de este tipo de inspección es la obtención de registros permanentes para el estudio y evaluación de discontinuidades presentes en dicho material. Por lo anterior, esta prueba es utilizada para detectar discontinuidades internas en una amplia variedad de materiales.

Dentro de los END, la Radiografía Industrial es uno de los métodos más antiguos y de mayor uso en la industria. Debido a esto, continuamente se realizan nuevos avances que modifican las técnicas radiográficas aplicadas al estudio no sólo de

materiales, sino también de partes y componentes; todo con el fin de hacer más confiables los resultados durante la aplicación de la técnica.

El principio físico en el que se basa esta técnica es la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, siendo esta última de una longitud de onda muy corta y de alta energía.

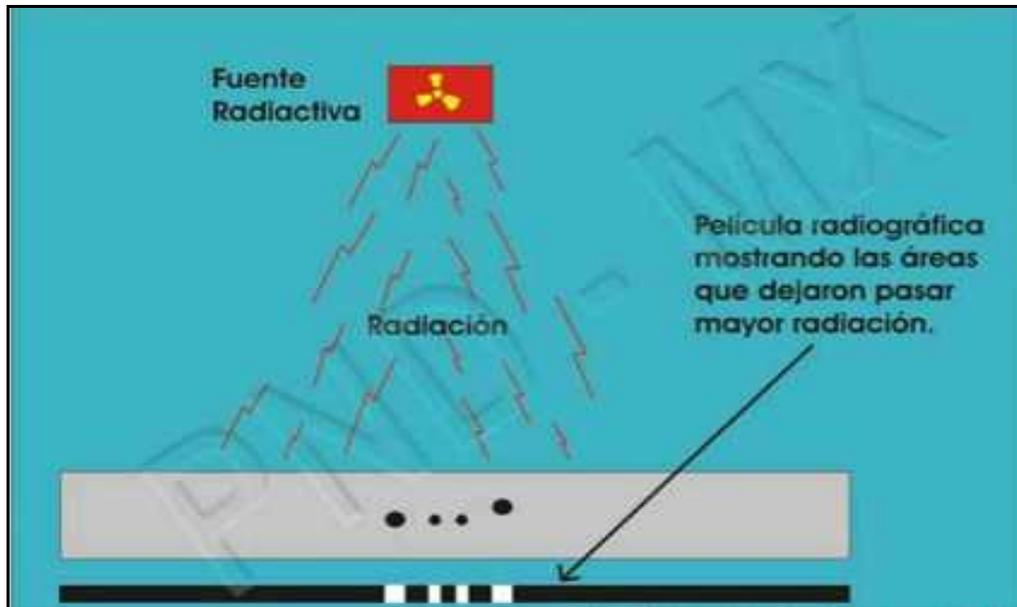
Durante la exposición radiográfica, la energía de los rayos X o Gamma es absorbida o atenuada al atravesar un material, esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor o configuración del material inspeccionado. La radiación ionizante que logra traspasar el objeto puede ser registrada por medio de la impresión en una placa o papel fotosensible, que posteriormente se somete a un proceso de relevado para obtener la imagen del área inspeccionada.

### 2.3.1 VENTAJAS DE LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

- Existe un excelente medio de registro de inspección.
- Su uso se extiende a diversos materiales.
- Se obtiene una imagen visual del interior del material.
- Se obtiene un registro permanente de la inspección.
- Descubre los errores de fabricación y ayuda a establecer las acciones correctivas.

### 2.3.2 LIMITACIONES DE LA RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

- No debe emplearse cuando la orientación de la radiación sobre el objeto sea inoperante, ya que no es posible obtener una definición correcta.
- La pieza de inspección debe tener acceso al menos por dos lados
- Su empleo requiere el cumplimiento de estrictas medidas de seguridad.
- Requiere personal altamente capacitado, calificado y con experiencia.



**Figura 2. Aplicación típica del método de radiografía**

## 2.4 ULTRASONIDO INDUSTRIAL

Este sistema de inspección tiene sus orígenes en los ensayos de percusión, en los cuales los materiales eran golpeados con un martillo y se escuchaba cuidadosamente el sonido que la pieza examinada emitía. La desventaja de estos ensayos es que solo permitían detectar defectos de una magnitud tal que ocasionarán un cambio en el tono del sonido que emitía el material sujeto a prueba y por este motivo eran poco confiables en la inspección preventiva.

La inspección por Ultrasonido Industrial (UT) se define como un procedimiento de inspección no destructiva de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido entre la densidad de un material.

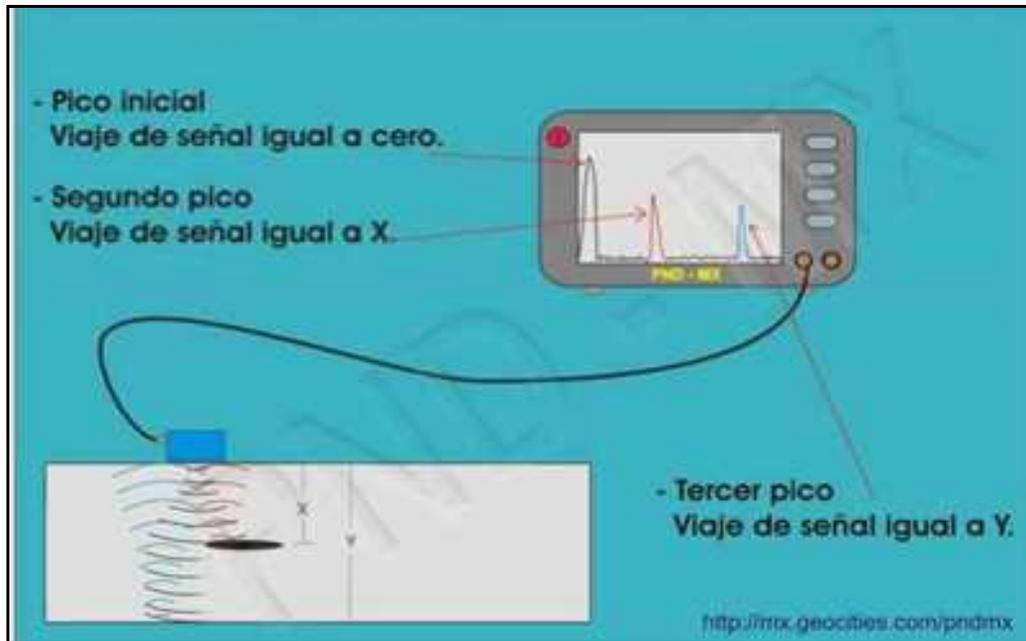
Los equipos de ultrasonido que se emplean actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado, y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0.25 hasta 25 MHz.

#### 2.4.1 VENTAJAS DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL

- Se puede aplicar esta técnica en una gran gama de materiales y a un gran número de productos conformados como: chapas, ejes, vías, tubos, varillas, etc., y a procesos de fabricación tales como: soldadura, fundición, laminación, forja, mecanizado, etc.
- Es aplicable a otras tales como: la Medicina, Navegación, Pesca, Comunicación, entre otras.
- Permite detectar discontinuidades tanto superficiales, subsuperficiales e internas.
- Puede aumentarse la sensibilidad del equipo al realizar un cambio conveniente del palpador.
- Los equipos pueden ser portátiles y adaptables a un gran número de condiciones.

#### 2.4.2 LIMITACIONES DEL ULTRASONIDO INDUSTRIAL

- El equipo y los accesorios son costosos.
- Deben emplearse varios tipos de palpadores a fin de determinar todas las discontinuidades presentes en la pieza, preferiblemente cuando se trata de piezas que han sido ensayadas anteriormente.
- El personal destinado a realizar los ensayos debe poseer una amplia experiencia y calificación en el manejo de la técnica y los equipos.



**Figura 3. Aplicación típica del método de ultrasonido industrial**

## 2.5 PRUEBAS HIDROSTATICAS Y NEUMATICAS

Se utiliza en sistemas o componentes presurizados o que trabajan en vacío, para la detección, localización de fugas y la medición del fluido que escapa por éstas. Las fugas son orificios que pueden presentarse en forma de grietas, fisuras, hendiduras, etc., donde puede recluirse o escaparse algún fluido. La detección de fugas es de gran importancia, ya que una fuga puede afectar la seguridad o desempeño de distintos componentes y reducen enormemente su confiabilidad.

El propósito de estas pruebas es asegurar la confiabilidad y servicio de componentes y prevenir fallas prematuras en sistemas que contienen fluidos trabajando a presión o en vacío. Los componentes o sistemas a los cuales generalmente se les realiza pruebas de detección fugas son:

- Recipientes y componentes herméticos
- Para prevenir la entrada de contaminación o preservar internamente los fluidos contenidos. Por ejemplo: dispositivos electrónicos, circuitos integrados, motores y contactos sellados.
- Sistemas herméticos

- Para prevenir la pérdida de los fluidos contenidos. Por ejemplo: sistemas hidráulicos y de refrigeración; en la industria petroquímica: válvulas, tuberías y recipientes.
- Recipientes y componentes al vacío
- Para asegurar si existe un deterioro rápido del sistema de vacío con el tiempo. Por ejemplo: tubos de rayos catódicos, artículos empacados en vacío y juntas de expansión.
- Sistemas generadores de vacío

Las pruebas hidrostáticas y neumáticas se encuentran incluidas en los ensayos no destructivos y específicamente en los de hermeticidad lo cual nos lleva a redactar los antecedentes desde el inicio de los ensayos o pruebas no destructivas. Los ensayos no destructivos se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro desde 1868 cuando se comenzó a trabajar con sistemas de pruebas para garantizar que el sistema este al 100% en condiciones de operación, de ahí surgieron distintos métodos para percatarse de anomalías una de ellas es la Prueba de Hermeticidad conocida como Prueba Hidrostática y Prueba Neumática, con el fin de verificar la integración físicas, químicas y mecánicas de un sistema para la puesta en operación.

La prueba hidrostática y neumática es una prueba no destructiva mediante el cual se verifica la integridad física de una tubería ó sistema en donde el agua o aire es bombeada a una presión más alta que la presión de operación y se mantiene a esa presión por un tiempo establecido previamente el cual varía según la longitud del tramo a probar. En la prueba hidrostática se verifica la estanquidad y resistencia de la instalación.

## **CAPITULO III**

### 3.0 METODOLOGIA DE ENSAYOS NO ESTRUCTIVOS

A continuación se presentan algunos Ensayos no Destructivos realizados en campo:

#### 3.1 INSPECCION VISUAL

- Paso 1. Realizar limpieza Mecánica (La junta debe estar libre de polvo, escoria, grasa o algún otro agente que impida la correcta inspección de la junta.)



**Imagen 1. Limpieza mecánica**

- Paso 2. Marcar los defectos encontrados en la junta para su interpretación, posible exceso de refuerzo.



**Imagen 2. Defectos encontrados**

- Paso 3. Caracterización e Interpretación de cada discontinuidad de la junta.



**Imagen 3. Interpretación**

- Paso 4. Evaluar de acuerdo al criterio de aceptación y rechazo cada discontinuidad para saber si son relevantes o no relevantes y Marcar los defectos encontrados en la junta para su reparación.



**Imagen 4. Evaluación**

Paso 5. Llenar el ANEXO A4.1 del Procedimiento de Inspección Visual

### 3.2 INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS

- Paso 1. Realizar limpieza Mecánica. (La junta debe estar libre de polvo, escoria, grasa o algún otro agente que impida la correcta inspección de la junta.)



**Imagen 5. Limpieza mecánica**

- Paso 2. Espolvorear las Partículas Magnéticas en la zona a inspeccionar, colocar el Yugo Magnético y magnetizar la zona.



**Imagen 6. Espolvorear las partículas**

- Paso 3. Soplar el exceso de Partículas Magnéticas en toda la zona inspeccionada y caracterizar cada discontinuidad de la junta.



**Imagen 7. Soplar el exceso**

- Paso 4. Interpretación y Evaluación de las discontinuidades de acuerdo al criterio de aceptación y rechazo.



**Imagen 8. Interpretación**

- Paso 7. Llenar el ANEXO D4.1 del Procedimiento de Inspección por Partículas Magnéticas

### 3.3 MEDICION DE ESPESORES

- Paso 1. Se selecciona el Spool a inspeccionar y se coloca gel sobre la tubería en cada zona a medir para que el palpador pueda tener una correcta medición.



**Imagen 9. Se selecciona el spool a inspeccionar**

- Paso 2. Se coloca el transductor sobre la zona más cercana a la soldadura.



**Imagen 10. Colocación de transductor**

- Paso 3. Se realiza la medición de Espesores en 4 puntos cardinales que dependen de la dirección y accesorio a medir del Spool.



**Imagen 11. Medición de espesores**

- Paso 4. Se marca el Spool para así saber que ya se midieron sus Espesores.



**Imagen 12. Marcar spool**

- Paso 5. Llenar el ANEXO C3.1 con los datos necesarios para la trazabilidad del Spool.



## **CAPITULO IV**

## PROCEDIMIENTOS APLICABLES AL PROYECTO

### INSPECCIÓN VISUAL A SOLDADURAS

#### 1.0 OBJETIVO.

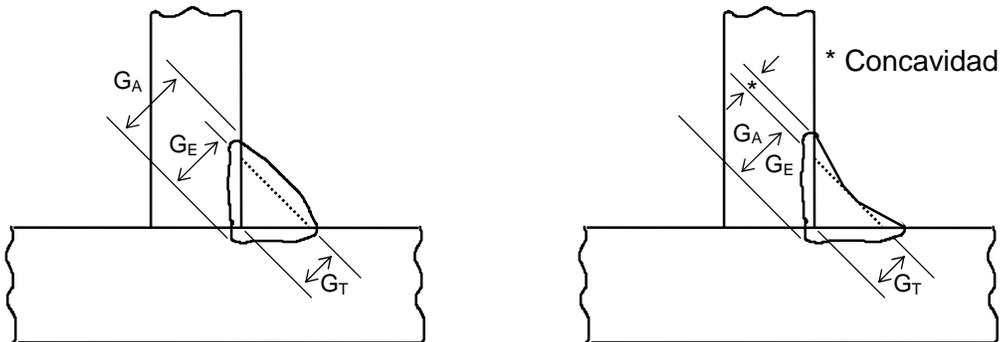
1.1 Establecer los métodos para realizar la inspección visual de soldaduras, así como los criterios de aceptación y rechazo.

#### 2.0 ALCANCE.

2.1 Es aplicable para determinar la condición superficial de todas las soldaduras de tuberías.

#### 3.0 DEFINICIONES.

3.1 Garganta Teórica ( $G_T$ ): Es la distancia perpendicular desde la raíz de la junta a la hipotenusa del triángulo recto más grande que pueda ser inscrito dentro de la sección transversal de la soldadura de filete.



**$G_T$  = Garganta Teórica.  $G_E$  = Garganta Efectiva.  $G_A$  = Garganta Actual.**

3.2 Garganta Efectiva ( $G_E$ ): Es la distancia mínima, menos cualquier convexidad entre la raíz de la soldadura y la cara de la soldadura de filete.

3.3 Garganta Actual ( $G_A$ ): Es la distancia más corta entre la raíz de la soldadura y la cara de la soldadura de filete. Para una soldadura de filete cóncava la  $G_E$  y la  $G_A$  son iguales ya que no hay convexidad presente.

## **4.0 ANEXOS.**

### **A4.1 REPORTE DE INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA.**

## **5.0 RESPONSABILIDADES.**

5.1 El Jefe de Disciplina Mecánica será responsable de proporcionar todas las facilidades al personal para la realización de la inspección visual de las soldaduras, antes, durante y después del proceso de soldadura

5.2 El Gerente de Control de Calidad será responsable de verificar que los trabajos se realicen de acuerdo a las especificaciones.

## **6.0 PROCESO.**

6.1 Métodos de inspección visual: La inspección visual podrá realizarse por cualquiera de los siguientes métodos

6.1.1 Inspección visual directa: Este examen se realizará cuando exista suficiente acceso para observar la superficie a examinar a una distancia de 61 cm (24") y que el ángulo de visión con respecto a la superficie sea igual ó mayor a 30° Pueden utilizarse espejos y lupas de aumento para facilitar el examen.

6.1.2 Inspección visual remota: Este examen se realizará cuando no pueda realizarse la inspección visual directa. Se podrán utilizar espejos, boroscopios, cámaras e instrumentos similares para realizar el examen, debiendo tener tales instrumentos una capacidad de resolución al menos equivalente a la del examen visual directo.

6.2 Limpieza de la superficie a examinar: Antes de realizar la inspección visual, se verificará que la superficie este seca y libre de polvo, grasa, escoria u otra materia extraña que pueda interferir con el examen, la preparación de la superficie por esmerilado y maquinado. Puede ser necesaria cuando las irregularidades de la superficie confundan ó enmascaren discontinuidades.

6.2.2 La limpieza puede ser completada usando detergentes, solventes orgánicos, soluciones descamantes, removedores de pintura, vapor desengrasante, etc.

6.3 Condiciones de iluminación: El área a ser inspeccionada debe estar adecuadamente iluminada, mediante luz blanca natural o artificial. El mínimo nivel de luz debe ser 50 candelas.

6.4 Instrumentos y equipos: Si se utilizan instrumentos de medición.

6.5 Secuencia del examen: La Inspección visual se realizará durante las siguientes tres etapas:

**a) Antes de soldar se verificará lo siguiente:**

- Conformidad del metal base y del metal de aporte.
- Procedimiento de soldadura (WPS) apropiado y calificado.
- Calificación del soldador apropiada.
- Condiciones del equipo de soldadura.
- Horno portátil en buenas condiciones.
- Adecuada preparación de biseles (ángulo del bisel) y limpieza de los mismos.
- Abertura de raíz y Alineamiento interno de biseles dentro de tolerancia.
- Temperatura de precalentamiento (cuando se requiera)
- Protección de la junta a soldar contra el viento y lluvia (cuando se requiera).

**b) Durante la soldadura se verificará:**

- Cumplimiento con los parámetros previstos en el WPQ.
- Temperaturas entre cordones.
- Limpieza entre cordones.

**c) Después de soldar se verificará:**

- Sanidad y apariencia de la soldadura terminada.
- Tamaño y dimensiones de la soldadura.

- La realización o monitoreo de los exámenes no destructivos especificados.
- Monitorear el relevado de esfuerzos (PWHT) (cuando se requiera).

6.6 Criterios de aceptación. Se realizará la inspección visual a toda la soldadura terminada para verificar que se cumplen con los criterios de aceptación aplicables.

6.6.1 Criterios de aceptación para componentes dentro del alcance del código **ASME**. Se considerarán inaceptables las siguientes indicaciones:

- a) Grietas, falta de fusión y penetración incompleta.
- b) Porosidad, escoria, salpicaduras de soldadura, golpes de arco (incluyendo al metal base).
- c) Cráteres (con ó sin defectos de contracción en los mismos).
- d) Áreas de soldadura con un llenado insuficiente ó que sea por debajo de la superficie externa de la tubería.
- e) Socavados locales en tubería de servicio de fluido normal, si exceden de 0.8 mm (1/32"), de profundidad y con una longitud que exceda los 3.0 mm. Para las tuberías sometidas a cargas cíclicas severas no se permiten socavados.
- f) Concavidades en la raíz cuya profundidad exceda la altura del refuerzo de la soldadura ó sea que reduzca el espesor de la soldadura por debajo del espesor nominal de la pared del más delgado de los dos componentes unidos por la soldadura a tope (cuando la superficie interna es accesible).
- g) Se permite el acabado superficial, tal y como queda después de soldar, la superficie de las soldaduras deben estar suficientemente libres de ondulaciones gruesas, muescas, traslapes, crestas abruptas y valles, para permitir la adecuada interpretación de los END y para evitar incrementadores de esfuerzos.

h) Refuerzo de soldadura y protuberancias internas (penetración excesiva), en soldaduras a tope.

i) Para soldaduras de filete la altura del refuerzo es medida a partir de la garganta teórica.

6.6.2 Para estructuras Tubulares, serán inaceptables las siguientes indicaciones:

a) Fisuras, falta de fusión.

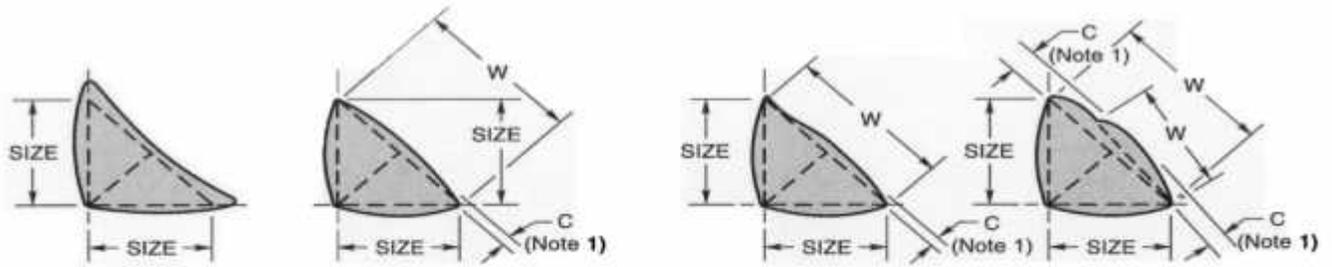
b) Porosidad en soldaduras de ranura de penetración completa en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo tensión.

- Cualquier Porosidad.

- Para todas las demás ranuras soldadas la frecuencia de porosidad cilíndrica no debe exceder una en 4" (100mm) de longitud y el diámetro máximo no debe exceder 3/32" (2.5mm).

e) Porosidad cilíndrica en soldaduras de filete.

- Con una frecuencia mayor de un poro en cada 10.0 cm (4") de longitud de soldadura.

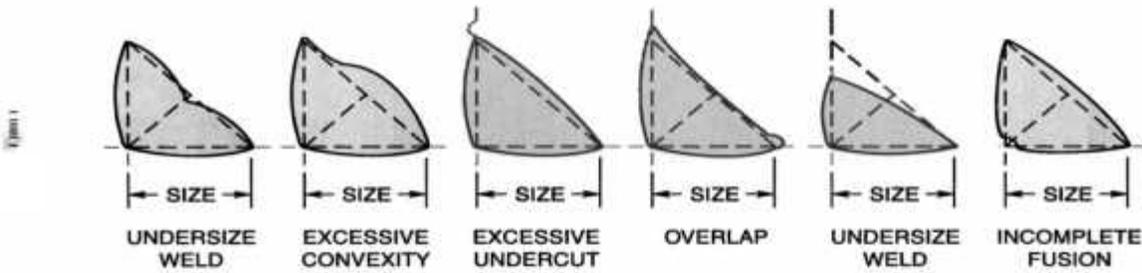


**(A) DESIRABLE FILLET WELD PROFILES**

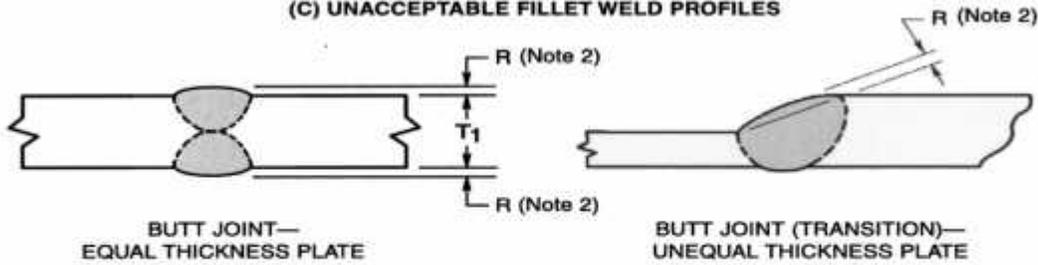
**(B) ACCEPTABLE FILLET WELD PROFILES**

Note 1. Convexity, C, of a weld or individual surface bead with dimension W shall not exceed the value of the following table:

WIDTH OF WELD FACE OR INDIVIDUAL SURFACE BEAD, W	MAX CONVEXITY, C
$W \leq 5/16$ in. [8 mm]	1/16 in. [2 mm]
$W > 5/16$ in. [8 mm] TO $W < 1$ in. [25 mm]	1/8 in. [3 mm]
$W \geq 1$ in. [25 mm]	3/16 in. [5 mm]

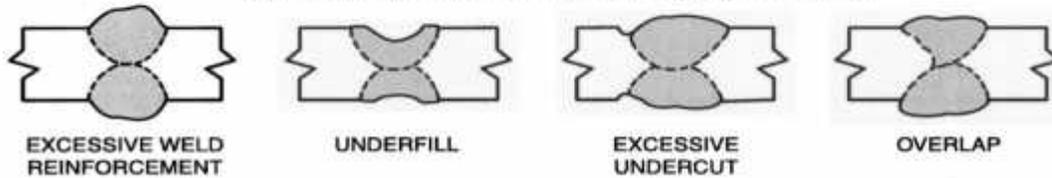


**(C) UNACCEPTABLE FILLET WELD PROFILES**



Note 2. Reinforcement R shall not exceed 1/8 in. [3 mm] (see 5.24.4).

**(D) ACCEPTABLE GROOVE WELD PROFILE IN BUTT JOINT**



**(E) UNACCEPTABLE GROOVE WELD PROFILES IN BUTT JOINTS**

**Figura 4. Perfis de soldadura aceptables e inacceptables**

## EXAMEN RADIOGRAFICO A SOLDADURA

### 1.0 OBJETIVO

1.1 Describir el proceso de examen radiográfico de soldaduras y establecer los límites de evaluación de radiografías e imágenes radiográficas de soldadura.

### 2.0 ALCANCE.

2.1 Es un proceso que aplica a los exámenes radiográficos realizados con rayos gamma, a simple y doble pared, en soldaduras de tubería, recipientes a presión, estructuras de acero, fabricación. Y tubería de proceso, la cual el espesor varía de 3 a 36 mm.

### 3.0 DEFINICIONES.

3.1Indicación relevante: Es aquella indicación causada por una condición o tipo de discontinuidad que requiere ser evaluada.

3.2Indicación lineal: Es aquella indicación cuya longitud máxima es mayor de tres veces su ancho.

3.3Indicación redondeada: Es aquella indicación cuya longitud máxima es tres veces ó menos su ancho, pueden ser circulares, elípticas, cónicas e irregulares y pueden tener cola. La indicación puede ser poro de escoria ó tungsteno.

3.4Área de interés: Es aquella zona que comprende la soldadura y 10 mm a cada lado de la soldadura.

### 4.0 ANEXOS.

B4.1 REPORTE DE INSPECCION RADIOGRÁFICA.

B4.2 CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO POR CÓDIGOS APLICABLES DE CONSTRUCCIÓN.

## 5.0 RESPONSABILIDADES.

5.1 El especialista de seguridad del Contratista es el responsable de verificar que el manejo y almacenaje de fuentes radioactivas, de seguridad del proveedor del servicio, así mismo atestiguará periódicamente la revisión de hermeticidad del contenedor de la fuente radioactiva por parte del proveedor, incluyendo la revisión de los accesorios para manipular la fuente radiactiva.

5.2 El personal del contratista de radiografía es responsable de delimitar el área restringida y vigilar que de acuerdo a la regulación vigente, ninguna persona se exponga innecesariamente a la radiación. El especialista de seguridad será responsable de constatar que la compañía cuente con el proceso para delimitar el área de seguridad así como hacer revisiones al azar de la limitación del área restringida, antes de otorgar el permiso de trabajo y durante la jornada.

## 6.0 PROCESO.

6.1 Inspección visual y condición superficial de la soldadura: Antes de realizar la inspección radiográfica de las soldaduras, éstas deben haber sido aceptadas visualmente. Las escamas del cordón ó las irregularidades de la soldadura internas (cuando sea accesible) y externas, deben removerse mediante medios mecánicos, de tal forma que la imagen resultante de las irregularidades no enmascare discontinuidades y se confundan con la imagen de estas últimas.

6.2 Tipo de película:

Las siguientes tipos de películas deben ser utilizadas para la Inspección Radiográfica:

<b>Clase Película</b>	<b>AGFA Structurix</b>	<b>Kodak Industrex</b>	<b>Fuji</b>
I	D2,D3,D4,D5	MX 125	IX50, IX80
II	D7,D8	AA400	IX100
III		CX	IX150

**Tabla 2. Clasificación De Películas**

- No se permite utilizar película con fecha de caducidad vencida.
- La película será de tamaño comercial, y tendrá 89 mm (3.5") de ancho como mínimo y una longitud de 200 mm (8") Y 400 mm (16"). El uso de otros tamaños debe ser autorizado por personal de Control de Calidad.
- La película sin exponer será almacenada en forma vertical, en lugares secos, libres de humedad.

### 6.3 Fuentes de radiación y niveles de energía:

6.3.1 El único isótopo permitido es Iridio 192, el tamaño del punto focal de la fuente no debe exceder de 4.8 mm.

Para cada isótopo que se utilice, el Contratista deberá presentar al personal de control de calidad, el certificado de origen proporcionado por el proveedor, con la siguiente información como mínimo:

- Tipo de isótopo.
- No. de serie.
- Tamaño de la fuente.
- Actividad de la fuente en la fecha en que se emitió el certificado.

La actividad permitida de las fuentes de radiación debe ser de 110 Curies como máximo y de 20 Curies como mínimo, restricciones adicionales al tamaño de la fuente pueden ser solicitadas por el departamento de control de calidad de sitio, en base al volumen de trabajo y espesores promedio del mismo.

El contenedor de la fuente de radiación debe garantizar la integridad de la fuente radioactiva y debe ser aprobado por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas.

6.4 Protección contra la radiación dispersa posterior: Para verificar la existencia de la radiación "backscatter" (Secundaria), se anexará a la parte trasera de cada porta película un símbolo de plomo "B" de 1.5 mm de espesor y 10 mm de altura. En caso de que se observe dicha letra en la radiografía

con una densidad menor que la del fondo, se deberá colocar pantallas de plomo posteriores más gruesas para proteger la película de dicha radiación y se tomará nuevamente la radiografía.

#### 6.5 Pantallas intensificadoras:

6.5.1 Las pantallas de intensificación serán de plomo, no se permiten pantallas salinas o fluorescentes. El espesor mínimo de la pantalla de plomo frontal debe ser de 0.13 mm y el de la pantalla de plomo posterior debe ser de 0.26 mm.

6.5.2 Todas las pantallas deben manejarse con cuidado para evitar que se produzcan ralladuras ó que se deposite polvo y grasa sobre sus superficies activas. La grasa y la pelusa pueden eliminarse con un solvente, se deberán revisar periódicamente.

6.5.3 Un número progresivo impreso en una esquina para identificación con la finalidad de sustituir las que estén defectuosas.

#### 6.6 Penumbra geométrica.

6.6.1 La penumbra geométrica de la radiografía será determinada de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$U_g = Ft/do.$$

**Dónde:**

**U<sub>g</sub>** = Penumbra Geométrica.

**F** = Tamaño de la fuente. (Pulgadas).

**do** = Distancia desde la fuente de radiación al objeto radiografiado (Pulgadas).

**t** = Distancia desde la soldadura radiografiada del lado de la fuente a la película.

#### 6.7 Identificación y marcas de localización:

6.7.1 Para identificar la ubicación de las radiografías en la soldadura, se enrollará una cinta métrica alrededor del tubo, con marcadores de plomo espaciados cada 100 mm ó fracción. Se marcará en la tubería con tinta

indeleble, el origen (cero) y la dirección de la numeración, de acuerdo a criterios dados por el personal de control de calidad.

6.7.2 Como alternativa pueden colocarse marcas de localización, las cuales aparecerán como imagen radiográfica, deben colocarse sobre la pieza, no sobre la porta película. Su localización debe marcarse sobre la superficie de la pieza que está siendo radiografiada cuando sea posible, si no sobre un dibujo, de tal manera que sea posible localizar con precisión sobre la pieza, el área de interés que muestra la radiografía, también sirven para indicar en la radiografía que la cobertura requerida se ha obtenido.

6.8 Requisitos de iluminación del cuarto oscuro:

6.8.1 Las películas deben manejarse bajo luz de seguridad, las condiciones de iluminación deben ser de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

6.8.2 La luz ambiental del cuarto oscuro debe ser tal que exista penumbra, no oscuridad total.

6.8.3 El evaluador debe permanecer dentro del cuarto oscuro al menos 5 minutos antes de iniciar la observación de las radiografías.

6.9 Requisitos de la densidad radiografía.

6.9.1. Limitaciones en la densidad: La densidad transmitida a través de la imagen radiográfica tipo alambre y la del área de interés debe ser 2.0 como mínimo y de 4.0 como máximo para la observación a simple película. Las variaciones entre lecturas del densito-metro tienen una tolerancia de 0.05 en densidad.

6.9.2. El dispositivo para la observación y evaluación de radiografías (Negatoscopio), debe ser de intensidad luminosa variable, suficiente para observar películas radiográficas con densidad.

6.10 Etapas y áreas de examen: El examen radiográfico será solicitado por escrito por el personal de control de calidad, en dicha solicitud se deben indicar todos los datos necesarios para la realización del examen, así como la cobertura requerida que puede ser al 100% ó por sectores.

## 6.11 Desarrollo de la Inspección.

6.11.1 Limpieza requerida: Antes de realizar el examen radiográfico se debe realizar una inspección visual para verificar que las soldaduras a radiografiar estén limpias y libres de defectos como: socavados, poros, fisuras, falta de penetración, escoria, salpicaduras de soldadura, grasa y suciedad.

## 6.12 Plantilla de identificación:

6.12.1 Con la finalidad de tener una identificación permanente en la radiografía que permita tener la rastreabilidad de la soldadura, cada radiografía debe mostrar claramente, junto a la soldadura (nunca sobre el área de interés), además de los IQIs y marcas de localización, la siguiente información:

- Nombre y No. del proyecto.
- Símbolo del Contratista que realiza las radiografías.
- Estampa del soldador.
- Número de identificación de la soldadura.
- Número de plano o isométricos de la tubería.
- Valores nominales del diámetro y espesor de pared de la tubería.

## 6.13 Técnica radiográfica

6.13.1 La técnica de exposición a simple pared deberá usarse siempre que sea práctico, en caso contrario se utilizará la técnica de exposición a doble pared. Se harán el número de exposiciones que sean necesarias para demostrar que se obtuvo la cobertura requerida

6.13.2 Técnica de exposición a simple pared. Con esta técnica de exposición, la radiación pasa a través de una sola pared de la soldadura (material).

6.13.3 Técnicas de exposición a doble pared. Con esta técnica de exposición, la radiación pasa a través de las dos paredes de la soldadura (material) y dependiendo del número de paredes que se observen en la película.

6.14 Colocación de marcas de localización: Las marcas de localización se deben colocar de la siguiente forma:

Si se observa a simple pared debe ser con:

a) Marcas de lado fuente. Las marcas de localización deben colocarse sobre el lado fuente cuando se radiografía lo siguiente:

1. Componentes planos y las juntas longitudinales en componentes cilíndricos o cónicos.
2. Componentes curvos, esféricos cuyo lado cóncavo está del lado fuente y cuando la distancia fuente – objeto, es menor que el radio interno del componente.
3. Componentes curvos o esféricos cuyo lado convexo está del lado fuente.

b) Marcas de lado película.

1. Las marcas de localización deben colocarse sobre el lado película cuando se radiografíen componentes curvos ó esféricos cuyo lado cóncavo está del lado fuente y cuando la distancia fuente-objeto es mayor que el radio interior del componente.
2. Como una alternativa a la colocación del lado fuente indicada en (a)(1) anterior, las marcas de localización pueden colocarse sobre el lado película cuando la radiografía muestre una cobertura más allá de las marcas de localización y cuando esta alternativa se documente.

c) Marcas en ambos lados:

Las marcas de localización se podrán colocar en el lado fuente ó lado película cuando se radiografíen componentes esféricos cuyo lado cóncavo está del lado fuente y cuando la distancia fuente-objeto es igual que el radio interior del componente.

6.14.1 Observación a doble pared:

Para la observación a doble pared, al menos una marca de localización debe colocarse sobre la superficie del lado fuente adyacente a la soldadura (sobre el material dentro del área de interés) para cada radiografía, este es el caso de exposiciones en elipse.

6.15 Distancia fuente película: La distancia fuente película mínima esta determinada por el valor de la penumbra geométrica y por la longitud de la película.

6.16 Colocación de la película en la pieza: La película debe colocarse lo más próxima posible de la pieza a radiografiar y la dirección del haz central de radiación debe estar centrado sobre el área de interés a examinar.

6.17 Tiempo de exposición: Una vez determinado el tiempo de exposición calculado se iniciará a cronometrarse en el momento en que la fuente de radiación se haya colocado a la distancia previamente determinada, preferentemente se deben realizar exposiciones completas solo cuando no sea posible lo anterior se permitirán exposiciones parciales.

6.18 Procesado de la película: El revelado se realizará de acuerdo a las indicaciones que proporcionen los proveedores de películas y químicos utilizados.

6.19 Secado: El secado manual puede variar desde aire a la temperatura ambiente hasta la temperatura de 60°C con aire circulante con ventilador. Las condiciones de secado deben realizarse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

6.20 Áreas de observación de las películas: El área de observación de las películas debe ser un lugar seco y fresco, debe estar arreglado para que no produzca reflexiones en la superficie de las películas bajo observación.

6.21 Requisitos de espacio e iluminación: El área de observación debe ser lo suficientemente grande para permitir que cómodamente se realice la observación de las películas, debe tener una iluminación baja casi penumbra (no-oscuridad total) que no cause problemas de reflexión, sombras ó deslumbramiento sobre las radiografías.

6.22 Equipo requerido para la observación de radiografías: El equipo usado para la observación de las radiografías para su interpretación debe consistir de una fuente de iluminación de intensidad variable suficiente para que permita observar el agujero o alambre especificado en el rango de densidad permisible. Las condiciones de iluminación deben ser tales que la luz de los bordes de la radiografía y que provenga de partes de la radiografía con densidad baja no interfiera con la interpretación.

6.23 Evaluación de la calidad de la imagen radiográfica:

6.23.1 Todas las radiografías deben estar libres de manchas químicas, mecánicas para evitar que se enmascaren y se confundan con la imagen de una discontinuidad dentro del área de interés de la soldadura, tales manchas incluyen pero no se limitan a las siguientes:

- a) El velo de imagen.
- b) Defectos de procesamiento tales como marcas de agua manchas químicas.
- c) Marcas de dedos, marcas de cargas estáticas.
- d) Falsas indicaciones debido a pantallas defectuosas.

6.23.2 Las radiografías se deben realizar con una técnica con suficiente sensibilidad para que se observe la imagen del IQI del alambre apropiado, del IQI tipo alambre, los cuales son indicaciones esenciales de la calidad de imagen de la radiografía.

6.24 Indicaciones registrables: Todas las indicaciones presentes en la imagen radiográfica de la soldadura deben ser identificadas y si proceden de discontinuidades se considerarán indicaciones relevantes y se deberán de evaluar y registrar.

6.25 Marcado de las Piezas.

6.25.1 En caso de resultar rechazada la soldadura, el personal de radiografía deberá marcar físicamente con tinta indeleble la(s) zona(s) de la soldadura a reparar, indicando el tipo de defecto a eliminar, adicionalmente pueden utilizarse plantillas de papel para la localización de los defectos.

6.25.2 El marcado de las soldaduras se hará de la siguiente forma:

- a) Se debe usar para el marcado tinta indeleble.

- b) Sé debe indicar un punto de origen en la soldadura así como el sentido de la numeración.
- c) Sé deben indicar sobre la soldadura las marcas de localización o sectores.

6.26 Reporte de Resultados: Las inspecciones llevadas a cabo y la información correspondiente deben ser documentadas.

6.27 Almacenamiento de Película Procesada: Las radiografías deben almacenarse usando el mismo cuidado que para cualquier registro de calidad, en un lugar fresco y seco, es preferible que los sobres de las películas tengan costura lateral en vez de costura central y que dicha costura este unida con un adhesivo de barra, ya que otros adhesivos algunas veces producen manchas y decoloraciones en la imagen radiográfica. Las radiografías serán retenidas hasta la entrega de las mismas al cliente.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN.- Las soldaduras cuya imagen radiográfica tenga cualquiera de las siguientes discontinuidades sé consideraran rechazadas:

- a) Grietas de cráter cuyas longitudes excedan de 4.0 mm.
- b) Falta de penetración ó Falta de fusión.
- c) Falta de fusión debido a traslape frío.
- d) Concavidades en la raíz.
- e) Porosidad individual ó porosidad dispersa.
- f) Porosidad agrupada.
- g) Refuerzo de soldadura que exceda de 1.6 mm.
- h) Áreas de soldadura con un llenado insuficiente.
- i) Socavados con una profundidad mayor de 0.8 mm ó mayor del 12.5% del espesor del tubo.
- j) Socavados con una profundidad mayor de 0.4 mm.
- k) Quemadas en tubería mayor.
- o) Inclusión de escoria en tubería.

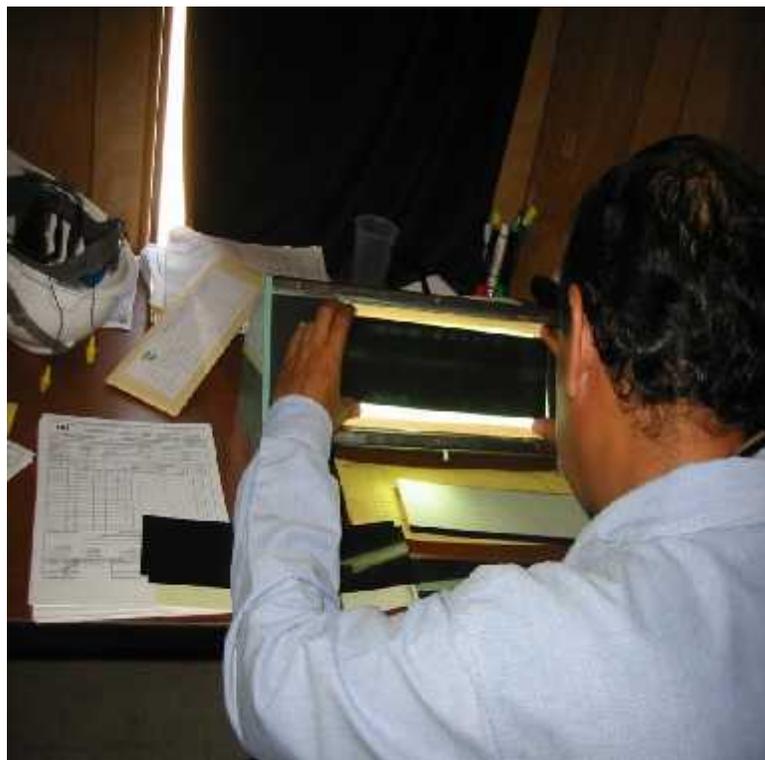
q) Materiales y sus reparaciones por soldadura



**Imagen 13. Equipo de blindaje de rayos gamma**



**Imagen 14. Soldadura a inspeccionar por E.N.D radiográfico**



**Imagen 15. Interpretación de placas radiográficas**

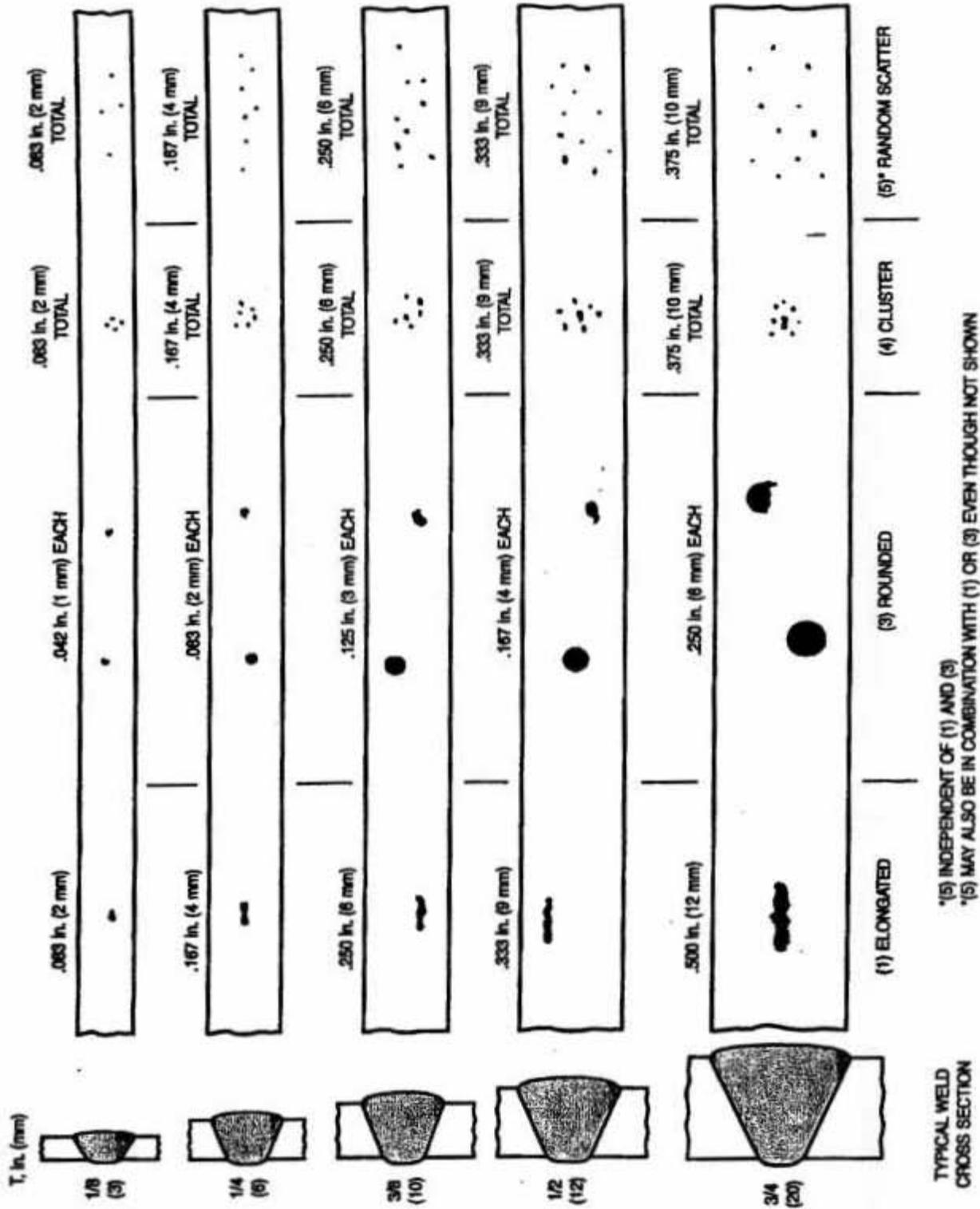


Figura 5. Estándares de aceptación y rechazo en placas radiográficas

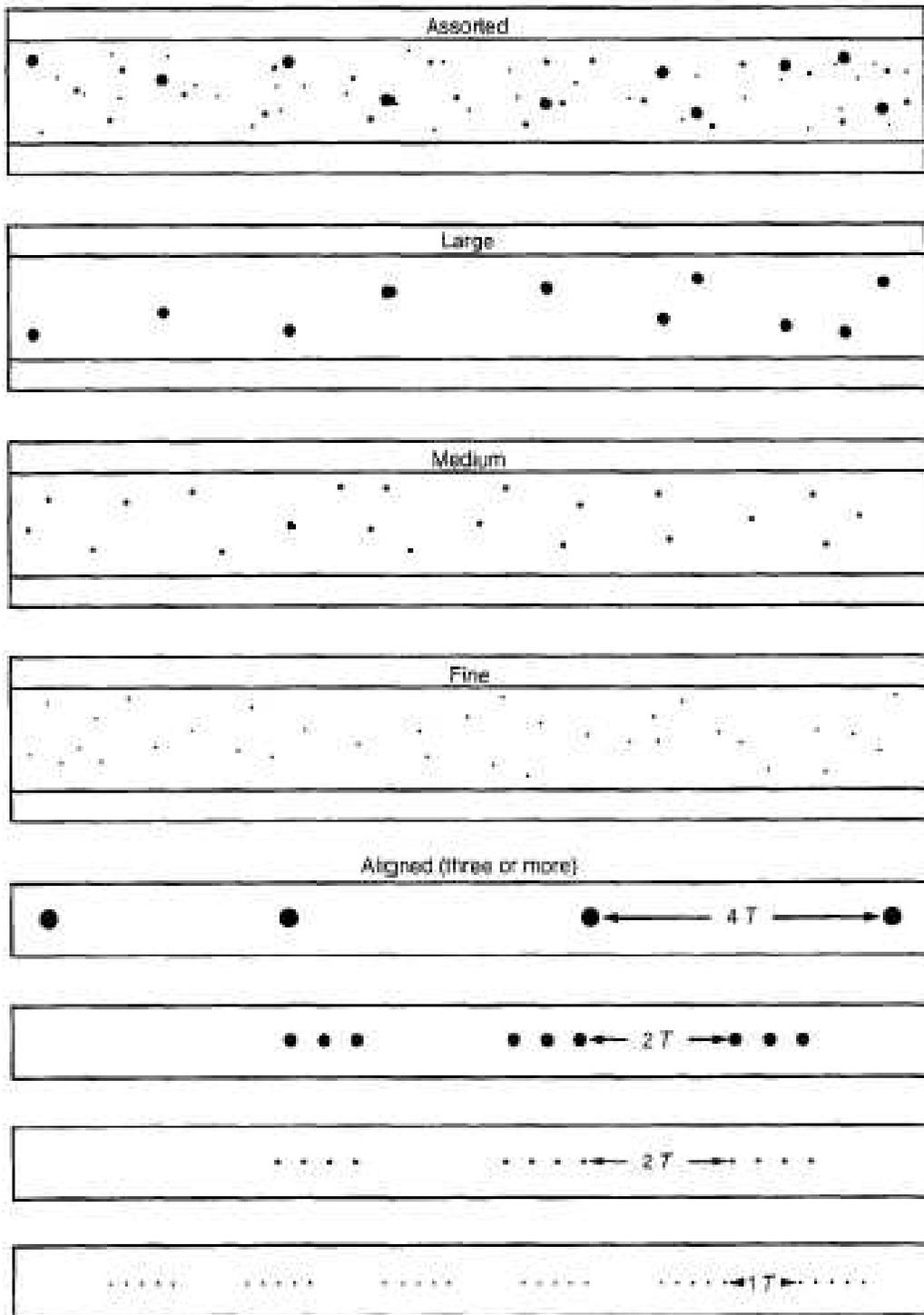


Figura 6. Estándares de aceptación y rechazo en placas radiográficas

# MEDICION DE ESPESOR POR EL METODO DE ULTRASONIDO

## 1.0 OBJETIVO

1.1 Describir el método de medición del espesor, por la técnica de ultrasonido Eco, en donde la medida del espesor es indicada en una pantalla análoga o digital.

## 2.0 ALCANCE

2.1 Este proceso cubre las tuberías y equipos que requieran ser sometidos a la inspección y verificación de medición de espesores.

## 3.0 ANEXOS

C3.1 REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESORES.

## 4.0 RESPONSABILIDADES

4.1 El Superintendente de Control de Calidad es responsable de asegurar y verificar que todas las actividades sean realizadas.

## 5.0 PROCESO

5.1 Este examen debe ser llevado a cabo con un instrumento de Ultrasonido de Impulso Eco, calibrado capaz de generar frecuencias sobre el rango al menos de 1 MHz a 8 MHz ó a cualquier frecuencia capaz de resolver el rango del espesor a ser medido.

5.2 Los blocks de calibración deben tener una velocidad ultrasónica, forma y acabado superficial similar a la de la pieza a medir.

5.3 El personal que realice las mediciones de espesores de ultrasonidos debe estar familiarizado con el manejo del equipo.

5.4 El equipo utilizado debe estar calibrado e identificado dentro de la bitácora de equipo de medición.

5.5 La superficie a examinar debe estar libre de aceite, óxido, tierra, incrustaciones y otra materia extraña que pueda impedir la transmisión del sonido en material a medir.

5.6 Antes de realizar la medición de materiales y equipos, se deberá cumplir

con los puntos anteriormente descritos y verificar los siguientes puntos:

- Asegurarse que el equipo no esté descargado..
- Cuidar que el acoplante sea el mismo que se utilizó en la calibración del equipo.
- Identificar en forma precisa los circuitos en los que se va a realizar la medición.

5.7 Recomendaciones para la medición de tuberías con diámetros de 2" y mayores a nivel de piso:

- a) Los tramos rectos de tubería mayor a los 2 m de longitud, se medirá en un extremo en los cuatro cuadrantes.
- b) Los tramos rectos de tubería menor a 2 m de longitud, se medirán en un extremo en los cuatro cuadrantes.

c) En accesorios:

Tee: En tres puntos de medición.

Codo: En cuatro puntos, teniéndose mayor atención en el radio. En el radio exterior por ser la parte del material que mayor estiramiento sufre al ser fabricada la pieza.

Reducción: En tres puntos de medición.

5.7.1 MEDICIÓN EN ALTURA:

- a) Todos los tramos rectos de tubería de cualquier longitud, se medirán cuatro puntos, lo más cercano a la soldadura después de ella, en la dirección del flujo.

5.8 Recomendaciones para la medición de tubería con diámetros menores de 2":

- a) En tramos rectos de tubería de cualquier longitud, ya sea en piso ó altura, se procederá a tomar dos puntos de medición por pieza.
- b) Las conexiones forjadas como nipolet, weldolet, sockolet, etc, se deberán medir de la siguiente manera:

- 1) Dos puntos de medición en el cuerpo de la conexión.
- 2) Dos puntos de medición en el cuerpo de la tubería.

#### 5.9 Inspección en equipos

5.9.1 La medición de espesores en equipos será de acuerdo a un mapa conciliado por el cliente o entregado por Ingeniería.

5.10 Los resultados de la medición deben registrarse tomando como base la posición física de la tubería (vertical / horizontal) y anotar valores en la casilla correcta.

# INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS

## **1.0OBJETIVO.**

1.1 Definir el método operativo y los criterios de aceptación para realizar la inspección con partículas magnéticas por el método de Yugo, en materiales metálicos ferromagnéticos, tales como metal base, soldaduras ó reparaciones por soldadura, con la finalidad de determinar la sanidad superficial ó subsuperficial dentro del alcance del método.

## **2.0ALCANCE.**

2.1. Este proceso cubre prefabricados y fabricación de tuberías, tanques, recipientes a presión y estructuras

2.2 Aceptación y rechazo para las indicaciones obtenidas durante la inspección por partículas magnéticas con el método de yugo.

## **3.0DEFINICIONES.**

3.1 Indicaciones relevantes: Son aquellas, que resultan de discontinuidades mecánicas, y cuya dimensión es mayor de 1.6 mm.

3.2 Indicaciones Lineales: Son las cuales su longitud es más de tres veces su ancho.

3.3 Indicaciones redondeadas: Estas indicaciones pueden ser circulares o elípticas, su longitud es máximo tres veces su ancho.

3.4 Área de interés: La porción específica del objeto que está siendo sometida a evaluación.

## **4.0ANEXOS.**

D4.1 REPORTE DE INSPECCION CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS POR EL MÉTODO DE YUGO.

## **5.0RESPONSABILIDADES.**

5.1 El Jefe de disciplina de obra mecánica proveerá todas las facilidades al personal de control de calidad.

## 6.0 PROCESO.

6.1 Técnica: Este procedimiento se restringe a la técnica de Yugo con partículas secas no fluorescentes.

6.2 Materiales, equipos y accesorios

6.2.1 Para la aplicación de este proceso se establece el equipo y materiales disponibles para el examen.

- a) Indicador de campo magnético.
- b) Extensión eléctrica de 110V con dos contactos.
- c) Trapo limpio.
- d) Solvente.
- e) Marcadores para metal.
- f) Flexómetro de 3 m mínimo.
- g) Cinta adhesiva transparente.
- h) Lupa de 4x mínimo.
- i) Yugo magnético con polos móviles con distancia máxima de 10".
- j) Aplicadores para polvo seco.
- k) Medidor de magnetismo residual.
- l) Partículas: magnéticas para método seco.

6.3 Preparación de superficie: Se pueden obtener resultados satisfactorios cuando la superficie a examinar está tal como queda después de soldar. Sin embargo puede ser necesario la preparación superficial por esmerilado u otro método cuando las irregularidades de la superficie puedan enmascarar indicaciones de discontinuidades inaceptables

6.3.1 La superficie a examinar, así como las áreas adyacentes en una extensión no menor que 25.4 mm (1"), deberán estar secas, libres de grasa, escoria de soldadura, óxido u otros contaminantes, la rugosidad superficial no debe ser mayor a 250 micro pulgadas.

6.3.2 Preparación del equipo:

Antes de utilizar el equipo para inspección, debe verificarse lo siguiente:

- a) Que la etiqueta de calibración este vigente, se establece vigencia de 6 meses.
- b) Al menos una vez por semana debe verificarse la fuerza de levantamiento del Yugo con una placa certificada.
- c) Al menos una vez por semana debe verificarse la sensibilidad del método con una placa certificada con defectos.
- d) Durante la prueba en ésta placa también debe verificarse el indicador de campo magnético.
- e) La calibración de los Yugos debe documentarse y controlarse.

6.3.3 Nivel de iluminación ambiental: Las indicaciones pueden ser evaluadas con luz blanca natural o artificial

#### 6.4 Inspección.

6.4.1 Cobertura del examen: El examen deberá realizarse al menos en dos direcciones de magnetización a 90° aproximadamente una de otra, con un traslape que asegure cobertura total del área examinada.

6.4.2. Debe Verificarse la orientación del campo magnético, cada vez que cambie la forma del producto a examinar por ejemplo: soldadura o metal base, esta verificación se hace por medio del indicador de campo magnético.

6.4.3. Separación entre puntas, la separación mínima entre puntas será de 3" como mínimo y 8" como máximo.

6.4.4. Solo es aceptable aplicar las partículas magnéticas y remover el exceso de estas durante la aplicación del campo magnético a la pieza.

#### 6.5 Inspección.

6.5.1 Todas las indicaciones reales que se presentan definidas con las partículas magnéticas adheridas a la superficie de la pieza mientras este aplicado el campo magnético después de remover el exceso de partículas con aire a presión, deben ser consideradas para evaluación de indicaciones.

## 6.6 Evaluación.

6.6.1 Las indicaciones determinadas como reales serán calificadas como redondeados ó alargados. Para determinar si son relevantes ó no relevantes y aplicar los criterios de aceptación y rechazo del estándar aplicable.

## 6.7 Formas de registro.

6.7.1 El reporte de prueba debe ser llenado con todos los datos requeridos, si fuese necesario, se incluirán hojas adicionales con croquis o diagramas de localización de defectos y las impresiones de las indicaciones, removidas con cinta adhesiva transparente directamente de la superficie de la pieza examinada.

## 6.8 Limpieza posterior.

6.8.1 Una vez terminado el examen, cuando se requiera limpieza posterior esta será realizada con trapo limpio o cepillo de alambre.

## 6.9 Evaluación de las indicaciones.

6.9.1 Las discontinuidades mecánicas de la superficie serán detectadas por la adhesión de partículas magnéticas durante la aplicación del campo magnético, el color de estas partículas debe seleccionarse de tal manera que se obtenga el máximo contraste con el color del acabado de la pieza a examinar. Debe tenerse cuidado especial al eliminar el exceso de partículas para no eliminar indicaciones reales de indicaciones o defectos del revelador, sin embargo, se debe tener un mayor y especial cuidado, para no descartar discontinuidades subsuperficiales confundiéndolas con indicaciones falsas.

6.9.2 Como regla general cualquier indicación que se considere no relevante, pero cuyas dimensiones se acerquen a los criterios de aceptación correspondientes, será examinada nuevamente, variando la posición del campo magnético para mayor sensibilidad y definición para comprobar ó no la existencia del defecto.

## 6.10 Criterios de aceptación.

6.10.1 Para inspección de soldaduras, los límites de aceptación de discontinuidades son los siguientes:

**PARA ESTRUCTURAS TUBULARES, SERÁN INACEPTABLES LAS**

#### SIGUIENTES INDICACIONES:

- Fisuras, falta de fusión.
- Porosidad en soldaduras de ranura de penetración completa en juntas a tope transversales a la dirección del esfuerzo de tensión
- Porosidad cilíndrica en soldaduras de filete.  
\*Con una frecuencia mayor de un poro en cada 10.0 cm (4") de longitud de soldadura si su diámetro excede de 2.5 mm.
- Porosidad en soldaduras de filete que unen atizadores a vigas
- Socavados que excedan de 0.8 mm de profundidad
- Socavados en miembros primarios, cuando la soldadura esta transversal al esfuerzo de tensión bajo cualquier condición de carga de diseño.



**Imagen 16. Aplicación de partículas magnética**

## PRUEBAS HIDROSTATICAS Y NEUMATICAS A TUBERIAS

### 1.0 OBJETIVO

1.1 Establecer los lineamientos para la realización de pruebas hidrostáticas y neumáticas, y prueba de cierre entre asientos en los circuitos de tuberías y válvulas.

### 2.0 ALCANCE

2.1 Comprende las actividades y requerimientos necesarios para llevar a cabo las pruebas con presión hidrostática o neumática, a los diferentes circuitos de tuberías y válvulas que forman parte de los sistemas en los proyectos de ICA Flúor.

### 3.0 DEFINICIONES

3.1 Prueba Hidrostática. Verificación de hermeticidad y calidad llevada a efecto en los circuitos de tubería y válvulas, mediante el llenado con agua y presurización, a la presión de prueba marcada en los códigos de construcción aplicables.

3.2 Prueba Neumática. Verificación de hermeticidad llevada a cabo en circuitos de tuberías, por medio del presurizado con aire, nitrógeno o gas, para garantizar la integridad en todos los puntos de soldaduras, bridas, válvulas, equipos, instrumentos y accesorios en general.

### 4.0 ANEXOS.

E4.1 FORMATO PARA “REPORTE PARA AVISOS DE REVISIÓN Y AUTORIZACIÓN PARA PRUEBAS DE PRESIÓN A TUBERÍAS”

E4.2 FORMATO DE “REPORTE DE PRUEBA DE PRESIÓN A TUBERÍA”

### 5.0 RESPONSABILIDADES

5.1 Gerente de Sitio. Es responsable de la implementación del presente procedimiento.

5.2 Jefe de Disciplina Mecánica y/o su designado. Es responsable de conducir la prueba de presión y asegurar el cumplimiento del presente procedimiento y las especificaciones aplicables.

5.3 Superintendente de Control de Calidad y/o su designado. Inspeccionar las actividades del presente procedimiento mediante la revisión aleatoria en la ejecución del proceso y la revisión documental de acuerdo a lo indicado en el formato de certificación aplicable.

## **6.0 PROCESO**

### **6.1 Requerimientos Generales**

6.1.1 Antes de iniciar el montaje de tuberías, es necesario que Ingeniería, Construcción y preferente Comisionamiento, definan para cada proyecto específico, los paquetes de pruebas hidrostáticas, lavado y/o soplado de tuberías. Indicar claramente los embridamientos definitivos, los dispositivos e instrumentos a retirar, los puntos de llenado, venteo y lavado, las temporalidades requeridas y el listado de los materiales.

6.1.2 Cada proyecto de acuerdo a sus listados detallará que se compra y en qué momento se realizarán las pruebas de presión a tuberías; a la terminación y liberación del tratamiento térmico, de los Ensayos No Destructivos y de las actividades de fabricación, ensamble y erección o porciones de la tubería sujeta a la prueba de presión.

6.1.3 Las secciones a probar definidas en los paquetes de pruebas hidrostáticas, lavado y soplado; pueden complementarse con los isométricos integrados y los DTI's con el fin de determinar los límites de bloqueos temporales, previo a la colocación de tornillos y empaques definitivos.

Los empaques espirometálico o de anillo no son susceptibles de reuso, por lo que los empaques temporales para prueba serán de material garlock en puntos de bloqueo como comales/juntas ciegas o bridas/tapas ciegas.

En embridamientos intermedios que no se tocarán después de la prueba hidrostática y/o neumática, podrán instalarse empaques espirometálicos o de anillo definitivos con su apriete/torque final para la prueba mencionada.

6.1.4 El medio de prueba que puede ser agua o aire, es determinado por los códigos aplicables o especificaciones contractuales e isométricos respectivos.

6.1.5 Cuando el medio de prueba sea agua, ésta deberá ser cruda y limpia para tubería de acero al carbón, y para aceros inoxidable austenítico o austenítico-ferrítico el contenido de cloruros no debe exceder de 30 ppm.

6.1.6 Se usarán manómetros de presión para la prueba con un rango de 1.5 a 2 veces la presión de prueba.

## 6.2 Preparación

6.2.1 El personal de obra mecánica verificará que antes de proceder a introducir el medio de prueba en línea de tubería a ser probada, se consideren los siguientes requisitos:

- a) Se elabore el Anexo 4.1 "Reporte para aviso de revisión y autorización para pruebas de presión a tuberías"
- b) Se instalen para cada circuito de prueba, si el medio de prueba es con agua, dos manómetros, en dos puntos de la línea o circuito que se va a probar, en el punto más alto y más bajo de la línea, separados a la mayor distancia posible uno de otro (en el extremo de llenado y en el venteo de la prueba o en el punto práctico más alto).
- c) Desensamblar o proteger con bridas ciegas, tapas o accesorios temporales, los componentes que no soporten la presión de prueba o que sean susceptibles de daño como: válvulas de seguridad (de alivio), válvulas de control, cambiadores de calor y haz de tubos para enfriadores de aire, equipo, maquinaria, instrumentos en general y juntas de expansión.
- d) Las válvulas deberán de permanecer 100% abiertas y no podrán ser utilizadas como bloqueo. Para poder proceder de esta manera es muy importante establecer la verificación de la limpieza de las tuberías durante la fabricación y previo al montaje (cultura de limpieza en tuberías), para evitar que estas contengan materiales extraños que puedan dañar los sellos de las válvulas.
- f) Las bridas de prueba serán de rango, tamaño y libraje igual a la tubería a probar o como se muestre en los planos. Cuando se trate de tapones de placa, soldados a extremos de tubería, se soldarán con el WPS de acuerdo al material base usado en la fabricación y el cálculo de la soldadura y placa para sistemas críticos.

- g) En líneas en las que se necesiten más venteos o drenes temporales para la prueba, se solicitará a ingeniería la autorización de su instalación (si aplica), e ingeniería efectuará la modificación en los isométricos respectivos. Posteriormente será labor de construcción instalarlos y al finalizar los trabajos colocar los tapones y sellarlos.
- h) Las válvulas menores de 2" utilizadas como bloqueo, venteo o dren se marcarán con tarjetas para evitar que se operen por descuido durante la prueba con presión.
- i) Cuando la línea tenga una válvula check que obstruya el flujo, la galleta podrá retirarse o invertirse para permitirlo. Al terminar la prueba y el barrido, se reinstalará cuidando en checar su sentido de flujo.
- j) Cuando el circuito de prueba termine en correspondencia con válvulas iguales y/o mayores a 2" deberá abrirse la válvula e instalarse una brida/tapa ciega/tapón para retener la presión de prueba.

### 6.3 Llenado de la tubería

6.3.1 Una vez realizadas las operaciones señaladas del punto 6.1.1 al 6.1.6, y la línea se encuentre preparada con todas sus temporalidades, debidamente soportada y liberada por calidad, se introducirá el agua en la tubería. Los venteos en la tubería se abrirán para dejar escapar el aire durante el llenado.

### 6.4 Presión de prueba

6.4.1 El valor de la presión de prueba que debe alcanzarse, deberá estar señalado en la lista de líneas suministrada en los planos de diseño, isométricos, especificación contractual o código de construcción aplicables; y puede indicarse a través de protocolos de prueba aprobados por el cliente.

6.4.2 Una vez que se ha asegurado que el fluido sale limpio y continuo en todos los puntos del drenaje y/o venteos, se cerrarán los venteos y las válvulas de drenaje, apretando las bridas de conexión de los componentes, dejando debidamente instaladas las bridas/tapas ciegas correspondientes.

6.4.3 Líneas abiertas a la atmósfera tales como venteos o drenes aguas abajo de las últimas válvulas de corte, no necesitan ser probadas.

### 6.5 Pruebas y chequeos

6.5.1 El personal de obra mecánica en conjunto con control de calidad examinará la línea de tubería, verificará que no haya fugas durante la prueba, después de que la presión de prueba se haya mantenido por el tiempo requerido; inspeccionar cuidadosamente todas las juntas soldadas (revisión visual en caso de que se utilice un medio de prueba líquido, o con solución jabonosa en caso de que el medio de prueba sea aire o nitrógeno).

## 6.6 Revisión de fugas en conexiones bridadas

6.6.1 En caso de que en conexiones bridadas, no se eliminen las fugas simplemente por apriete, se drenará y/o venteará la línea y se revisará la superficie de sello de la brida; para detectar posibles imperfecciones y se repondrá el empaque.

6.6.2 Cuando aplique, después del drenado, la tubería se limpiará con aire a una presión mayor de 4 kg/cm<sup>2</sup> para barrerla hasta que presente poca humedad.

## 6.7 Normalizado

6.7.1 Una vez terminada la prueba hidrostática y habiendo efectuado, de acuerdo al procedimiento aplicable, la limpieza de las tuberías (agua, aire, vapor, limpieza química o hidrolazing), se procederá a:

- a) Remover todos los accesorios temporales utilizados en la prueba y limpieza de la tubería, como son: bridas, tapas ciegas, comales y tubería temporal.
- b) Colocar los empaques finales en donde se usaron empaques temporales.
- c) Aplicar anitaferrante, apretar y torquar los tornillos.
- d) Colocar y sellar tapones en venteos y drenes temporales.

6.7.2 Restituir las válvulas, la instrumentación, las juntas de expansión y otros objetos removidos o instalados para la prueba, colocando los empaques y tornillería en la posición correcta.

6.7.3 Elaborar el “Reporte de Prueba de Presión a Tubería” (anexo E4.2).

## 6.8 Criterios de Aceptación de las Pruebas

6.8.1 El Personal de obra mecánica deberá seguir los criterios para la aplicación de pruebas hidrostáticas o neumáticas a tuberías y de aceptación del resultado. Las condiciones siguientes no son permitidas:

a) Fugas.

b) Deformaciones permanentes visibles.

6.8.2 No serán permitidas las fugas en bridas y empaques temporales instalados con el propósito de llevar a cabo la prueba neumática y que serán removidos después de ella, debido a que arrojarán un resultado erróneo.

6.8.3 Control de Calidad podrá solicitar la repetición de la prueba de tubería en caso de que se detecten defectos menores, tales como fugas continuas y soldaduras que sudan.

6.8.4 Si una vez concluida la prueba fuera necesario agregar algunas partes soldadas a la línea ya probada (tales como termopozos, pequeñas conexiones etc.), control de calidad valorará los trabajos y determinará, la aplicación o no de la prueba nuevamente.

6.8.5 En caso de pruebas realizadas durante períodos de lluvia, control de calidad podrá a su criterio aceptar o no la prueba en cuestión. De cualquier manera las aceptaciones estarán condicionadas por la verificación de que la(s) línea(s) probada(s) se haya(n) mantenido a la misma presión de su valor de prueba durante un período de tiempo suficiente sin la necesidad de rebombeo o compresión.

## 6.10 Presurización

6.10.1 Abrir todos los venteos del circuito para purgar el sistema.

6.11.2 Llenar el circuito teniendo como terminado el llenado cuando en los venteos se haya expulsado el aire contenido en la tubería.

6.10.3 Concluido el llenado del circuito cerrar todos los venteos.

6.11.4 Levantar presión gradualmente hasta llegar a la presión de prueba. Verificar las uniones soldadas o roscadas minuciosamente durante el tiempo que requiera la inspección.

6.10.5 Ninguna fuga visible es permitida durante la prueba hidrostática, cuando éstas sean continuas o aumenten gradualmente.

6.10.6 Una vez que haya sido aceptada la prueba, se iniciará la despresurización abriendo los venteos, procurando que la presión disminuya gradualmente hasta llegar a cero.

6.10.7 Drenar la tubería abriendo todos los venteos y purgas del sistema, asegurando que no haya agua estancada que provoque corrosión.

6.10.8 Retirar comales y arreglos provisionales que hayan sido necesarios para realizar la prueba.

6.10.9 Normalizar la línea con los empaques y tornillería definitiva, instrumentos o accesorios removidos previamente, una vez concluida la limpieza de las tuberías (agua, aire, vapor, limpieza química o hidrolazing).

#### 6.11 Requerimientos de ASME B31.1. Edición 2004

6.11.1 Todas las juntas incluyendo soldaduras previamente probadas se dejarán sin aislar y expuestas para inspección durante la prueba.

6.11.2 Los sistemas de tubería para vapor o gas, si es necesario serán proveídos con soportes adicionales temporales para soportar el peso del líquido de prueba. Los soportes deberán cumplir los requerimientos para prueba y características de diseño aplicables.

6.11.3 Las juntas de expansión se proveerán con restricción temporal, si es requerido para la carga adicional de presión bajo prueba, o serán aisladas durante la prueba del sistema.

6.11.4 Equipo y tubería que no son sujetos a prueba de presión, serán desconectados o aislados del sistema.

6.11.5 Si la presión de prueba es mantenida por un periodo de tiempo durante el cual el medio de prueba en el sistema está sujeto a una expansión térmica, se tomarán precauciones adecuadas para evitar una presión excesiva. Una válvula de alivio ajustada a 11/3 veces la presión de prueba es recomendada durante la presión de prueba, considerando los requisitos de presión hidrostática o neumática.

6.11.6 Una prueba neumática preliminar usando aire a no más de 170 Kpa (25 psi) puede ser aplicada antes de la prueba hidrostática para localizar fugas mayores.

6.11.7 Durante la prueba, ningún componente del sistema de tubería será sujeto a un esfuerzo mayor al permitido por el diseño.

6.11.8 Se proveerán venteos en todos los puntos altos del sistema de tubería en posición que permita la purga de las bolsas de aire, mientras el sistema es llenado. Un venteo durante el llenado del sistema, puede ser usado con el desapriete de bridas teniendo un mínimo de 4 espárragos o por el venteo del equipo (cuando aplique).

6.11.9 La presión de prueba hidrostática en cualquier punto en el sistema de tubería no será menor de 1.5 veces la presión de diseño. La presión será mantenida continua por un tiempo mínimo de 10 minutos y posteriormente reducida a la presión de diseño y mantenida el tiempo necesario para conducir las inspecciones para detección de fugas, la inspección será en todas las juntas y conexiones.

6.11.10 Prueba Neumática. Esta prueba se efectuará solamente en las líneas o sistemas que la lista de líneas así lo indique, la presión de prueba no será menor de 1.2 y no mayor de 1.5 veces la presión de diseño del sistema de tubería.

6.11.10.1 La presión en el sistema se incrementará gradualmente a no más de la mitad de la presión de prueba, después se incrementará en pasos de aproximadamente 1/10 de la presión de prueba hasta llegar a la presión de prueba requerida. La presión se mantendrá constante por un tiempo mínimo de 10 minutos. Posteriormente se reducirá a menos de la presión de diseño o 100 psi y se mantendrá por el tiempo necesario para conducir las inspecciones para detección de fugas.

6.11.10.2 Las uniones soldadas, roscadas y atornilladas se examinarán con una solución jabonosa para detectar posibles fugas.

6.11.10.3 La solución de jabón y agua deberá formar burbujas y producir una película que no se separe del área a examinar además de que no debe secar rápidamente. El número de burbujas contenida en la solución debe minimizarse para reducir el problema de discriminar entre burbujas existentes y las causadas por fugas.

6.11.10.4 Se conectarán tres manómetros en el sistema a ser probado, dos de ellos estarán visibles al operador que controla la presión. Durante el llenado e inspección, los manómetros usados en la prueba deberán tener carátulas con un rango de aproximadamente el doble de la presión de prueba.

## **CAPITULO V**

## CONCLUSIONES

Después de conocer los diferentes métodos y procesos de Pruebas No Destructivas y haber realizado este Manual para Supervisores de Calidad sobre los procedimientos que se aplican en el Proyecto, podemos determinar que serán capaces de decidir sobre la sanidad de una junta y de un circuito que entrara en operación, siempre y cuando se realicen como lo marcan las normas, sin entrar en la alteración de las mismas. Tomando en cuenta que son métodos de Calidad en la construcción de tuberías. Que determina como conclusiones las siguientes características:

1. Con el desarrollo de END (Ensayos No Destructivos) se determina qué; todas las soldaduras de tuberías fueron aceptadas de acuerdo como marca la norma.
2. Una vez ejecutados todos y cada uno de los Ensayos No Destructivos en soldaduras y posteriormente, realizada la prueba hidrostática o neumática; se puede garantizar la calidad y el correcto desempeño de las juntas,
3. Para finalizar, el presente trabajo ayudara a los Supervisores a conocer y adentrarse más a los END que se desarrollan dentro del proyecto para así realizar una correcta y efectiva Supervisión de los mismos.

## PROPUESTAS

- Establecer un curso de capacitación inicial a Supervisores de los procedimientos que se desarrollan dentro del Proyecto.
- Concientizar e introducir a los Supervisores sobre la Calidad y las Normas de Calidad por las cuales están regidos los procedimientos.
- Periódicamente dar a conocer a los Supervisores sobre los cambios o modificaciones que han sufrido las Normas de Calidad y/o los procedimientos.
- Difundir y concientizar del impacto en la salud que ocasiona realizar alguna de estos Ensayos No Destructivos

## **BIBLIOGRAFIA**

- Capacitación y Pruebas No Destructivas de México, S.C. (2012).  
Publicación del Manual de Pruebas No Destructivas. México, D.F.
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Capacitación,  
Calificación y Certificación de personal de Ensayos no Destructivos.  
Norma Mexicana NMX-B482-1991
- SNT-TC-1A Review Committee, Recommended Practice No. SNT-TC-  
1A, 2006 Edition.
- Pruebas no destructivas. Recuperado el 16 de Agosto del 2012 ,  
disponible en <http://www.geocities.com/pndmx>
- Código ASME BPV Secc. V Artículo 9, Ed. 2010
- Portal desarrollado por la Coordinación de desarrollo de aplicaciones,  
ICA FLUOR Tecnologías de información. Procedimientos de Control  
de Calidad disponibles en:  
<http://intranet.icafd.com.mx/iso9001/Ancla.html>

## **ANEXOS**





## B4.2 CRITERIO DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO POR CÓDIGOS APLICABLES DE CONSTRUCCIÓN.

Symbol	Measure	Acceptable Value Limits	
A	Extent of imperfection	Zero (No evident imperfection)	
B	Depth of incomplete penetration	$\leq 1 \text{ mm (1/32 in.)}$ and $\leq 0.2 T_w$	
	Cumulative length of incomplete penetration	$\leq 38 \text{ mm (1/5 in.)}$ in any 150 mm (6 in.) weld length	
C	Depth of lack of fusion and incomplete penetration	$\leq 0.2 T_w$	
	Cumulative length of lack of fusion and incomplete penetration	$\leq 38 \text{ mm (1/5 in.)}$ in any 150 mm (6 in.) weld length	
D	porosity	For $T_w \leq 6 \text{ mm (1/4 n.)}$ limit is same as D	
E	porosity	For $T_w > 6 \text{ mm (1/4 n.)}$ limit is $1.5 \times D$	
F	Slag inclusion, tungsten inclusion, or elongated indication		
	Individual length	$\leq T_w/3$	
	Individual width	$\leq 2.5 \text{ mm (3/32 in.)}$ and $\leq T_w/3$	
	Cumulative length	$\leq T_w$ in any $12 T_w$ weld length	
G	Slag inclusion, tungsten inclusion, or elongated indication		
	Individual length	$\leq 2 T_w$	
	Individual width	$\leq 3 \text{ mm (1/4 in.)}$ and $\leq T_w/2$	
	Cumulative length	$\leq 4 T_w$ in any 150 mm (6 in.) weld length	
H	Depth of undercut	$\leq 1 \text{ mm (1/32 in.)}$ and $\leq T_w/4$	
I	Depth of undercut	$\leq 1.5 \text{ mm (1/14 in.)}$ and $\leq [T_w/4 \text{ or } 1 \text{ mm. (1/32 in.)}]$	
J	Surface roughness	$\leq 500 \text{ min. Ra}$ per ASME B46.1	
K	Depth of root surface concavity	Total joint thickness, incl. Weld reinf., $\geq T_w$	
L	Height of reinforcement of internal protrusion in any plane through the weld shall be within limits of the applicable height value in the tabulation at righth. Weld metal shall merge smoothly into the component surfaces.	For $T_w \text{ mm (in.)}$	Height, mm (in)
		$\leq 6 (1/4)$	$\leq 1.5 (1/16)$
		$> 6 (1/4), \leq 13 (1/2)$	$\leq 3 (1/8)$
		$13 (1/2), \leq 25 (1)$	$\leq 3 (5/32)$
		$25 (1)$	$< 5 (13/64)$

### C3.1 REPORTE DE MEDICIÓN DE ESPESORES.

<b>ICA FLUOR</b>	ICA FLUOR DANIEL S. DE R.L. DE C.V.	No. NC1-MN-01
	REGISTRO DE MEDICION DE ESPESORES A UNIDADES DE CONTROL	REV. 1 ANEXO: 5.1 Hoja

NOMBRE DEL PROYECTO:	PLANTA:	No. DE REPORTE:
DIBUJO:	LINEA:	FECHA:

NIVEL DE MEDICION	DIAM. NOM.	Espesor Mínimo Requerido	LOCALIZACIÓN	ESPESOR ORIGINAL	FECHA:						
	ESP. NOMINAL				ESPESOR	VEL DE DESGASTE	ESPESOR	VEL DE DESGASTE	ESPESOR	VEL DE DESGASTE	
			NORTE								
			SUR								
			ORIENTE								
			PONIENTE								
			ARRIBA								
			ABAJO								
			CODO								
			GARGANTA								
			NORTE								
			SUR								
			ORIENTE								
			PONIENTE								
			ARRIBA								
			ABAJO								
			CODO								
			GARGANTA								
			NORTE								
			SUR								
			ORIENTE								
			PONIENTE								
			ARRIBA								
			ABAJO								
			CODO								
			GARGANTA								
			NORTE								
			SUR								
			ORIENTE								
			PONIENTE								
			ARRIBA								
			ABAJO								
			CODO								
			GARGANTA								
			NORTE								
			SUR								
			ORIENTE								
			PONIENTE								
			ARRIBA								
			ABAJO								
			CODO								
			GARGANTA								
			NORTE								
			SUR								

REALIZO	CONTROL DE CALIDAD	REVISO
NOMBRE, FIRMA Y FECHA	NOMBRE, FIRMA Y FECHA	NOMBRE, FIRMA Y FECHA





## E4.2 FORMATO DE “REPORTE DE PRUEBA DE PRESIÓN A TUBERÍA”

<b>ICA FLUOR</b>	ICA Fluor Daniel S. de R. L. de C.V.	No.: CM1-04-06
	<b>PRUEBAS HIDROSTÁTICAS Y NEUMÁTICAS A TUBERÍAS Y VÁLVULAS</b>	REV.: 9 ANEXO: 5.2 HOJA: 1 DE 1

### REPORTE DE PRUEBA DE PRESION A TUBERÍAS (Piping Pressure Tests Report)

Nombre del Proyecto (Project Name) \_\_\_\_\_  
 Número de Contrato (Contract Number) \_\_\_\_\_  
 Localización del Proyecto (Project Location) \_\_\_\_\_  
 Descripción tag (Tag Description) \_\_\_\_\_ No. Tag (Tag No.) \_\_\_\_\_  
 Orden de compra (P. O. No) \_\_\_\_\_ Área/Unidad (Area/Unit) \_\_\_\_\_  
 Subcontratista (Subcontractor) \_\_\_\_\_ Sistema de entrega (Turnover System) \_\_\_\_\_  
 Paquete de trabajo (Work Package) \_\_\_\_\_ Sub-Sistema (Sub-System) \_\_\_\_\_

### INSPECCION DE LINEAS Y SOPORTES (Line and Supports Inspection)

HOJA (Sheet) \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

Fronteras de la Prueba (Test Boundaries)			
Línea / Número ISO Line/ISO Number	Hoja Sheet	Línea / Número ISO Line/ISO Number	Hoja Sheet

Límites (Boundaries) \_\_\_\_\_ De (From) \_\_\_\_\_ A (to) \_\_\_\_\_  
 Medio de prueba (Test medium) \_\_\_\_\_ Contenido de cloruro (Chloride content) \_\_\_\_\_  
 Duración de la prueba mínimo (Holding time (minimum)) \_\_\_\_\_ Máximo (Maximum) \_\_\_\_\_ Actual (Real) \_\_\_\_\_  
 Temperatura tubería mínimo (Piping temperature min.) \_\_\_\_\_ Máximo (Maximum) \_\_\_\_\_ Actual (Real) \_\_\_\_\_  
 Presión de prueba mínimo (Test pressure min.) \_\_\_\_\_ Máximo (Maximum) \_\_\_\_\_ Actual (Real) \_\_\_\_\_  
 Liberación de soldadura y END aplicables (WDE and PWHT release) \_\_\_\_\_ Ver sumario No. (Summary No.) \_\_\_\_\_ Ajuste de válvula de alivio (Relief valve setting) \_\_\_\_\_  
 Codif. manómetros usados (Test pressure gauges numbers) \_\_\_\_\_ Resultado (Result) \_\_\_\_\_  
 Drenado de la Línea (Line drainage) \_\_\_\_\_

Observaciones (Remarks) \_\_\_\_\_

<b>Construcción</b> (Construction)	<b>Control de Calidad</b> (Quality Control)	<b>Supervisión del Cliente</b> (Supervisor Client)
_____ Nombre, Firma, Fecha (Name, signature, date)	_____ Nombre, Firma, Fecha (Name, signature, date)	_____ Nombre, Firma, Fecha (Name, signature, date)