

## TR-OPE-PR-02

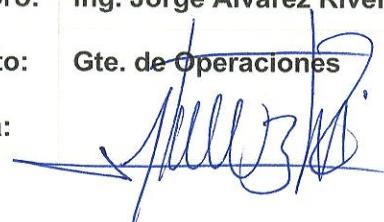
# PROCEDIMIENTO GENERAL PARA INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Fecha de emisión: 14-Enero-2023

Elaboró: Ing. Jorge Álvarez Rivera

Puesto: Gte. de Operaciones

Firma:



Revisa: Ing. Otoniel Arévalo Hernández

Puesto: Director General

Firma:



Aprobó: Ing. Juan M. Rangel Rodríguez

Puesto: Nivel III ASNT ID 210716

Firma:



## CONTENIDO

<b>1.0</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>PAG.03</b>
<b>2.0</b>	<b>ALCANCE.....</b>	<b>PAG.03</b>
<b>3.0</b>	<b>DEFINICIONES.....</b>	<b>PAG.04</b>
<b>4.0</b>	<b>DOCUMENTOS REFERENCIAS.....</b>	<b>PAG.07</b>
<b>5.0</b>	<b>RESPONSABILIDADES.....</b>	<b>PAG.07</b>
<b>6.0</b>	<b>REQUISITOS.....</b>	<b>PAG.07</b>
<b>7.0</b>	<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCION AMBIENTAL.....</b>	<b>PAG.14</b>
<b>8.0</b>	<b>DESARROLLO.....</b>	<b>PAG.15</b>
<b>9.0</b>	<b>REGISTROS.....</b>	<b>PAG.23</b>
<b>10.0</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>PAG.24</b>
<b>11.0</b>	<b>REVISIÓN Y CAMBIOS.....</b>	<b>PAG.25</b>

## 1.0 OBJETIVO.

- 1.1 Establecer los parámetros técnicos generales para realizar inspección con partículas magnéticas en equipo, herramientas y componentes empleados principalmente en la industria del gas natural y petróleo.

## 2.0 ALCANCE.

- 2.1 Este procedimiento es aplicable para la detección de discontinuidades superficiales en materiales ferromagnéticos.
- 2.2 Este procedimiento es aplicable para la detección de discontinuidades superficiales en componentes empleados en el campo petrolero, tales como, pero no limitado a; uniones soldadas, zonas de izaje, conexiones roscadas, herramientas y componentes, tanques de almacenamiento, tuberías y recipientes a presión.
- 2.3 El presente procedimiento puede ser aplicado para el examen de conexiones y componentes en etapas de: recepción de materiales, proceso de fabricación, reparaciones o componentes previamente sometidos a servicio.
- 2.4 Este procedimiento contempla las técnicas de inspección con yugo electromagnético, bobina y conductor central. La inspección podrá realizarse con partículas magnéticas secas o húmedas, de color visible o fluorescente. La técnica de magnetización y el tipo de partículas magnéticas por utilizar debe ser especificada en el programa de inspección establecido por el área de ingeniería.
- 2.5 La técnica de magnetización por yugo electromagnético solo se podrá utilizar para la inspección de piezas con superficies planas, curvas, en ángulo o de otras configuraciones que permitan un apropiado contacto entre los polos del yugo y la superficie de inspección. La inspección con yugo no debe ser considerada para superficies de diámetros interiores.
- 2.6 La técnica de magnetización por bobina prefabricada se podrá utilizar para la inspección de piezas sólidas o tubulares con relación longitud/diámetro mayor a 3.

### 3.0 DEFINICIONES.

- 3.1 Área de interés: la parte específica del objeto que se evaluará según los requisitos establecidos por el cliente y/o especificaciones aplicables.
- 3.2 Defecto: una o más discontinuidades cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades no cumplen con los criterios de aceptación especificados y, por lo tanto, son rechazables.
- 3.3 Discontinuidad: falta de continuidad o cohesión; una interrupción intencional o no intencional en la estructura física o configuración de un material o componente.
- 3.4 Estándar de referencia: un material u objeto para el cual todas las características químicas y físicas relevantes son conocidas y medibles, utilizadas como comparación o estandarización de equipos o instrumentos utilizados para pruebas no destructivas.
- 3.5 Evaluación: la determinación de si una indicación relevante es causa de aceptación o rechazo.
- 3.6 Examen no destructivo (END): el desarrollo y la aplicación de métodos técnicos para examinar materiales y / o componentes de manera que no se afecte su utilidad futura, con el propósito de detectar, localizar, medir, interpretar y evaluar fallas.
- 3.7 Falla: una imperfección o discontinuidad que puede ser detectada por pruebas no destructivas y no es necesariamente rechazable.
- 3.8 Fuga de campo magnético: es la distorsión que sufren las líneas de flujo magnético cuando interceptan un cambio de permeabilidad.
- 3.9 Iluminación auxiliar: una fuente de luz artificial utilizada en el examen visual para mejorar las condiciones de visión y la percepción visual.
- 3.10 Indicación falsa: una indicación detectada por ensayos no destructivos que se interpreta como causada por una afección distinta a una discontinuidad o imperfección.
- 3.11 Indicación no relevante: una indicación causada por una condición o tipo de discontinuidad que no es rechazable. Las indicaciones falsas son no relevantes.

- 
- 3.12 Indicación relevante: una indicación que es causada por un tipo de discontinuidad que requiere evaluación.
- 3.13 Indicación: la respuesta o evidencia de un examen no destructivo que requiere interpretación para determinar su relevancia.
- 3.14 Indicadores de campo magnético: placa octagonal o en forma de tiras flexibles bimetálicas, con discontinuidades artificiales, usadas para verificar la intensidad y/o dirección del flujo magnético sobre el área de interés.
- 3.15 Inspección: la observación de cualquier operación realizada en materiales y / o componentes para determinar su aceptabilidad de acuerdo con los criterios establecidos.
- 3.16 Intensidad de luz: es la energía luminosa ejercida sobre una unidad de área por unidad de tiempo.
- 3.17 Interpretación: el proceso de determinar si una indicación es no relevante o relevante, es determinar su causa u origen.
- 3.18 Lux (lx): una unidad de iluminación igual a la iluminación directa en una superficie que está en todas partes a un metro de un uniforme. Fuente puntual de una intensidad de vela o igual a un lumen por metro cuadrado.
- 3.19 Luz blanca: es la energía radiante generada en un rango de longitud de onda de 400 a 700 nm (4000 a 7000 Å), puede ser natural o artificial.
- 3.20 Luz ultravioleta/negra: es la radiación electromagnética cercana al rango ultravioleta, con una longitud de onda de 330 a 390 nm (3300 a 3900 Å).
- 3.21 Magnetización con bobina: es una técnica de magnetización en la cual la pieza es enrollada por un cable o solenoide prefabricado que conduce corriente eléctrica con el propósito de inducir un flujo magnético longitudinal en la pieza.
- 3.22 Magnetización con conductor central: es una técnica de magnetización en la cual se introduce una barra o un cable por el diámetro interno de una pieza tubular, con el propósito de inducir un campo magnético circular para la detección de discontinuidades orientadas de forma paralela al eje de la pieza.

- 
- 3.23 Magnetización con yugo: técnica de magnetización que utiliza un electroimán en forma de yugo que induce un campo magnético lineal entre sus polos sobre el área en que es posicionado.
- 3.24 Medio de inspección: polvo o suspensión de partículas magnéticas que se aplica sobre la superficie de prueba magnetizada para determinar la presencia o ausencia de discontinuidades superficiales.
- 3.25 Partículas magnéticas (Magnetic Test - MT): es un método de Ensayo No Destructivo que sirve para la localización de discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos. Su aplicación requiere que una parte o el total del componente a inspeccionar se encuentre magnetizado, las discontinuidades que sean transversales a la dirección del flujo magnético aplicado causarán una “fuga de campo” y al aplicar un polvo o suspensión ferro magnética (medio de inspección) sobre el área magnetizada las fugas de campo atraerán el medio de inspección revelando así la localización y tamaño de las discontinuidades presentes en el material.
- 3.26 Procedimiento: una secuencia ordenada de acciones que describen cómo se aplicará una técnica específica.
- 3.27 Programa de inspección: una guía escrita que determina los métodos y procedimientos necesarios para la calificación/aprobación de los componentes de una herramienta especial.
- 3.28 Sensibilidad: una medida del nivel de respuesta de una discontinuidad por un examen no destructivo.
- 3.29 Suspensión: un sistema de dos fases que consiste en un sólido finamente dividido dispersado en un líquido. Medio de inspección seco suspendido en un líquido.
- 3.30 Técnica: una técnica es una forma específica de utilizar un método particular de examen no destructivo.

## 4.0 DOCUMENTOS REFERENCIAS.

ASTM E709-21	Standard Guide for Magnetic Particle Testing
ASTM E3024-22	Standard Practice for Magnetic Particle Testing for General Industry
DS-1 Vol. 3, 5ta. Ed.	Drill Stem Inspection
DS-1 Vol. 4, 5ta. Ed.	Drilling Specialty Tools
API RP 7G-2. 2020	Inspection and Classification of Used Drill Stem Elements

## 5.0 RESPONSABILIDADES.

- 5.1 Es responsabilidad de la Gerencia de Operaciones la autorización de este procedimiento, la disposición de los equipos y materiales necesarios y de personal certificado.
- 5.2 Es responsabilidad de los coordinadores de TRUEPECT el observar la adecuada y correcta aplicación del presente procedimiento.
- 5.3 Es responsabilidad del técnico aplicar correcta y adecuadamente este procedimiento.
- 5.4 El Nivel III ASNT es responsable de la Revisión de este Procedimiento.
- 5.5 Es responsabilidad del cliente establecer los alcances de la inspección, así como los criterios de aceptación aplicables cuando estos no estén especificados en las normas aplicables a los componentes por examinar.

## 6.0 REQUISITOS.

### 6.1 Área de interés

- 6.1.1 Todos los componentes por inspeccionar deben estar identificados mediante un código o número que permita una correcta trazabilidad y su descripción debe coincidir con la orden de servicio u orden de compra.
- 6.1.2 Cuando sea práctico, los componentes por inspeccionar deben estar sobre mesas de trabajo o racks, de forma que pueda tener un apropiado acceso a todas las zonas de interés para su limpieza e inspección.

## 6.2 Iluminación

- 6.2.1 La prueba con Partículas Magnéticas Visibles debe ser realizada bajo luz visible natural o artificial, el nivel de iluminación sobre el área de interés debe ser de al menos 538 luxes (50 candelas pie).
- 6.2.2 La prueba con Partículas Magnéticas Fluorescentes debe ser realizada bajo luz ultravioleta, en un área oscura: con una intensidad máxima de luz visible de 20 luxes (2 candelas-pies), la lámpara de luz negra (UV-A) debe proveer una intensidad mínima de luz negra de  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  a una distancia de 38.1 cm (15") o la distancia máxima en que será usada para la inspección.
- 6.2.3 La verificación de los niveles de iluminación se debe realizar con un medidor de luz visible o luz negra, según aplique. El medidor de luz debe tener una calcomanía adherida que demuestre su calibración dentro de los 6 meses pasados, si la etiqueta no está presente, el número de identificación del medidor debe ser rastreable en el documento de calibración. La etiqueta o documento de calibración debe mostrar la fecha de calibración, la fecha de vencimiento, así como la compañía e individuo que realizó la calibración.
- 6.2.4 La verificación de los niveles de iluminación se debe realizar de acuerdo con lo siguiente:
- Al inicio de cada jornada de inspección
  - Cuando se cambie la posición de la fuente de iluminación o su intensidad
  - Cuando sea requerido por el cliente o su representante asignado
  - Al término de la jornada de trabajo
- 6.2.5 Las lámparas de luz negra con bulbo de vapor de mercurio deben precalentarse por un espacio no menor a 3 minutos antes de su uso o de la medición de su intensidad. Se debe verificar el filtro de luz negra para comprobar su integridad cada vez que sea utilizada la lámpara. Los filtros rotos o fracturados deben ser remplazados inmediatamente.

- 6.2.6 Antes de llevar a cabo la prueba, el personal debe permanecer en el área oscurecida por lo menos 1 minuto para que sus ojos se adapten a la oscuridad.
- 6.2.7 No está permitido realizar la inspección haciendo uso de lentes oscuros o fotosensibles.

### 6.3 Yugo electromagnético de corriente alterna

- 6.3.1 La técnica de magnetización por yugo electromagnético solo puede ser usada para la inspección de superficies externas para la detección de discontinuidades longitudinales o transversales sobre el diámetro externo de los componentes.
- 6.3.2 El yugo electromagnético por emplear durante la inspección debe ser de corriente alterna y de polos flexibles, debe encontrarse en condiciones óptimas de trabajo, debe estar plenamente identificado por medio de un número de serie y deberá contar con un registro vigente que ampare la prueba de capacidad de levantamiento.
- 6.3.3 El yugo electromagnético de corriente alterna deberá ser capaz de levantar un peso de 4.5 Kg (10 libras) con una apertura entre polos de 2" a 4".
- 6.3.4 La verificación de capacidad de levantamiento del yugo electromagnético puede ser realizada por un proveedor externo autorizado o puede ser realizada por un técnico Nivel II en partículas magnéticas, siempre que se cuente con la barra patrón para verificar el poder de levantamiento. La prueba de verificación del poder de levantamiento se debe realizar al menos cada 6 meses.
- 6.3.5 La barra patrón utilizada para verificar el poder de levantamiento del yugo electromagnético debe estar plenamente identificada y debe contar con un certificado que acredite su peso, el peso de la barra patrón necesitará ser verificado cada 3 años, se debe mantener evidencia documentada del peso de la barra.

- 6.3.6 La verificación de capacidad de levantamiento del yugo electromagnético se debe realizar conforme la Instrucción Técnica No. TR-OPE-PR-02-IT-02.

#### 6.4 Bobina de corriente alterna

- 6.4.1 La técnica de bobina con corriente alterna solo puede ser usada para la inspección de superficies externas para la detección de discontinuidades transversales sobre el diámetro externo de los componentes.
- 6.4.2 Se debe emplear una bobina de corriente alterna con o sin amperímetro integrado, la bobina debe demostrar su capacidad de magnetización utilizando un indicador de campo magnético sobre el diámetro externo de cada componente a examinar. Cuando la bobina cuente con un amperímetro este debe ser calibrado cada 6 meses por un laboratorio externo.

#### 6.5 Bobina de corriente directa

- 6.5.1 La técnica de bobina con corriente directa puede ser usada para la inspección de superficies externas e internas para la detección de discontinuidades transversales sobre el diámetro externo e interno (hasta donde sea práctico) de los componentes.
- 6.5.2 Se debe emplear una bobina prefabricada del diámetro necesario según el componente a examinar. La bobina deberá estar en óptimas condiciones de funcionamiento, debe estar plenamente identificada y tener marcado el número de amperes-vuelta.
- 6.5.3 La bobina debe suministrar un campo magnético de corriente directa, con capacidad de inducir un campo magnético de al menos 1200 amperes-vuelta por cada pulgada de diámetro externo de la pieza a examinar.

Ejemplo:

Diámetro externo de la pieza: 6.5" = OD

Números de vueltas de la bobina: 1000 = N



$$I = \frac{(1200)(OD)}{N} = \frac{(1200)(6.5)}{1000} = \frac{7800}{1000} = 7.8 \text{ amperes}$$

- 6.5.4 La bobina debe demostrar su capacidad de magnetización utilizando un indicador de campo magnético sobre el diámetro interno de cada componente a examinar. Cuando la bobina cuente con un amperímetro este debe ser calibrado cada 6 meses por un laboratorio externo.
- 6.5.5 La verificación de capacidad de magnetización de la bobina se debe realizar conforme la Instrucción Técnica No. TR-OPE-PR-02-IT-02.

## 6.6 Conductor central

- 6.6.1 Se podrá emplear un conductor central rígido o flexible (cable) aislado, del diámetro apropiado al valor de corriente a emplear, pero no menor a 2/0 AWG. La magnetización con conductor central se puede realizar con las siguientes dos opciones de fuentes de poder:
- a) Fuente de poder tipo transformador para técnica de magnetización continua o residual: La fuente de poder debe ser capaz de proporcionar un amperaje de corriente directa en el orden de los 300 a 800 ameres por cada pulgada de diámetro de la pieza (12 a 32 A / mm]. Las fuentes de poder tipo transformador deben contar con un amperímetro calibrado, la calibración del amperímetro debe ser semestral. Cuando el conductor se pueda ubicar centrado en el diámetro interno de la pieza, se aplicarán los niveles de corriente citados en este inciso. Cuando el conductor sea colocado a un costado de la pieza, sobre la pared de diámetro interno, se deberán emplear los niveles de corriente citados en este inciso, excepto que el diámetro total será la suma del diámetro del conductor central más el doble del espesor de la pared de la pieza.
  - b) Fuente de poder tipo descarga de capacitores para técnica de magnetización residual. El equipo de magnetización para descarga de capacitores debe proveer la corriente de magnetización de acuerdo con la siguiente tabla:

<b>Corriente mínima para descarga de capacidores</b>	
Número de pulsos	Requisito de corriente
Simple (1)	240 veces el peso especificado expresado en libras – pie
Doble	180 veces el peso especificado expresado en libras – pie
Triple	145 veces el peso especificado expresado en libras – pie

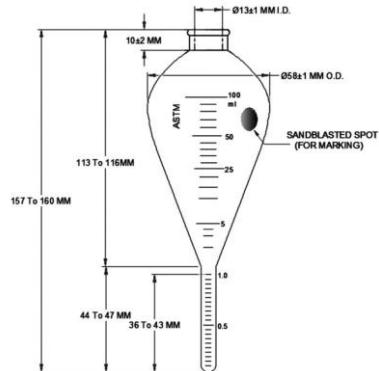
- 6.6.2 El funcionamiento de la fuente de poder para la magnetización con conductor central deberá ser verificada con un indicador de campo magnético o mediante una pieza de prueba que tenga discontinuidades conocidas representativas de las discontinuidades a detectar. Cuando se utilicen piezas con discontinuidades naturales o artificiales (patrón) para verificar la magnetización, las piezas patrón deben estar identificadas y deben contar con un reporte de inspección inicial que indique la ubicación, forma y tamaño de las discontinuidades de referencia.
- 6.6.3 La verificación de capacidad de magnetización de la fuente de poder para conductor central se debe realizar conforme la Instrucción Técnica No. TR-OPE-PR-02-IT-02.

## 6.7 Partículas Magnéticas Secas

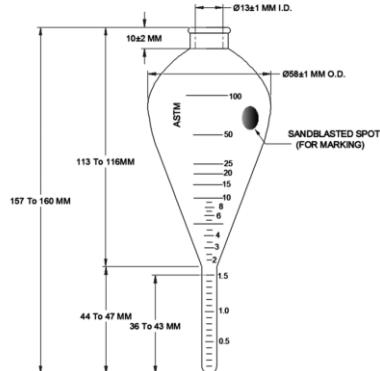
- 6.7.1 Las partículas magnéticas secas deberán ser usadas tal y como se suministran y no deben ser reutilizadas.
- 6.7.2 El color de las partículas magnéticas secas visibles debe contrastar con el color de la superficie de inspección. Se puede emplear tinta de contraste sobre superficies sin recubrimientos, solo en la cantidad suficiente para poder crear un contraste entre la superficie y el color de las partículas magnéticas. Cuando se use tinta de contraste se debe demostrar que se pueden detectar indicaciones a través esta. No es necesario medir el espesor de la tinta de contraste, a menos que las especificaciones del cliente indiquen otra cosa.

## 6.8 Partículas Magnéticas Húmedas

- 6.8.1 Las partículas magnéticas en suspensión (de color visible o fluorescente) suministradas como un concentrado líquido o un polvo para suspenderse en agua o en destilado de petróleo deberán prepararse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- 6.8.2 Se debe verificar la concentración de las partículas magnéticas en suspensión midiendo su volumen de asentamiento en un tubo de decantación como se indica a continuación:
- a. Preparar la suspensión de partículas magnéticas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Solo preparar la cantidad de suspensión suficiente para máximo 5 jornadas de trabajo. Agitar manualmente la suspensión por un lapso de al menos 3 minutos.
  - b. Verter 100 mililitros de la suspensión preparada en un tubo de decantación con espiga de 1 ml y divisiones de 0.05 ml para partículas húmedas fluorescentes o con espiga de 1.5 ml y divisiones de 0.1 ml para partículas húmedas visibles. El tubo de decantación debe ser como se muestra a continuación:
  - c. Colocar el tubo de decantación en una zona libre de vibraciones y campos magnéticos, permitir un tiempo de decantación de por lo menos 30 minutos para suspensiones base agua y 60 minutos para suspensiones base destilado de petróleo, posteriormente medir el volumen de partículas magnéticas asentadas en la espiga, este deberá de cumplir con lo descrito en el párrafo siguiente:
  - d. Para partículas magnéticas fluorescentes en suspensión el volumen de asentamiento deberá estar entre 0.1 a 0.4 ml/100 ml de suspensión. Para partículas magnéticas visibles (contrastante) en suspensión deberá de estar entre 1.2 a 2.4 ml/100 de suspensión.
  - e. Registrar el volumen de asentamiento en el formato correspondiente.



**Tubo de decantación para partículas fluorescentes en suspensión**



**Tubo de decantación para partículas visibles en suspensión**

- 6.8.3 La verificación de la concentración de las partículas magnéticas en suspensión debe realizarse al inicio de cada turno de inspección y cada vez que se prepara una nueva suspensión.
- 6.8.4 Quedan exentas de la prueba de concentración las partículas en suspensión suministradas en latas presurizadas listas para su uso, solo se debe mantener el certificado del producto.
- 6.8.5 Cuando se utilicen partículas magnéticas húmedas, estas deberán mojar o humectar adecuadamente el área de interés, al aplicarlas no deberá de observarse rompimiento de la película de suspensión, si esto ocurre, es posible que la superficie este sucia o que el medio de inspección se encuentre degradado, corregir como sea necesario o cambiar la suspensión de partículas magnéticas.

## 7.0 SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL

### 7.1 Previo al trabajo de inspección.

- 7.1.1 Realizar juntas de seguridad y planeación de los trabajos realizar con los diferentes departamentos/ áreas que interfieren en las operaciones.
- 7.1.2 Tramitar los permisos correspondientes de trabajo para instalación o sitio de trabajo

. Este documento pertenece a Truespect S.A. de C.V. Su reproducción solo procede con la autorización escrita del Gerente de QHSE.

- 7.1.3 Elaborar los AST y cumplir con las recomendaciones de trabajo seguro
- 7.1.4 El coordinador encargado de los trabajos debe informar a la autoridad del área del inicio, suspensión o conclusión de las operaciones

## 8.0 DESARROLLO.

### 8.1 Actividades previas

- 8.1.1 Verificar que exista la orden de trabajo o de servicio para la examinación de los componentes en cuestión.
- 8.1.2 Verificar que todos los componentes y/o equipos a inspeccionar estén identificados. Los componentes que no estén debidamente identificados o cuya identificación no sea clara o 100% legible no deberán ser inspeccionados y deberán ser puestos a disposición del área de ingeniería para su correcta identificación.
- 8.1.3 Las zonas por examinar deben estar plenamente indicadas en los programas de inspección de cada herramienta, en los dibujos de ingeniería u otros dibujos de referencia.
- 8.1.4 Un examen visual se debe efectuar antes o como complemento de cualquier otro examen no destructivo.

### 8.2 Preparación de la superficie

- 8.2.1 La superficie por examinar debe estar libre de irregularidades superficiales y/o contaminantes que puedan provocar indicaciones falsas o que interfieran con el proceso de inspección.
- 8.2.2 La limpieza de la superficie se puede realizar por medios mecánicos como carda (cepillo giratorio) para la eliminación de óxido u otros residuos sólidos, se puede emplear limpieza por medio de solventes para la remoción de grasa, aceite, hidrosoluble, etc.

- 8.2.3 Antes de la inspección la superficie del área de interés debe ser limpiada con solvente para remover cualquier residuo de grasa y/o aceite o cualquier residuo de limpieza mecánica.
- 8.2.4 Cualquier sustancia empleada para fines de limpieza debe contar con la aprobación del área de seguridad y medio ambiente. El método de limpieza no debe dañar la superficie del componente a examinar.
- 8.2.5 Una vez que la superficie del área de interés se encuentre limpia, es esencial que se deje secar a temperatura ambiente por lo menos durante 3 minutos antes de la inspección.
- 8.2.6 Las pequeñas aberturas y agujeros que conducen a áreas en las que sería difícil extraer las partículas magnéticas deberán taparse antes de inspeccionar la pieza.

### 8.3 Verificación del campo magnético

- 8.3.1 Antes de realizar la inspección se debe verificar que la intensidad y dirección del campo magnético sobre el área de interés sean apropiadas para asegurar la detección de discontinuidades relevantes.
- 8.3.2 Verificar la orientación y magnitud del campo magnético sobre el área de interés empleando una tira laminada flexible (laina). Se deben observar las imperfecciones artificiales del indicador que estén orientadas de forma transversal a la dirección del campo magnético.
- 8.3.3 Para la secuencia de operación continua (campo activo) la verificación de la dirección e intensidad del campo magnético se debe realizar al inicio de cada jornada de inspección, al inicio y al final de la inspección de una serie de piezas similares, cuando se cambie la geometría de las piezas que comúnmente se inspeccionan, cuando se sospeche de un mal funcionamiento del sistema de inspección y en intervalos regulares durante la jornada de trabajo.

- 8.3.4 Cuando se utilice la secuencia de operación residual se debe verificar la intensidad del campo magnético sobre cada piezas a examinar, colocando el indicador de campo (laina) en la zona más crítica de la pieza a examinar.

#### 8.4 Secuencia de inspección

- 8.4.1 Cuando sea requerido, cada pieza deberá ser magnetizada con dos orientaciones de campo, perpendiculares entre sí, podrán ser empleadas las siguientes técnicas de magnetización de acuerdo con la configuración de la pieza:

SUPERFICIE DE INSPECCIÓN Y ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDAD		Yugo CA	Bobina CA	Bobina CD	Conductor Central CD
Diámetro externo del componente	Discontinuidades longitudinales	✓	✗	✗	✓
	Discontinuidades transversales	✓	✓	✓	✗
Diámetro interno del componente	Discontinuidades longitudinales	✗	✗	✗	✓
	Discontinuidades transversales	✗	✗	✓	✗

CA: Corriente Alterna, CD: Corriente Directa, ✓: Técnica aplicable, ✗: Técnica no aplicable

- 8.4.2 En el programa de inspección del componente o en la especificación aplicable se debe designar la técnica a examinar y el tipo de partículas magnéticas a utilizar para cada componente o serie de componentes similares.
- 8.4.3 La inspección de conexiones roscadas no se debe realizar con partículas magnéticas secas.
- 8.4.4 Cuando se requiera la mayor sensibilidad se debe preferir el uso de partículas magnéticas húmedas fluorescentes.

- 8.4.5 Cuando sea requerido, se debe realizar primero la magnetización circular (conductor central) y posteriormente la magnetización longitudinal (bobina).
- 8.4.6 Para cualquier técnica de magnetización se debe preferir el uso de campo activo: la aplicación de las partículas magnéticas se deberá realizar de forma simultánea a la activación de la corriente eléctrica necesaria para inducir el campo magnético. Las zonas donde se generen encarcamientos de suspensión de partículas magnéticas deben examinarse en dos etapas, rotando la pieza 180° y realizando una nueva magnetización y aplicación de partículas.
- 8.4.7 Para cualquier técnica de magnetización la activación del flujo magnético debe iniciar antes de la aplicación de las partículas magnéticas y debe terminar después de que la aplicación se ha completado y cualquier exceso haya sido removido. Por cada sección de la pieza a examinar se debe activar el campo en forma de disparos, cada disparo deberá tener una duración aproximada de 0.5 segundos, normalmente 3 disparos de corriente son suficientes para realizar el examen.
- 8.4.8 Usar un espejo con extensión para el examen de la superficie del diámetro interno.
- 8.4.9 La inspección con secuencia de operación residual se puede utilizar solo con la aprobación por parte del cliente o cuando sea permitido por el programa de inspección o especificación aplicable.
- 8.4.10 Magnetización con Yugo: Con yugo electromagnético se induce un campo magnético longitudinal entre los polos del yugo, puede ser usado para el examen de superficies planas, en esquina o curvas, pero no para el examen de superficies internas en piezas tubulares, se podrán detectar discontinuidades lineales que sean transversales a la alineación de los polos del yugo. Para emplear esta técnica de magnetización se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Posicionar los polos del yugo sobre el área de interés, ajustar los polos como sea necesario para que exista un buen contacto entre los polos

y la superficie de inspección, la distancia entre polos deberá ser de entre 3" y 6".

- b) Energizar el yugo y realizar la aplicación de partículas magnéticas sobre el área de interés (entre los polos del yugo). Mantener energizado el yugo por aproximadamente 3 segundos para permitir la formación de indicaciones (en caso de que existan).
- c) Remover el exceso de partículas magnéticas por medio de un flujo ligero de aire (soplar con la boca o con un bulbo manual) mientras la corriente magnetizadora esta activa. Interrumpir la corriente magnetizadora después de haber realizado la remoción de partículas magnéticas.
- d) Inspeccionar la superficie con una iluminación apropiada al tipo de partículas magnéticas utilizadas e interpretar las indicaciones formadas (si existen).
- e) Reposicionar el yugo permitiendo un traslape de al menos un 20% entre magnetizaciones y repetir el proceso hasta cubrir al 100% el área de interés.
- f) Magnetizar en dos direcciones opuestas, una a 90° con respecto de la otra, considerando la orientación preferencial de las discontinuidades que se pretenden detectar.

8.4.11 Magnetización con bobina: esta técnica aplica para la detección de discontinuidades transversales localizadas sobre el diámetro interno o externo de la pieza según el tipo de corriente eléctrica. La selección de amperaje para la magnetización debe ser conforme lo indicado en 6.5. La distancia efectiva en la que se extiende el campo magnético de cada lado de la bobina debe ser demostrada en base a la pieza particular a ser examinada utilizando un indicador de campo magnético. Para partes más largas que esta distancia efectiva, la longitud total debe examinarse reposicionando la pieza dentro de la bobina, permitiendo aproximadamente un 10% de superposición de campo magnético efectivo. Seguir la siguiente secuencia para la inspección:

- a) Colocar la bobina de forma que cubra el área a examinar teniendo en cuenta el campo efectivo de la bobina. Seleccionar el amperaje de

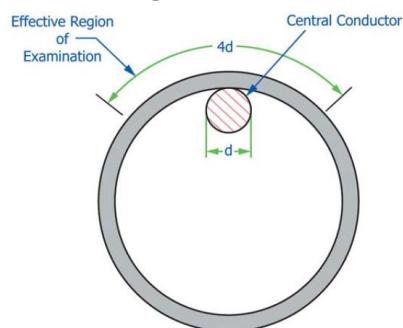
acuerdo con el diámetro externo de la pieza examinar (en caso de contar con bobina de amperaje variable).

- b) Colocar un indicador de campo magnético de tira flexible sobre el diámetro interno de la pieza cuando utilice bobina de corriente directa y sobre el diámetro externo cuando utilice bobina de corriente alterna, activar la bobina y aplicar partículas magnéticas: se considera que el campo magnético tiene suficiente intensidad para detectar discontinuidades cuando se observen de manera definida las 3 indicaciones del indicador de campo magnético. Si no se detectan las indicaciones de referencia o si no están bien definidas se debe utilizar un campo magnético con mayor intensidad.
- c) Retirar el indicador de campo magnético, aplicar partículas magnéticas sobre el área de interés y magnetizar la pieza con al menos dos disparos con duración aproximada de 0.5 segundos, interrumpir la corriente eléctrica después de haber terminado la aplicación de partículas magnéticas.
- d) Inspeccionar la superficie con una iluminación apropiada al tipo de partículas magnéticas utilizadas e interpretar las indicaciones formadas (si existen).
- e) La inspección se debe realizar en dos partes, inspeccionar la parte superior de la pieza y posteriormente rotar la pieza 180° y repetir el proceso.
- f) Reposicionar la bobina y repetir el proceso hasta cubrir al 100% el área de interés.

8.4.12 Magnetización con conductor central: esta técnica aplica para la detección de discontinuidades axiales (longitudinales) localizadas sobre el diámetro externo o interno (hasta donde sea posible) de la pieza. La distancia circunferencial que pueda ser examinada efectivamente será aproximadamente cuatro veces el diámetro del conductor, se deben realizar las magnetizaciones necesarias hasta que se examine la circunferencia total de la pieza, considerando un traslape de al menos un 20% entre magnetizaciones. Ver figura 1. Seguir la siguiente secuencia para la inspección:

- a) Introduzca el conductor central por el diámetro interno de la pieza, puede colocar varias piezas al mismo tiempo. Seleccionar el amperaje de acuerdo con 6.6.1.
- b) Colocar un indicador de campo magnético de tira flexible sobre el área de interés a examinar, activar la corriente magnetizadora y aplicar partículas magnéticas: se considera que el campo magnético tiene suficiente intensidad para detectar discontinuidades cuando se observen de manera definida las 3 indicaciones del indicador de campo magnético. Si no se detectan las indicaciones de referencia o si no están bien definidas se debe utilizar un campo magnético con mayor intensidad.
- g) Retirar el indicador de campo magnético, aplicar partículas magnéticas sobre el área de interés y magnetizar la pieza con al menos dos disparos con duración aproximada de 0.5 segundos, interrumpir la corriente eléctrica después de haber terminado la aplicación de partículas magnéticas.
- h) Inspeccionar la superficie con una iluminación apropiada al tipo de partículas magnéticas utilizadas e interpretar las indicaciones formadas (si existen).
- i) La inspección se debe realizar en dos partes, inspeccionar la parte superior de la pieza y posteriormente rotar la pieza 180° y repetir el proceso.

**Figura No. 1**



## 8.5 Interpretación y evaluación de las indicaciones.

8.5.1 La interpretación de resultados se debe realizar considerando los requisitos de iluminación citados en este procedimiento, según aplique.

8.5.2 Se debe realizar la interpretación de las indicaciones, para determinar si son relevantes o no relevantes. Cualquier indicación cuestionable o dudosa debe ser reexaminada para determinar su relevancia. La verificación de indicaciones se debe realizar como de indica a continuación:

- a) Limpiar la zona donde se encuentre la indicación a verificar, limpiar con solvente y realizar una inspección visual detallada, puede usar una lupa o un boroscopio como apoyo.
- b) Si se observa alguna irregularidad superficial, tal como rayaduras, muescas, rasguños o metal embarrado, se debe realizar limpieza con una rueda de pulir no abrasiva con la intención de crear una superficie tersa sin desgaste excesivo del material.
- c) Repetir la prueba en la zona de la indicación a verificar, si la indicación aparece se debe considerar como relevante. Si se tiene duda puede repetir el proceso antes mencionado.

8.5.3 Sólo las indicaciones detectadas durante el desarrollo de la prueba que sean interpretadas como indicaciones relevantes deben ser evaluadas.

8.5.4 El criterio de aceptación a emplear para la evaluación de discontinuidades debe ser el establecido por mutuo acuerdo con el cliente, con base al código, norma o especificación aplicable.

## 8.6 Registro de resultados

8.6.1 El resultado de la inspección realizada debe documentarse en el formato aplicable de la sección 8 de este documento. Otro formato autorizado por el cliente puede ser usado, siempre que contenga al menos la siguiente información:

- a) Fecha de la inspección
- b) Identificación del objeto examinado
- c) Técnica de inspección utilizada
- d) Equipo de inspección empleado
- e) Consumibles empleados
- f) Tipo y nivel de iluminación
- g) Resultados de la inspección
- h) Nombre del inspector

- 8.6.2 La identificación y localización de las indicaciones relevantes detectadas debe ser realizada tomando como eje de referencia la placa de datos o de identificación, la soldadura más cercana, el nivel de piso, el norte geográfico o un punto de referencia del objeto inspeccionado.
- 8.6.3 Los componentes aceptados y rechazados deben identificarse mediante un sistema de marcado que permita diferenciar y localizar las zonas rechazadas. El marcado de las piezas y/o zonas rechazadas o aceptadas debe ser conforme los requisitos del cliente o especificación aplicable.

## 9.0 REGISTROS.

TR-OPE-PR-02-FOR-001	Reporte de Inspección con Partículas Magnéticas Visibles
TR-OPE-PR-02-FOR-002	Reporte de Inspección de Partículas Magnéticas
TR-OPE-PR-02-FOR-003	Reporte de Inspección para Herramientas Especiales
TR-OPE-PR-02-FOR-004	Reporte de Inspección con Partículas Magnéticas a Estabilizadores
TR-OPE-PR-02-FOR-005	Reporte de Inspección con Partículas Magnéticas para Herramientas (Report inspection with magnetics particles to tools)
TR-OPE-PR-02-FOR-006	Registro de Verificación de Yugo Electromagnético
TR-OPE-PR-02-FOR-007	Registro de Verificación de Bobina Electromagnética
TR-OPE-PR-02-FOR-008	Registro de Verificación de Caja de Disparo
TR-OPE-PR-02-FOR-009	Reporte de Inspección para Herramientas Especiales con Conexiones
TR-OPE-PR-02-FOR-010	Inspection Report with Magnetic Particle to Tools (ingles español)
TR-OPE-PR-02-FOR-011	Reporte de Inspección a Herramientas WTF

## 10.0 ANEXOS.

TR-OPE-IT-02	Instrucción Técnica para la Desmagnetización de Herramientas
TR-OPE-IT-03	Criterios para la Evaluación de Soldaduras por AWS D1.1
TR-OPE-IT-04	Criterios para la Evaluación de Soldaduras por ASME B31.3
TR-OPE-IT-05	Criterios para la Evaluación de Soldaduras por ASME VIII Div. 1
TR-OPE-PR-02-IT-02	Instrucción Técnica para Verificación de Funcionamiento de Equipos de Magnetización
TR-OPE-IT-01-FOR-001	Control de Operación Diaria
TR-OPE-IT-01-FOR-002	Check List de Operaciones
TR-OPE-IT-01-FOR-003	Reporte de Actividades Diarias

## 11.0 REVISIÓN Y CAMBIOS.

**\*Este documento debe ser revisado:**

Anualmente	
Cada tres años	✓
Cada dos años	
Cada Junta de Revisión de Gerencia	
Otro Caso	

\*Puede requerir una revisión antes si existiera una actualización de la norma de referencia

### Historial de Cambios.

Fecha	Revisión	Descripción de la Revisión	Elaboró	Autorizó
21/07/2017	00	Edición Inicial	Ing. Jorge Álvarez Rivera	Ing. Otoniel Arevalo H.
27/12/2019	01	Implementación del SGI	Ing. Jorge Álvarez Rivera	Ing. Otoniel Arevalo H
12/02/2021	02	Se modifica párrafo 5.5 Se modifica párrafo 6.6.1 Se modifica párrafo 6.6.2 Se modifica párrafo 6.7.2	Juan M Rangel Rodriguez	Ing. Otoniel Arevalo H
10/11/2021	03	Se revisa contra ediciones 2021 de ASTM E709 y E3024. Sin cambios.	Juan M Rangel Rodriguez	Ing. Otoniel Arevalo H
19/05/2022	04	Revisión conforme E3024 Ed. 2022. Sin cambios.	Juan M Rangel Rodriguez	Ing. Otoniel Arevalo H
14/01/2023	05	Se agrega en 9.0 Registro nuevo Reporte de Inspección a Herramientas WTF	Bernardo Sanchez Campos	Ing. Otoniel Arevalo H
14/01/2023	06	Se elimina TR-OPE-PR-02-IT-01 Se anexan documentos de referencia DS1 Vol.4 5ta edición y API RP7G-2 edición 2020	Juan M Rangel Rodriguez	Ing. Otoniel Arevalo H