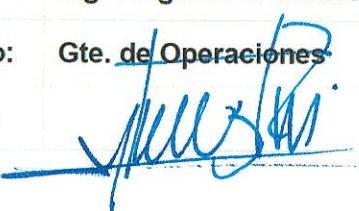


TR-OPE-PR-05

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA INSPECCIÓN POR CORRIENTES EDDY

Fecha de emisión: 26-Diciembre-2022

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 2107
Firma:	  <p>ASNT NDT Level III Juan M Rangel Rodriguez ID: 210716</p>

CONTENIDO

1.0	OBJETIVO.....	PAG.03
2.0	ALCANCE.....	PAG.03
3.0	DEFINICIONES.....	PAG.04
4.0	DOCUMENTOS REFERENCIAS.....	PAG.05
5.0	RESPONSABILIDADES.....	PAG.05
6.0	REQUISITOS.....	PAG.05
7.0	SEGURIDAD INDUSTRIAL Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.....	PAG.10
8.0	DESARROLLO.....	PAG.11
9.0	REGISTROS.....	PAG.19
10.0	ANEXOS.....	PAG.19
11.0	REVISIÓN Y CAMBIOS.....	PAG.20

1.0 OBJETIVO.

1.1 Establecer la metodología para realizar las inspecciones con equipo de corrientes Eddy y estableciendo los lineamientos para detectar discontinuidades abiertas o cercanas a la superficie de soldadura y las zonas afectadas por el calor.

2.0 ALCANCE.

2.1 Este documento es de observancia general y obligatoria para el personal técnico de TRUESPECT S.A. DE C.V. para la realización de inspecciones con equipo de corrientes Eddy y definir las técnicas de detección de grietas superficiales e imperfecciones y puede llevarse a cabo en todas las superficies accesibles y en las soldaduras de casi cualquier configuración (una superficie rugosa puede evitar una examinación eficiente).

2.2 La capacidad de detectar imperfecciones depende de muchos factores y el conocimiento actual de la aplicación del método de Corriente Eddy para componentes soldados no permite la propuesta de criterios precisos, por lo que, los criterios se establecerán según se define en la especificación y/o código aplicable al componente examinado.

2.3 A continuación, se formulan algunas recomendaciones para tener en cuenta los factores limitantes que afectan la detectabilidad de las imperfecciones.

2.4 Material del bloque de calibración: El material del bloque de calibración debe ser similar a la del componente bajo prueba.

2.5 Recubrimientos conductores: Los recubrimientos conductores reducen la sensibilidad de la prueba. El espesor del recubrimiento máximo será también reducido y en función de la conductividad.

2.6 Recubrimientos NO Conductores: Los recubrimientos no conductores reducen la sensibilidad de la prueba en función de la distancia entre el sensor y el componente bajo prueba.

2.7 Geometría del componente: La forma del componente y el acceso del palpador a la zona bajo prueba reducen la sensibilidad de la prueba.

2.8 Las geometrías complejas de las soldaduras tales como cruces y placas de refuerzo se examinarán en relación con la geometría compleja y la posible orientación de las imperfecciones.

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

2.9 Orientación de las bobinas a la imperfección

- a) Inclinación. Se debe tener cuidado para asegurar el ángulo óptimo de las bobinas con respecto al área bajo prueba;
- b) Dirección de la corriente inducida. La corriente inducida es direccional, por lo tanto, se debe tener cuidado para asegurar que la orientación de la corriente es perpendicular y/o paralela a la posición de la imperfección esperada;

2.10 Tamaño mínimo de la imperfección

- a) El tamaño mínimo de la imperfección que el método de corrientes Eddy es capaz de detectar en un acero inoxidable soldado en las condiciones "soldadas" es de 1 mm de profundidad x 5 mm de largo.

3.0 DEFINICIONES.

3.1 Área de interés: Es la zona específica del objeto que será evaluado.

3.2 Calibración: el conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar los errores de un instrumento para medir y, de ser necesario, otras características metrológicas.

3.3 Defecto: Discontinuidad cuya forma, tamaño, ubicación o propiedades no cumplen con los criterios de aceptación especificados y por tal motivo es causa de rechazo.

3.4 Discontinuidad: Una falta de continuidad o cohesión, una interrupción intencional o no intencional en la estructura de un componente.

3.5 Evaluación: Es el proceso de comparar las características de una discontinuidad contra un estándar de aceptación y rechazo.

3.6 Indicación falsa: Una indicación detectada por algún método de ensayo no destructivo y que es causada por una condición distinta a una discontinuidad.

3.7 Indicación no relevante: Una indicación detectada por algún método de ensayo no destructivo y que es causada por una condición o tipo de discontinuidad que no es rechazable. Las indicaciones falsas son no relevantes.

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

- 3.8 Indicación relevante: Una indicación detectada por algún método de ensayo no destructivo y que es causada por un tipo de discontinuidad que requiere evaluación.
- 3.9 Indicación: Es la respuesta o evidencia que se obtiene de la aplicación de un método de ensayo no destructivo.
- 3.10 Interpretación: Es determinar la causa u origen de una indicación para establecer si es relevante o no relevante.

4.0 DOCUMENTOS REFERENCIAS.

ISO 17643:2015, Rev. 2020

Non-destructive testing of welds Eddy current testing of welds by complex – plane analysis.

5.0 RESPONSABILIDADES.

- 5.1 Es responsabilidad de la Gerencia 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 TRUESPECT 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 mantener un registro actualizado de las uniones inspeccionadas, así como de las reparaciones, y verificar los resultados de la inspección.

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.

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

6.2 Equipo de Corrientes de Eddy

- 6.2.1 El instrumento por utilizar utilizado para la inspección deberá ser capaz de realizar el análisis y visualización en el plano complejo. La amplitud y la fase de las señales de corrientes de Eddy deberán ser mensurables.
- 6.2.2 El instrumento deberá poder funcionar a una frecuencia seleccionada dentro del rango de 1 kHz a 1 MHz.
- 6.2.3 La pantalla debe incluir la posibilidad de congelar las señales de corrientes de Eddy hasta que el operador las reinicie. Las señales deberán ser claramente visible en todas las condiciones de iluminación previstas durante las pruebas.
- 6.2.4 El control de fase deberá poder dar una rotación completa de las señales visualizadas (360°) en pasos de no más de 10° cada uno.

6.3 Sondas

- 6.3.1 Sondas para medir el espesor del recubrimiento y evaluar el material en relación con el bloque de calibración:

- a) La sonda deberá funcionar en modo absoluto a una frecuencia seleccionada en el rango de 1 kHz a 1 MHz.
- b) Todas las sondas deberán estar claramente marcadas con su rango de frecuencia de funcionamiento.

6.3.2 Sondas para prueba de soldaduras

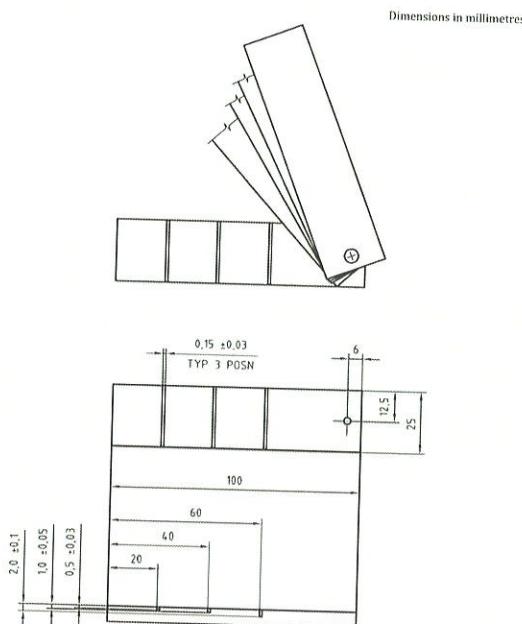
- a) Para los ensayos de soldaduras ferríticas se utilizarán sondas especialmente diseñadas para este fin.
- b) El ensamble o tipo de bobinas será ortogonal, tangencial o equivalente.

- c) La conexión eléctrica deberá permitir medidas diferenciales que se caractericen por tener una mínima dependencia de variaciones continuas o pequeñas de conductividad, permeabilidad y despegue de la sonda en zonas de soldadura y zonas afectadas por el calor.
- d) El diámetro de la sonda se seleccionará en relación con la geometría del componente bajo prueba. Dichas sondas deberán poder funcionar cuando estén cubiertas por una fina capa de material no metálico resistente al desgaste sobre la cara activa. Si la sonda se utiliza con una cubierta, ésta siempre deberá estar colocada durante la calibración. La sonda funcionará a una frecuencia seleccionada en el rango de 100 kHz a 1 MHz.

6.3.3 Bloque de calibración

- 6.3.3.1 Bloques de calibración: Se utilizará un bloque de calibración, del mismo tipo de material que el componente a ser examinado. Deberá tener o incluir muescas fabricadas por EDM (descarga eléctrica mecanizada) de 0.5 mm, 1.0 mm y 2.0 mm de profundidad a menos que se halla acordado de otro modo entre las partes contratantes. La tolerancia en la profundidad de la muesca será de $\pm 0.1\text{mm}$. La anchura recomendada de las muescas será $\leq 0.2\text{mm}$, ver figura 1.
- 6.3.3.2 Bandas flexibles no conductoras: Las bandas flexibles deberán ser no conductoras de un espesor conocido para simular el recubrimiento o recubrimientos reales que se utilizarán en el bloque de calibración. Se recomienda que las bandas flexibles no conductoras sean con espesor de múltiplos de 0.5 mm.
- 6.3.3.3 Cables de extensión del palpador: Se pueden utilizar cables para extender la longitud de trabajo de la sonda, siempre que no se vean afectadas la sensibilidad y resolución.
- 6.3.3.4 Visualización y control remoto: Para el funcionamiento con cables de extensión largos, el equipo deberá incluir un dispositivo de visualización de la señal remota a distancia de la ubicación del operador.

Figura 1 – Ejemplo de bloque de calibración



6.3.4 Mantenimiento del equipo

- 6.3.4.1 Certificado de calibración: El equipo (instrumento y sondas) deberá contar con un certificado de calibración vigente. Este podría ser emitido por el fabricante, un laboratorio de calibración reconocida o una agencia autorizada. La calibración por medio de una entidad externa se debe realizar anualmente.
- 6.3.4.2 Pruebas de funcionalidad: El inspector responsable del equipo debe realizar pruebas de funcionalidad, al menos una vez cada 3 meses. No es necesario realizar un registro de estas pruebas de funcionalidad, sin embargo, cualquier sospecha de mal funcionamiento debe ser reportada por correo electrónico al supervisor inmediato.
- 6.3.4.3 Después de cada jornada de trabajo, el equipo, sondas, cables y bloques de calibración, deberán ser limpiadas y colocadas en su estuche correspondiente.

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
- 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 solicitud de inspección por el cliente o línea de servicio, donde se especifiquen las características de los componentes a inspeccionar.
- 8.1.2 Verificar que los componentes a inspeccionar se encuentren identificados. Sin un número de identificación no se podrá dar trazabilidad a la inspección.
- 8.1.3 Un examen visual se debe efectuar antes y como complemento a la inspección por corrientes de Eddy.
- 8.1.4 Se debe verificar que la superficie de inspección se encuentre en condiciones apropiadas.

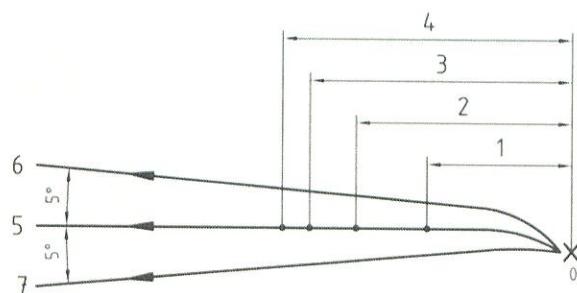
8.2 Modo de evaluación

- 8.2.1 El modo de evaluación utiliza tanto el análisis de fase y el análisis de la amplitud de un vector de plano complejo La evaluación puede ser por

comparación de las señales mostradas en pantalla con referencia a datos almacenados previamente.

- 8.3 Procedimiento para medir el espesor del recubrimiento y comparar el material con respecto al bloque de calibración:
 - 8.3.1 Conecte la sonda para mediciones absolutas al instrumento y seleccione la frecuencia adecuada.
 - 8.3.2 Ajuste la ganancia del instrumento para obtener la deflexión de despegue (lift-off) al total de la pantalla cuando la sonda se desplaza desde un punto sin recubrimiento en el bloque de calibración a un punto con recubrimiento con el espesor de recubrimiento máximo esperado en la estructura que se va a inspeccionar.
 - 8.3.3 Configure la fase de las señales de despegue para mostrarlas como se muestra en la Figura 2.
 - 8.3.4 El espesor del recubrimiento sobre la superficie normal de una soldadura nunca es constante, esto influye en la sensibilidad de la detección de grietas, por lo tanto, es necesario obtener una estimación del espesor máximo del recubrimiento en la zona afectada por el calor zona antes de la inspección de corrientes Eddy en la soldadura.
 - 8.3.5 La señal de despegue obtenida del componente a probar debe ser similar a la señal obtenida del bloque de calibración, es decir, deberá estar dentro de 5° a cada lado de la señal de referencia (ver Figura 2). En caso de que la señal está fuera de este rango, se deberá producir/fabricar un bloque de calibración más representativo del material a examinar.

Figura 2 – Medición del espesor del recubrimiento y clasificación de materiales mediante sonda absoluta



Notas de figura 2:

- 0: punto de balance sobre el bloque de calibración.
- 1, 2, 3, 4: Deflexiones que representan variaciones en el espesor de recubrimientos simulados en el bloque de calibración.
- 5: Deflexión que representa el material del bloque de calibración.
- 6,7: Deflexión que representa el rango de material a examinar utilizando el bloque de calibración.

8.4 Procedimiento para inspección de soldaduras en materiales ferríticos.

8.4.1.1 Frecuencia

- 8.4.1.2 La frecuencia debe ser optimizada con respecto a la sensibilidad, la señal de despegue y las señales no deseadas. En condiciones habituales, se recomienda una frecuencia de unos 100 kHz.

8.4.2 Calibración

- 8.4.2.1 La calibración se realiza moviendo la sonda sobre las muescas del bloque de calibración. La superficie con muescas se cubrirá primero con tiras flexibles no conductoras que tengan un espesor igual o mayor que el espesor del revestimiento medido.

- 8.4.2.2 Posicionar la sonda en una zona del bloque libre de muescas. Realice un balance y si es necesario compense el despegue. Ajuste el punto de balance en el centro de la pantalla.

- 8.4.2.3 Ajuste la ganancia del instrumento para generar señales incrementales a partir de las muescas con profundidades de la menor a la mayor. La

muesca de 1 mm de profundidad deberá proporcionar una señal con amplitud de aproximadamente el 80% de la altura total de la pantalla. Luego se ajustarán los niveles de sensibilidad para compensar la geometría del componente. Una muesca de 0.5 mm de profundidad en el mismo bloque de calibración se indicará como mínimo del 50% de la señal obtenida de la indicación de la muesca de 1 mm de profundidad a través del mismo espesor de recubrimiento.

- 8.4.2.4 Cuando se complete la calibración, verifique que el punto de equilibrio todavía esté en el centro de la pantalla y, si es necesario, refine el ajuste.
- 8.4.2.5 Se realizará una verificación periódicamente, como mínimo al inicio y al final de la inspección y después de cada cambio de las condiciones de trabajo. Todas las verificaciones deberán quedar registradas en el reporte de inspección.

8.4.3 Escaneo

- 8.4.3.1 La superficie de la soldadura y de las zonas afectadas por el calor deben ser escaneadas con la sonda seleccionada. De acuerdo con la geometría de la pieza, la sonda se debe desplazar en dirección perpendicular a la dirección de las imperfecciones esperadas, si esta se desconoce, o si las imperfecciones están en diferentes direcciones a las esperadas, al menos, se deben realizar dos escaneos en dirección perpendicular uno con el otro.
- 8.4.3.2 La exploración se puede dividir en dos partes; las zonas afectadas por el calor (véanse las figuras 3, 4 y 5) y la superficie de la soldadura (véanse las figuras 6 y 7).

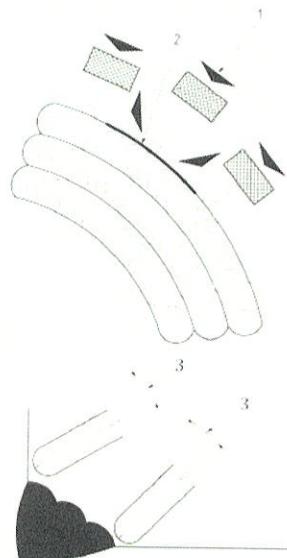


Figura 3: Examen del material y solo las zonas afectadas

En donde:

1. Es dirección de la sonda
2. Discontinuidades
3. Ángulo óptimo para adecuar el escaneo a las condiciones variantes de la superficie.

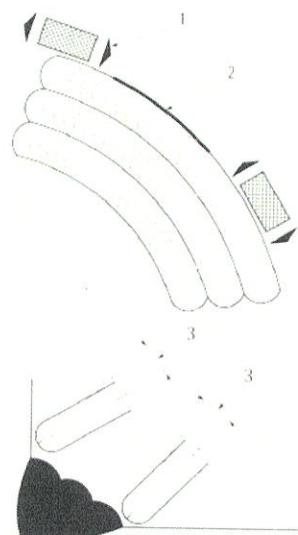


Figura 4: Escaneo en ambos pies de la soldadura.

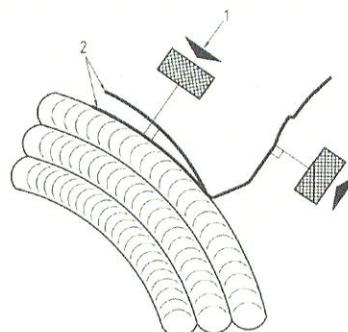


Figura 5: Barrido adicional en la zona afectada por el calor

En donde:

1. Es dirección del palpador
2. Son las imperfecciones

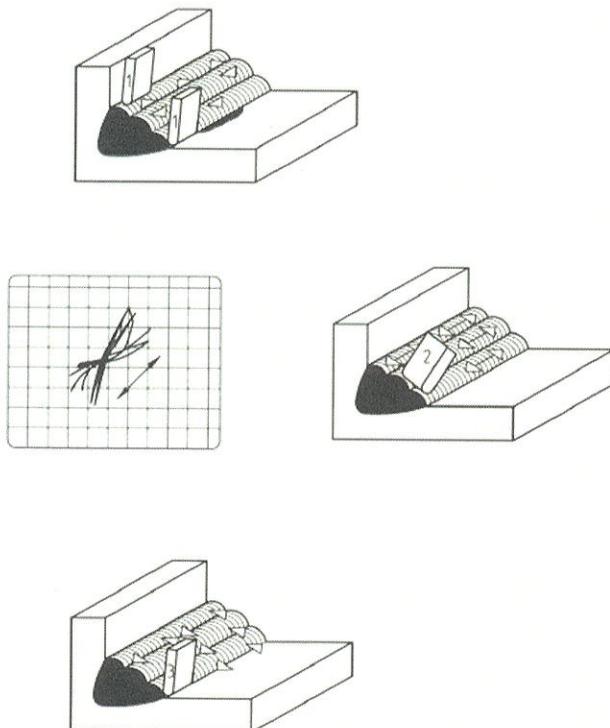


Figura 6: Procedimiento de barrido para examinación de capa de soldadura
(posiciones del palpador)

En donde:

1, 2, 3: diferentes posiciones de la sonda

4: señal envolvente desde dirección transversal de las capas de soldadura

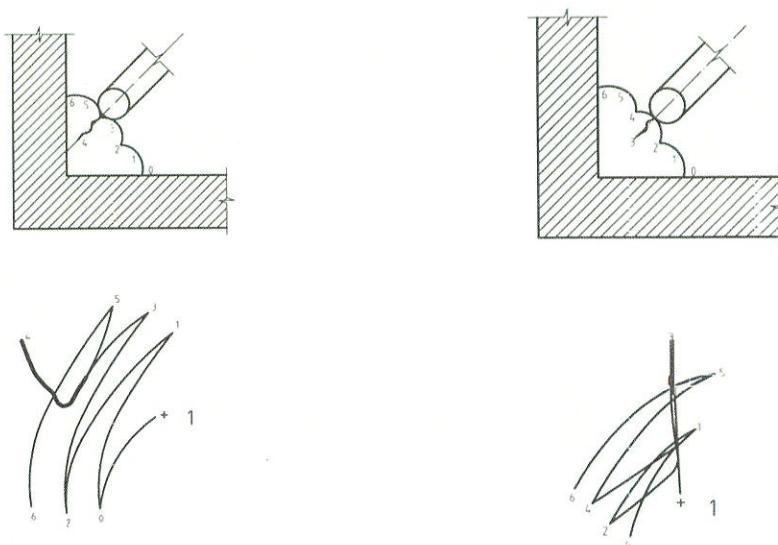


Figura 7: Señales típicas de imperfecciones generadas durante el barrido de la capa de soldadura (Balance 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, diferentes posiciones del palpador)

8.4.4 Detectabilidad de discontinuidades

8.4.4.1 Se deben tomar en cuenta los siguientes elementos que pueden afectar la detectabilidad de las discontinuidades:

- Material del bloque de calibración: El material del bloque de calibración debe ser similar al del componente bajo prueba.
- Recubrimientos conductores: Los recubrimientos conductores reducen la sensibilidad de la prueba.
- Recubrimientos no conductores: Los recubrimientos no conductores reducen la sensibilidad de la prueba dependiendo de la distancia entre la sonda y el material base conductor del componente bajo prueba.
- Geometría del componente: La forma del componente y el acceso de la sonda al área bajo prueba pueden influir en la sensibilidad de la prueba. Las geometrías de soldadura complejas, como juntas cruciformes o placas de refuerzo, se examinarán en relación con la geometría compleja y la posible orientación de las discontinuidades.

- e) Orientación de la sonda a la discontinuidad:
 - 1) Inclinación: Se tendrá cuidado para garantizar que se mantenga el ángulo óptimo de la sonda con respecto al área bajo prueba
 - 2) Corriente inducida direccional: La corriente inducida es direccional, por lo tanto, se debe tener cuidado para garantizar que la orientación de la corriente no sea paralela a la orientación esperada de la discontinuidad.

En el Diagrama No. 1 se muestra un diagrama de flujo recomendado para realizar un examen por corrientes parásitas.

8.4.5 Procedimiento de prueba para otros materiales.

- 8.4.5.1 Este procedimiento puede ser aplicado a otros materiales metálicos como aluminio o acero inoxidable.
- 8.4.5.2 El procedimiento para la inspección de materiales no ferríticos es esencialmente el mismo que para materiales ferríticos, sin embargo, se debe considerar que podría ser necesario el uso de sondas con otras frecuencias, bloque de calibraciones adicionales y otros patrones de escaneo.
- 8.4.5.3 El inspector debe tener presente estos aspectos para la exploración de materiales no ferríticos.

8.4.6 Evaluación de indicaciones

- 8.4.6.1 Cuando se detecten indicaciones relevantes por medio de la inspección con corrientes de Eddy, el área afectada deberá ser marcada y delimitada en orden de poder aplicar un ensayo no destructivo complementario para poder realizar la caracterización y evaluación de la indicación.
- 8.4.6.2 Si el equipo de corrientes de Eddy está dotado de un software que permite la estimación de la longitud y profundidad de la discontinuidad,

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

se podrá utilizar teniendo en cuenta las limitaciones en cuanto precisión de la propia técnica.

8.4.6.3 Si se requiere mayor detalle en cuanto a la indicación detectada, se procederá a complementar la examinación con otra prueba no destructiva, por ejemplo, pruebas de partículas magnéticas (MT) o pruebas de líquidos penetrantes (PT). Los criterios de aceptación o rechazo para MT o PT serán de acuerdo con la normatividad aplicable.

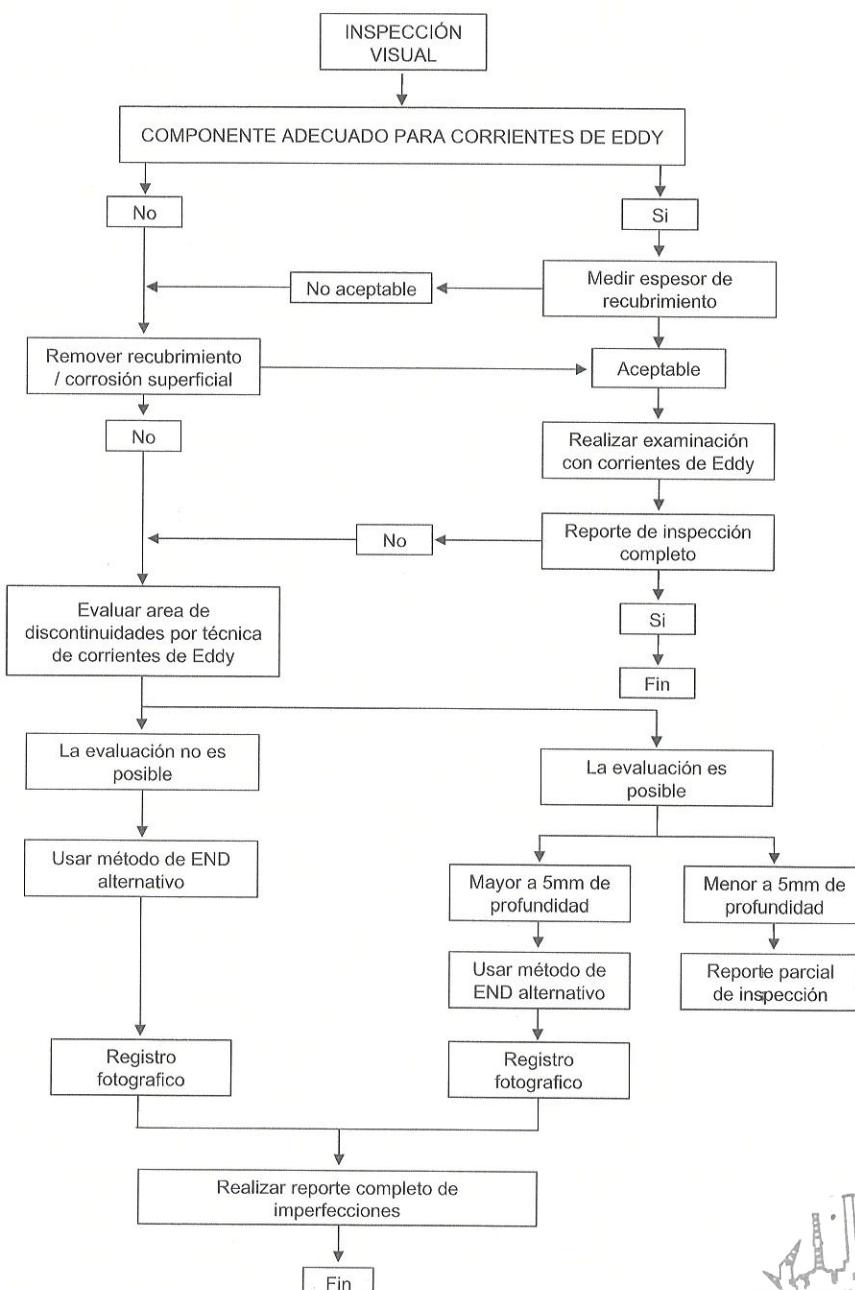
8.4.7 Registro de resultados

8.4.7.1 El resultado de la inspección realizada debe documentarse en el formato TR-OPE-PR-05-FOR-001. Otro formato autorizado por el cliente puede ser usado, siempre que contenga al menos la siguiente información:

- a) Nombre del cliente
- b) Fecha de la inspección
- c) Identificación de cada pieza inspeccionada.
- d) Tipo de material examinado
- e) Tipo de recubrimiento y espesor nominal
- f) Tratamiento térmico
- g) Tipo de junta
- h) Espesor del material
- i) Proceso de soldadura
- j) Número de procedimiento
- k) Criterio de aceptación
- l) Preparación de la superficie
- m) Extensión de la prueba (planos o dibujos)
- n) Bloque de calibración y su identificación
- o) Marca, modelo y número de serie del instrumento de inspección
- p) Condiciones de prueba (frecuencia, sensibilidad, fase, etc.)
- q) Mapa o registro de zonas rechazables (plano, fotos, etc.)
- r) Resultados de la prueba
- s) Personal de inspección y nivel de certificación.

-
- 8.4.7.2 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.
 - 8.4.7.3 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.

Diagrama No. 1
Diagrama de flujo recomendado para la inspección por corrientes de Eddy



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

9.0 REGISTROS.

TR-OPE-PR-05-FOR-001	Reporte de Inspección mediante Corrientes Eddy
----------------------	--

10.0 ANEXOS.

TR-OPE-IT-FOR-001	Control de Operación Diaria
TR-OPE-IT-FOR-002	Check List de Operaciones
TR-OPE-IT-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.
26/12/2022	02	Actualización por Vencimiento, se actualiza procedimiento conforme norma de referencia ISO 17643:2015, Rev. 2020.	Ing. Jorge Álvarez Rivera	Ing. Otoniel Arevalo H.