



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

“ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE MONTANTES DE MAGNETIZACIÓN POR CABEZALES APLICABLE A LA ESTACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL I.T.S.A.”

POR:

LANDETA VINUEZA DAVID ALEJANDRO

Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título de:

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

AÑO

2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **LANDETA VINUEZA DAVID ALEJANDRO** como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

Ing. Guillermo Trujillo Jaramillo
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, Abril 30 de 2014

DEDICATORIA

El presente Trabajo de Graduación dedico a Dios por darme unos padres y hermanas muy humanos, quienes estuvieron en todo momento apoyándome para seguir adelante y culminar mi período académico con éxito.

LANDETA VINUEZA DAVID ALEJANDRO

AGRADECIMIENTO

Mis más sincero agradecimiento a todas las personas que conforman ésta prestigiosa Institución como es el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, quienes con su enseñanza supieron guiarme en el período de formación académica.

Al Sgos. Téc. Avc. Ing. Marco Basantes, quien supo impartir sus conocimientos y experiencias en la investigación para la elaboración de este Trabajo de Graduación.

Al Director de mi Trabajo de Graduación por el apoyo y la guía que me ha sabido brindar para llegar a la culminación de este proyecto, guiándome con sus sabias orientaciones y conocimientos.

LANDETA VINUEZA DAVID ALEJANDRO

ÍNDICE DE CONTENIDOS PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación e importancia	2
1.3 Objetivo del proyecto.....	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.5 Alcance.....	3

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Elementos de electricidad y magnetismo	4
2.1.1 Electricidad.....	4
2.2 Tipos de corriente.....	4
2.2.1 Corriente continua(CC).....	5
2.2.2 Corriente alterna(CA)	5
2.2.3 Corriente trifásica	6
2.2.4 Conversión de corriente alterna en continua	7
2.3 Magnetismo.....	8

2.3.1 Imán.	8
2.3.2 Electroimán	9
2.3.3 Magnetismo residual	10
2.3.4 Permeabilidad magnética	10
2.3.5 Histéresis.....	10
2.3.6 Reluctancia.....	10
2.3.7 Fuerza coercitiva	11
2.3.8 Retentividad	11
2.4 Métodos de imanación	11
2.4.1 Dirección de campo.....	11
2.4.2 Imanación longitudinal.....	12
2.4.3 Imanación circular	12
2.4.4 Imanación local	13
2.5 Ensayos no destructivos.....	13
2.5.1 Elementos básicos de un ensayo no destructivo.....	14
2.5.1.1 Fuente	14
2.5.1.2 Modificación	14
2.5.1.3 Detección	14
2.5.1.4 Indicación	14
2.5.1.5 Interpretación	14
2.5.1.6 Evaluación.....	14
2.5.1.7 Defecto	14
2.6 Personal	15
2.6.1 Nivel 1	15
2.6.2 Nivel 2	15
2.6.3 Nivel 3	15
2.7 Aplicación de NDI.....	15

2.7.1 Defectologia	16
2.7.1.1 Campos de fuga	16
2.7.1.1.1 Material sin defectos.....	16
2.7.1.1.2 Discontinuidad o defecto superficial	16
2.7.1.1.3 Discontinuidad interna	17
2.7.1.1.4 Orientaciòn de las discontinuidades	18
2.7.2 Caracterizaciòn	19
2.7.3 Metrologìa	19
2.8 Clasificaciòn de prácticas no destructivas (PND)	19
2.8.1 Pruebas no destructivas superficiales	19
2.8.1.1 Inspecciòn visual	20
2.8.1.2 Lìquidos penetrantes.....	20
2.8.1.3 Partìculas magnéticas	22
2.8.1.4 Corriente inducidas o eddy current.....	22
2.8.2 Pruebas no destructivas de hermeticidad.....	23
2.8.3 Pruebas no destructivas volumétricas.....	24
2.8.3.1 Radiografía(RX)	24
2.9 Luz negra	25
2.9.1 Fuente de luz negra	25
2.9.2 Filtros de luz negra	26
2.9.3 Variaciòn en la intensidad de la luz negra	26
2.10 Anillo de ketos	26
2.11 Seguridad operativa	27
2.11.1 Limpieza	27
2.11.2 Recubrimientos	27
2.11.3 Adaptaciòn de los ojos	28
2.11.4 Campos	28

2.11.5 Conexiones	28
2.11.6 Partículas magnéticas	28
2.11.6.1 Polvos magnéticos	28
2.11.6.2 Colores de polvos magnéticos	29
2.11.6.3 Reciclaje de partículas magnéticas	29
2.11.6.4 Temperatura de partículas magnéticas	29
2.11.6.5 Partículas magnéticas húmedas	29
2.11.7 Magnetización	29
2.11.7.1 Magnetización continua.....	29
2.11.7.2 Magnetización residual.....	30
2.11.7.3 Magnetización circular.....	30
2.11.8 Desmagnetización.....	30

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Construcción	32
3.1.1 Introducción.....	32
3.1.2 Especificaciones técnicas parte eléctrica	32
3.1.3 Descripción de la figura 3.1	33
3.1.4 Listado de componentes	33
3.1.5 Diagrama eléctrico	34
3.1.6 Funcionamiento de la soldadora ac welder bx1-32 50 ck.....	34
3.2 Especificaciones técnicas banco de magnetización.....	35
3.2.1 Parámetros de construcción.....	35
3.2.2 Pernos de sujeción.....	35
3.2.3 Panel frontal	35
3.2.4 Limpieza de impurezas.....	36
3.2.5 Pintado	37
3.2.6 Cabezal fijo.....	37

3.2.7 Cabezal móvil.....	38
3.2.7.1 Tornillo sin fin izquierdo.....	38
3.2.7.2 Tornillo sin fin derecho	39
3.2.7.3 Engrasado tornillo sin fin	39
3.2.8 Conexiones	40
3.3 Magnetización con bobina partículas magnéticas húmedas.....	41
3.4 Magnetización con bobina partículas magnéticas secas.....	53
3.5 Magnetización con cabezales, partículas magnéticas húmedas.....	64
3.6 Magnetización con cabezales, partículas magnéticas secas.....	76
3.7 Guía práctica para mantenimiento del banco de magnetización.....	88
3.8 Estudio económico.....	95
3.8.1 Costo primario.....	95
3.8.2 Costo secundario.....	95
3.8.3 Costo total.....	96

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	97
4.2 Recomendaciones.....	98
GLOSARIO.....	99
NOMENCLATRURA.....	100
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	102
HOJA DE VIDA.....	124
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS	125
CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Funcionamiento con 110VCA.....	34
Tabla 3. 2 Costo primario	95
Tabla 3. 3 Costo secundario.....	95
Tabla 3. 4 Costo total del proyecto.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Corriente continua (CC)	5
Figura 2. 2 Corriente alterna(CA)	6
Figura 2. 3 Corriente trifásica	7
Figura 2. 4 Conversión de corriente alterna en continua	7
Figura 2. 5 Polos iguales.....	8
Figura 2. 6 Polos diferentes.....	9
Figura 2. 7 Material sin defectos	16
Figura 2. 8 Discontinuidades o defecto superficial	17
Figura 2. 9 Orientación de las discontinuidades.....	18
Figura 2. 10 Inspección visual	20
Figura 2. 11 Líquidos penetrantes.....	21
Figura 2. 12 Inspección por líquidos penetrantes.....	21
Figura 2. 13 Partículas magnéticas	22
Figura 2. 14 Corrientes inducidas.....	23
Figura 2. 15 Radiografía.....	24
Figura 2. 16 Lámpara de luz negra	25
Figura 2. 17 Anillo de ketos	27
Figura 2. 18 Magnetización circular.....	30
Figura 3. 1 Soldadora ac welder bx1-32 50 ck	33
Figura 3. 2 Pernos de sujeción del banco de magnetización	35
Figura 3. 3 Panel frontal del banco de magnetización.....	36
Figura 3. 4 Thinner, franela, lija.....	36
Figura 3. 5 Banco de magnetización	37
Figura 3. 6 Bandeja magnetización	37
Figura 3. 7 Cabezal fijo	38
Figura 3. 8 Cabezal móvil.....	38
Figura 3. 9 Tornillo sin fin	39
Figura 3. 10 Engrasado tornillo sin fin	39
Figura 3. 11 Conexiones	40

RESUMEN

El banco de magnetización está construido con una lámina de acero A 36, que fue doblada y cortada de acuerdo a las medidas para la estación de ensayos no destructivos del I.T.S.A, para una mejor sujeción tiene pernos de 9/16 en puntos estratégicos.

El bobinado para realizar los disparos de magnetización se utilizó una soldadora marca Welder de 110 VCA.

El banco de magnetización realiza ensayos no destructivos mediante dos configuraciones posibles.

- Configuración para la inspección con partículas magnéticas mediante magnetización longitudinal con bobina.
- Configuración para la inspección con partículas magnéticas mediante magnetización circular con cabezales.

Las inspecciones no destructivas con el banco de magnetización se pueden realizar mediante líquidos penetrantes y partículas magnéticas secas.

El presente banco de magnetización por cabezales contiene una lista de operación, lista mantenimiento, lista de inspección que serán llenados antes y después de cada práctica.

Para realizar una inspección no destructiva el equipo se encuentra en condiciones satisfactorias para instruir apropiadamente a los educandos.

SUMMARY

The bank magnetization is built with a steel sheet 36 A, which was folded and cut according to the measurements for nondestructive testing station I.T.S.A for better clamping bolts have 9/16 at strategic points.

The coil for magnetizing shots Welder 110 VAC brand was used.

The bank performs NDT magnetization of two possible configurations.

- Configuration for magnetic particle inspection using longitudinal magnetization coil.
- Configuration for magnetic particle inspection using a circular magnetization heads.

Nondestructive magnetization with bank checks can be performed by liquid penetrant and magnetic particle dry.

This bank magnetizing heads operating lists, list maintenance, inspection checklist to be filled out before and after each practice.

To perform a non-destructive inspection equipment is in satisfactory condition to properly educate students.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ubicado en la ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi, para la formación de profesionales dentro del campo aeronáutico, prepara y capacita personal técnico con un alto nivel de conocimientos en esta área, para enfrentar los retos del futuro y satisfacer al mercado actual con profesionales de calidad.

Para preparar profesionales de calidad el Instituto necesita contar con equipos de alta tecnología para facilitar la instrucción, por lo cual se han realizado estudios con el objetivo de identificar las necesidades de los estudiantes y docentes respecto a la materia de ensayos no destructivos.

Utilice algunas técnicas de investigación como son la observación y la entrevista, la observación fue realizada en los talleres de Mecánica Aeronáutica, la entrevista fue realizada a los señores docentes del I.T.S.A arrojando resultados favorables en los cuales se comprueba la necesidad de poseer un banco de magnetización por cabezales para aumentar el aprendizaje y de esta forma adquirir mayor experiencia en lo que respecta a pruebas no destructivas.

1.2 Justificación e importancia

La falta de un banco de magnetización por cabezales para realizar una inspección no destructiva circular con partículas magnéticas secas y húmedas para afianzar los conocimientos adquiridos en la asignatura de materiales y procesos.

Se ha creído conveniente la elaboración de este tipo de muestra para poder despejar o aclarar alguna inquietud que se tenga en clases.

La correcta utilización de un banco de magnetización para realizar ensayos no destructiva mediante la implementación de montantes de magnetización por cabezales nos va a servir para la instrucción dentro de la estación de ensayos no destructivos del I.T.S.A.

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo general

Construir un banco de pruebas para inspección no destructiva mediante la implementación de montantes de magnetización por cabezales aplicable a la estación de ensayos no destructivos del I.T.S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar y extraer la información actualizada acerca de los métodos de inspección no destructiva más utilizados.
- Realizar pruebas funcionales del equipo basándose en la guía práctica.
- Realizar manuales de inspección, mantenimiento para el banco de magnetización.
- Implementar requerimientos visuales para una correcta utilización del banco de magnetización.

1.4 Alcance

La creación del banco de magnetización permite realizar ensayos no destructivos con partículas magnéticas secas y húmedas, mediante magnetización longitudinal con bobina y magnetización circular con cabezales.

El banco de magnetización estará en la estación de ensayos no destructivos para promociones venideras de la carrera de Mecánica Aeronáutica del I.T.S.A.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Elementos de electricidad y magnetismo

La electricidad y el magnetismo no se las pueden mirar. Se dejan sentir solamente por los efectos que producen como: generación de luz y calor o por la atracción de los materiales.

2.1.1 Electricidad

“Es el conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de cargas eléctricas. Se manifiesta en una gran variedad de fenómenos como los rayos, la electricidad estática, la inducción electromagnética o el flujo de corriente eléctrica.”¹

2.2 Tipos de corriente

Existen dos tipos básicas de corriente eléctricas y ambas se emplean en la inspección no destructiva por el sistema de magnetización por cabezales. La corriente continua es pulsante, cuya intensidad varia de forma apreciable. La corriente alterna invierte su dirección, siendo primero positiva y después negativa.

El rectificador es un dispositivo empleado para convertir la corriente alterna en continua, permite que la corriente fluya en una sola dirección.

¹ <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Electricidad1.htm>

2.2.1 Corriente continua (CC)

Su característica principal es que los electrones o cargas siempre fluyen, dentro de un circuito eléctrico cerrado, en el mismo sentido. Los electrones se trasladan del polo negativo al positivo de la fuente de FEM. Lo que hacen estos dispositivos es poner en movimiento a las cargas para que se inicie el flujo de corriente eléctrica a partir de la fuerza electromagnética.

Esta fuerza es la que moviliza a los electrones contenidos en los cables de un circuito eléctrico. Los metales son los que permiten el mejor flujo de cargas, es por esto que se los denomina conductores.

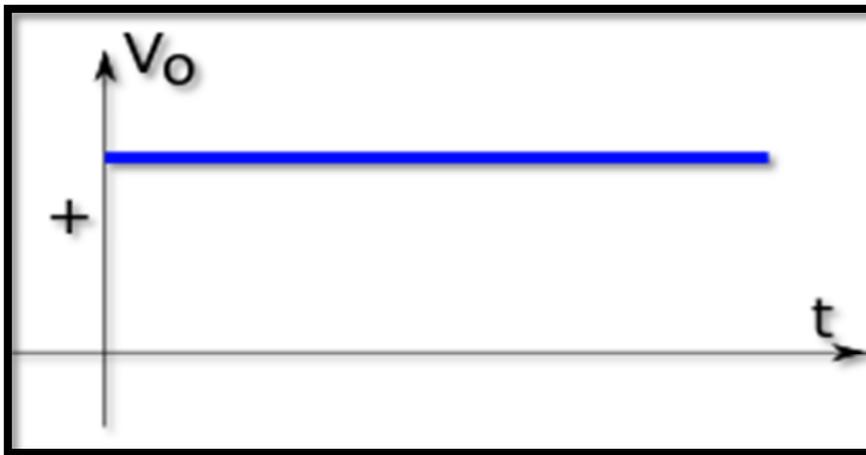


Figura.: 2.1: Corriente continua (CC)

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/corriente-continua-alterna.htm>

2.2.2 Corriente alterna (CA)

A diferencia de la corriente anterior, en esta existen cambios de polaridad ya que esta no se mantiene fija a lo largo de los ciclos de tiempo. Los polos negativos y positivos de esta corriente se invierten a cada instante, según los Hertz o ciclos por segundo de dicha corriente.

A pesar de esta continua inversión de polos, el flujo de la corriente siempre será del polo negativo al positivo, al igual que en la corriente continua.

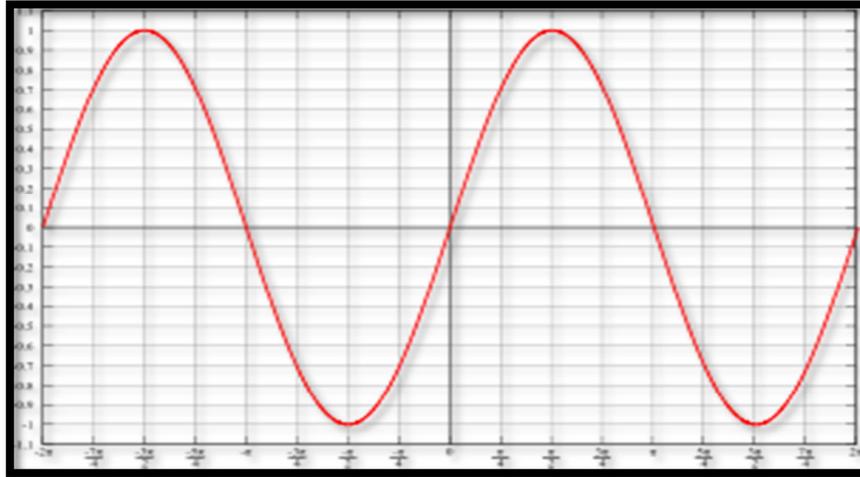


Figura: . 2.2: Corriente alterna (CA)

Fuente:http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_corriente_alterna/ke_corriente_alterna_1.htm

2.2.3 Corriente trifásica

Está formada por un conjunto de tres formas de oscilación, desfasadas una respecto a la otra 120° (grados).

“Las corrientes trifásicas se generan mediante alternadores dotados de tres bobinas o grupos de bobinas, enrolladas sobre tres sistemas de piezas polares equidistantes entre sí.

El retorno de cada uno de estos circuitos o fases se acopla en un punto, denominado neutro, donde la suma de las tres corrientes, si el sistema está equilibrado, es cero, con lo que el transporte puede ser efectuado usando solamente tres cables.”²

²<http://ddtorres.webs.ull.es/Docencia/Intalaciones/Electrifica/Tema%204>

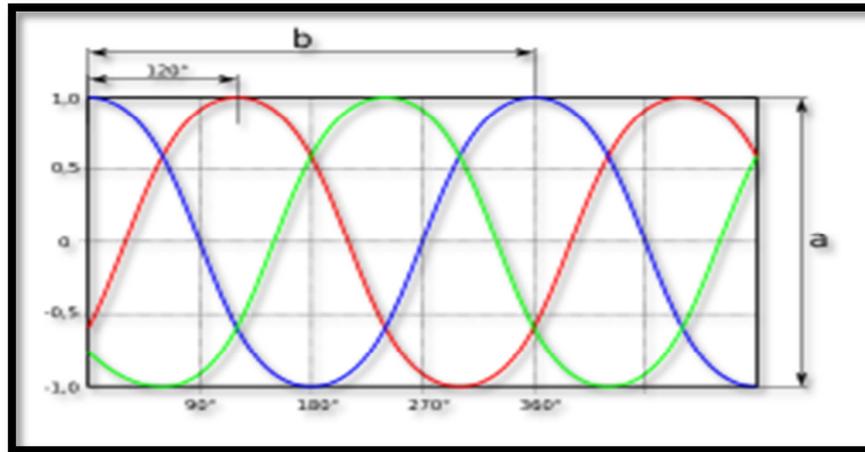


Figura:. 2.3: Corriente trifásica

Fuente:<http://ddtorres.webs.ull.es/Docencia/Intalaciones/Electrifica>

2.2.4 Conversión de corriente alterna en continua

Muchos aparatos necesitan corriente continua para funcionar, sobre todos los que llevan electrónica (equipos audiovisuales, ordenadores, etc). Para ello se utilizan fuentes de alimentación que rectifican y convierten la tensión a una adecuada.

Este proceso de rectificación, se realizaba antiguamente mediante dispositivos llamados rectificadores, basados en el empleo de tubos de vacío y actualmente, de forma casi general incluso en usos de alta potencia, mediante diodos semiconductores o tiristores.

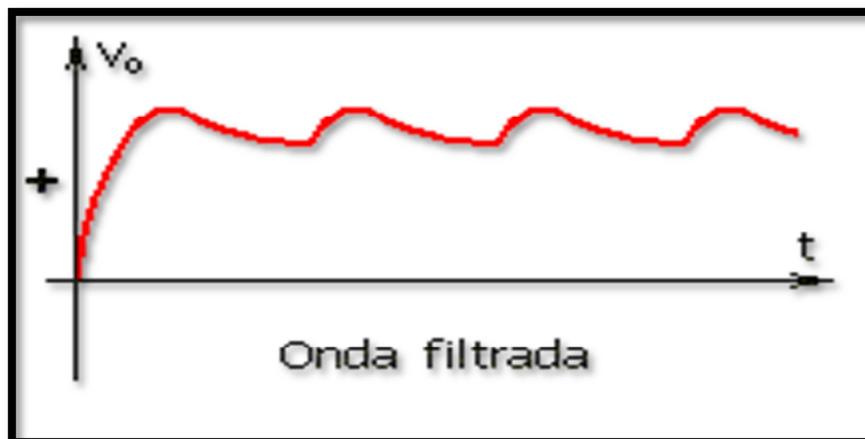


Figura:. 2.4: Conversión de corriente alterna en continua

Fuente:<http://es.scribd.com/doc/84354888/Conversion-Corriente>

2.3 Magnetismo

“En el interior de la materia existen pequeñas corrientes cerradas al movimiento de los electrones que contienen los átomos; cada una de ellas origina un imán microscópico.”³

Cuando estos pequeños imanes están orientados en todas direcciones sus efectos se anulan mutuamente y el material no presenta propiedades magnéticas; y en cambio, si todos los imanes se alinean, actúan como un único imán y se dice que la sustancia se ha magnetizado.

2.3.1 Imán

Es un material que tiene orientados total o parcialmente sus dominios magnéticos, su habilidad para atraer o repeler se concentra en los extremos llamados polos.

Si dos polos magnéticos iguales son colocados uno cerca del otro, ambos se repelen.

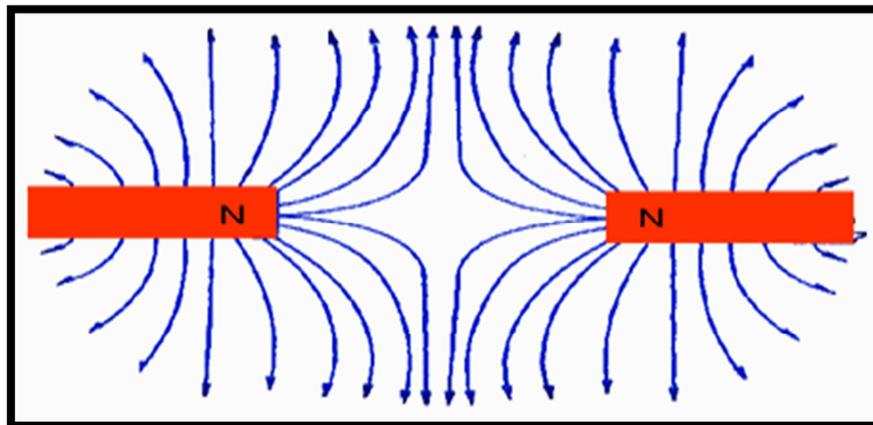


Figura:. 2.5: Polos iguales

Fuente: <http://es.Magnetismo.org/polosmagneticos/norte.es.com>

³<http://www.quees.info/que-es-el-magnetismo.html>

Si dos polos magnéticos diferentes son colocados uno cerca del otro, ambos serán atraídos.

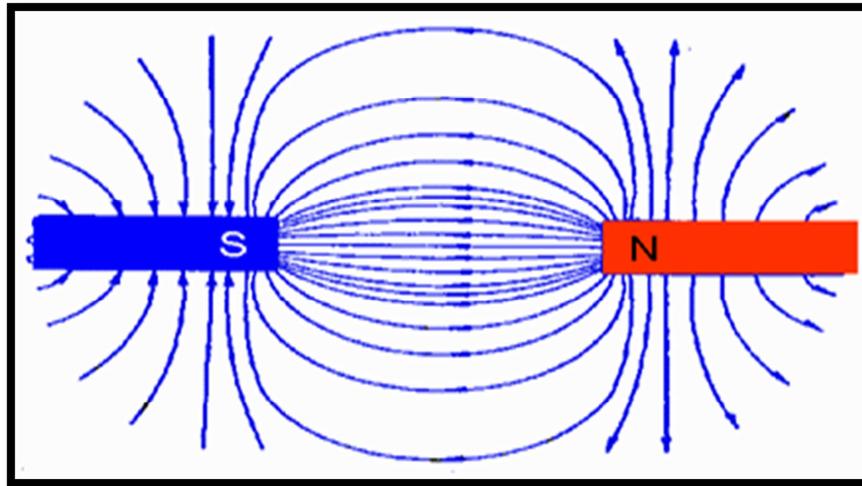


Figura:. 2.6: Polos diferentes

Fuente:<http://es.Magnetismo.org/polosmagneticos/sur.es.com>

2.3.2 Electroimán

El efecto del campo magnético que rodea un alambre portador de corriente eléctrica puede aumentarse enrollando el alambre en una bobina. Los campos alrededor de cada vuelta de alambre se suman y convierten la bobina en un imán con un polo a cada lado.

Esto producirá una región de alta intensidad de campo en la bobina. Si se inserta un hierro dulce en la bobina, éste se imanta y contribuye a la formación del campo magnético. Y mientras la corriente fluya por la bobina, el electroimán retiene todas las propiedades de un imán.

Cuando el flujo de la corriente cesa, la bobina, y por ende el núcleo, pierde su magnetismo. Si se invierte la dirección de la corriente, la dirección de la imanación también se invierte y los polos se intercambian. La intensidad del campo magnético dependerá principalmente:

- (a) Del número de espiras en la bobina.
- (b) De la intensidad de la corriente en la bobina.

(c) De la permeabilidad del material del núcleo.

2.3.3 Magnetismo residual

Cantidad de magnetismo que existe en un material aún después de suspender la fuerza magnetizante.

2.3.4 Permeabilidad magnética

"Todo material que resulte atraído por un imán se dice que es ferromagnético y se denomina su permeabilidad con el siguiente símbolo (μ). Esta es la facilidad con la que un campo magnético puede introducirse en un material, no es constante, sino que cambia considerablemente a medida que aumenta la densidad de flujo."⁴

2.3.5 Histéresis

Es el retraso del efecto magnético cuando se cambian las fuerzas imanadoras que actúan sobre un cuerpo ferromagnético.

Cuando se imanar ciertos materiales ferromagnéticos, al retirarles la fuerza imanadora no vuelve completamente a su condición inicial.

Para desimantar completamente el material se debe aplicar una cierta fuerza imanadora inversa, a menos que el material se caliente por encima del punto Curie correspondiente a dicho material o que se someta a un tratamiento mecánico.

2.3.6 Reluctancia

Resistencia que opone un material a la creación de un flujo magnético en él.

⁴<http://personales.upv.es/jquiles/prffi/magnetismo/ayuda/hlppermeabilidad.htm>

2.3.7 Fuerza coercitiva

“Es la expresión empleada para indicar la facilidad con la que el magnetismo residual de un material puede contrarrestarse por la aplicación de una fuerza imanadora.”⁵

2.3.8 Retentividad

Propiedad de los materiales para retener una cierta cantidad de magnetismo residual.

2.4 Métodos de imanación

La dirección del campo magnético debe ser la correcta con respecto a la discontinuidad, es importante conocer el procedimiento de imanación necesario para dar al campo la dirección debida.

Para efectuar la inspección adecuada, el campo debe hallarse en la dirección correcta, debe establecerse en el área correcta de la pieza que se inspecciona, y debe así mismo ser de la intensidad o potencia adecuada.

2.4.1 Dirección del campo

Dado que la sensibilidad es mayor cuando el campo magnético en una pieza es perpendicular al eje mayor de un defecto, el método de imanación deberá seleccionarse de forma que produzca líneas de flujo perpendiculares al tipo de defecto esperado.

Si se desea hallar efectos con varias orientaciones, entonces la pieza debe imanarse más de una vez de forma que produzca líneas de flujo en diferentes direcciones.

⁵http://www.juntadeandalucia.es/averroes/educacion_permanente/glosario/index.php/Fuerza_coercitiva

En la mayoría de los trabajos, será suficiente imanar dos veces empleando la segunda vez un campo perpendicular al primero con objeto de que el defecto que se halle casi paralelo al primer campo sea casi perpendicular al segundo, algunos casos, un defecto situado a 45° aproximadamente con respecto de las líneas de flujo pudiera no ser visible.

2.4.2 Imanación longitudinal

Este método de imanación se efectúa induciendo un campo magnético en la pieza de forma tal que las líneas de fuerza que corren en la pieza sean aproximadamente paralelas al eje de la bobina imanadora.

Cuando se utiliza un imán permanente o un electroimán, las líneas de fuerza actúan entre los polos y es necesario hacer el montaje de forma que dichas líneas sigan el contorno.

Y en este caso también, la mejor sensibilidad se obtendrá cuando el flujo de corriente sea paralelo a la discontinuidad.

Materiales tales como ejes, cilindros, vigas, etc. pueden imanarse por medio de un cable eléctrico flexible enrollado alrededor de la pieza. Cuando por el cable se pasa una corriente se convierte en un solenoide temporal.

2.4.3 Imanación circular

El método de imanación circular se efectúa por la inducción de un campo magnético en la pieza de forma tal que las líneas de fuerza tengan la forma de anillos concéntricos alrededor del eje de la pieza.

Esto se realiza pasando corriente directamente por la pieza o por un conductor que pase a través de un agujero en la pieza. La imanación circular es la más apropiada para detectar discontinuidades aproximadamente paralelas al eje de la pieza, o radiales en los extremos.

Cuando se efectúa la imanación circular, generalmente el campo queda contenido en los contornos de la pieza misma. Esto crea intensidad de campo máxima y, por lo tanto, sensibilidad también máxima a discontinuidades sub-superficiales.

2.4.4 Imanación local

A menudo no resulta práctico imanar la totalidad de una pieza de grandes dimensiones. Tales piezas pueden imanarse por secciones solamente pasando una corriente por ciertas áreas o secciones y empleando contactos o puntas de contacto.

Esto produce un campo circular local en la zona comprendida entre los puntos de contacto. Las puntas de contacto se aplican a la superficie a inspeccionarse y se sostienen firmemente en posición mientras pasa la corriente.

Las puntas de contactos y las zonas a inspeccionarse deberán hallarse suficientemente limpias para permitir el paso de elevadas corrientes sin que se produzca arco o quemaduras.

Por esta razón, se aconseja un circuito abierto de bajo voltaje (2 a 16 V). El procedimiento habitual es establecer contacto directo con el espécimen, y cuando se necesita una segunda inspección, colocar las puntas de contacto en ángulos rectos con respecto a la línea de la primera.

2.5 Ensayos no destructivos

Los Ensayos No Destructivos "NDI" son técnicas de inspección que se utilizan para verificar el estado interno y externa de los materiales, sin deteriorarlos ni alterar o afectar de forma permanente sus propiedades, sean éstas físicas, químicas o mecánicas. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo.

2.5.1 Elementos básicos de un ensayo no destructivo

2.5.1.1 Fuente

Un fundamento que puede usarse con el fin de obtener información de la pieza bajo prueba.

2.5.1.2 Modificación

Este medio de sondeo debe cambiar o ser modificado como resultado de las variaciones o discontinuidades dentro del objeto sometido a prueba.

2.5.1.3 Detección

Un detector que puede determinar los cambios en el medio de sondeo.

2.5.1.4 Indicación

Una forma de indicar o registrar las señales del detector.

2.5.1.5 Interpretación

Determinación una indicación es relevante o falsa.

2.5.1.6 Evaluación

Valoración de una indicación relevante.

2.5.1.7 Defecto

Una o varias discontinuidades que no presentan especificaciones.

2.6 Personal

Es necesario que el personal responsable de llevar a cabo los ensayos, este entrenado y altamente calificado, comprendiendo a cabalidad todo lo concerniente a equipos, técnicas, materiales y procedimientos de ensayo de acuerdo a los siguientes niveles de calificación:

2.6.1 Nivel 1

El personal con calificación “Nivel I” debe estar preparado para realizar, según instrucciones escritas, calibración de equipos, ensayos y evaluación de resultados.

2.6.2 Nivel 2

El personal con calificación “Nivel II” debe estar preparado para realizar; calibración de equipos, interpretar y evaluar resultados con respecto a códigos y especificaciones. Debe estar en capacidad de preparar instrucciones escritas y reportar resultados de ensayo.

2.6.3 Nivel 3

El personal con calificación “Nivel III” debe ser responsable de establecer técnicas, interpretar códigos y designar el método de ensayo junto con la técnica a ser usada. Debe tener una gran experiencia práctica en esta técnica y estar familiarizado con otras técnicas de ensayos no destructivos.

2.7 Aplicación de NDI

La amplia aplicación de los métodos de ensayos no destructivos en materiales se encuentra resumida en los tres grupos siguientes:

2.7.1 Defectología

Permite la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales; detección de fugas.

2.7.1.1 Campos de fuga

2.7.1.1.1 Material sin defectos

El método de inspección por partículas magnéticas tiene como finalidad localizar e identificar discontinuidades en materiales ferromagnéticos. Corte transversal longitudinal de una pieza de material imanado.

En ausencia de grietas o discontinuidades, las líneas del campo magnético pasan de un extremo al otro del objeto sin salir a la superficie.

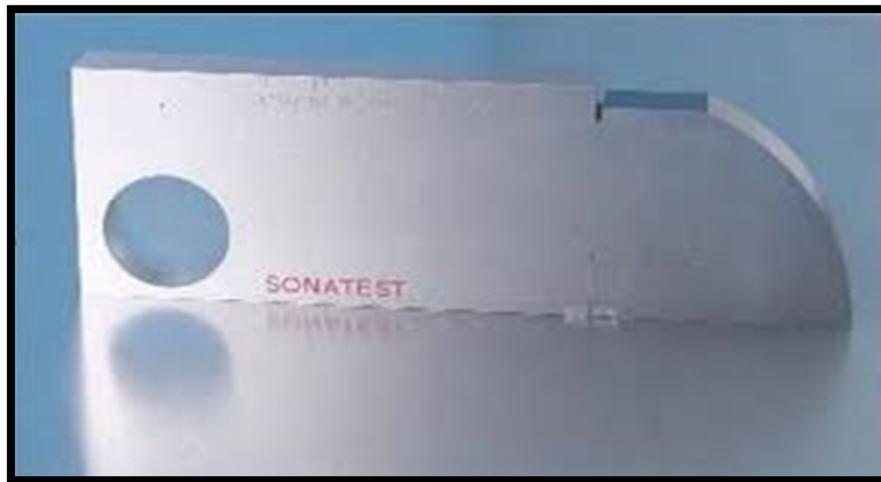


Figura. 2.7: Materiales sin defectos

Fuente:<http://es.Magnetismo Campos de Fugas/material sin defectos.org.es>

2.7.1.1.2 Discontinuidad o defecto superficial

En presencia de una discontinuidad o defecto algunas líneas del campo magnético pudieran salir del objeto y al espacio.

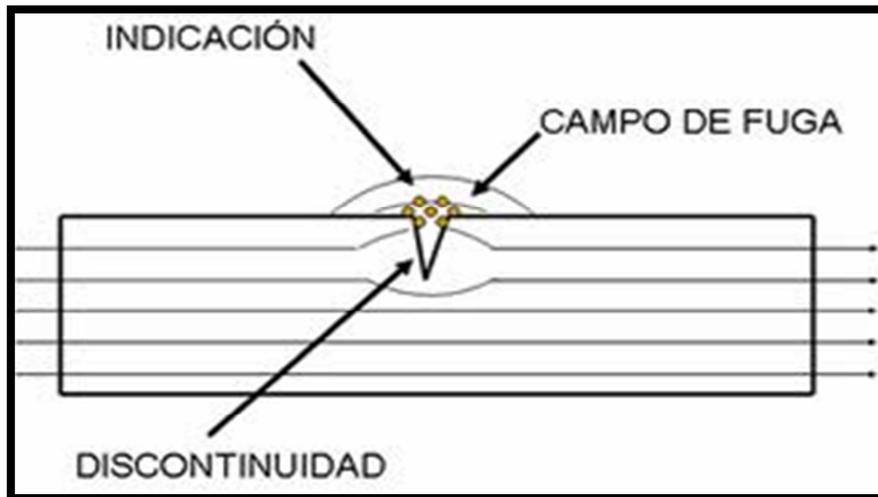


Figura. 2.8: Discontinuidades o defecto superficial

Fuente: http://www.endicsa.com.ar/site/index.php/servicios/?option=com_content&view=article&id=62

Si sobre la superficie del objeto rociamos partículas ferromagnéticas muy pequeñas, resultarán atraídas y retenidas por el campo de fuga en la región de la discontinuidad.

Aun cuando esta pudiera ser muy pequeña para ser visible al ojo desnudo, el campo magnético podría aún resultar suficientemente perturbado como para atraer un número suficiente de pequeñas partículas que permitan formar una indicación visible.

Estas partículas pueden colorearse para hacerlas visibles y hacer así que el método de inspección sea más sensible. Aun cuando la discontinuidad no se abra sobre la superficie, el campo pudiera perturbarse lo suficiente como para que salga del objeto. Las partículas magnéticas pueden resultar por lo tanto atraídas a la superficie inmediatamente encima del defecto.

2.7.1.1.3 Discontinuidad interna

Una discontinuidad oculta en el interior de un objeto pudiera no perturbar las líneas de fuerza para hacerlas salir de la superficie. En este caso no habrá atracción de partículas ni indicación superficial.

Dado que la permeabilidad del aire es mucho menor que la de los materiales ferromagnéticos, las líneas de flujo tienden a pasar por el espacio exterior más allá de los límites del material.

2.7.1.1.4 Orientación de las discontinuidades

Una discontinuidad de orientación paralela al campo magnético en el objeto producirá un efecto mucho menor sobre el campo que una discontinuidad que sea perpendicular al campo.

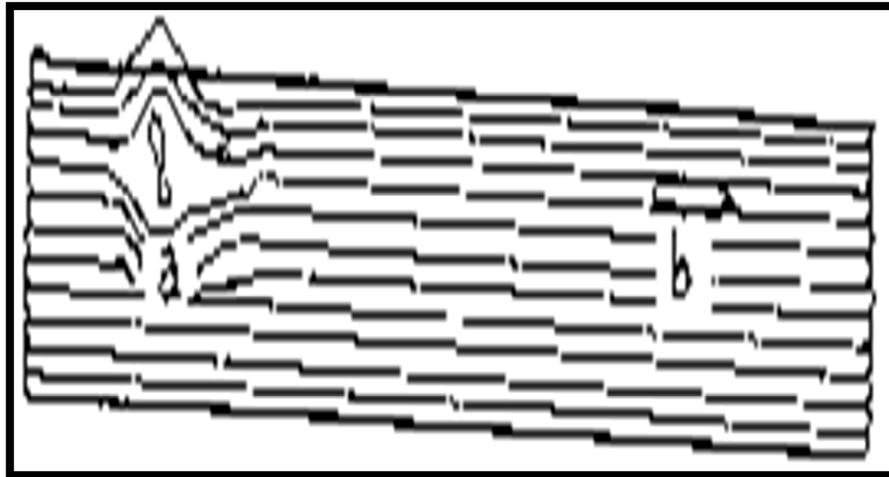


Figura. 2.9: Orientación de las discontinuidades

Fuente:<http://es.Magnetismo Campos de Fugas/Orientación de las discontinuidades.org.es>

La discontinuidad "b" apenas interrumpe la continuidad del campo magnético, las partículas magnéticas atraídas al mismo serían muy pocas, si es que lo son. No obstante, la discontinuidad "a" produce una alteración considerable en el campo magnético haciendo que algunas líneas de flujo salgan fuera del material.

Las partículas magnéticas serían más fácilmente atraídas a la superficie cerca de "a", haciendo así que la discontinuidad sea mucho más detectable.

La sensibilidad de este método de inspección será mucho mejor para aquellas discontinuidades que tengan una orientación de 90° con relación al

campo produciendo resultados aceptables aun cuando el ángulo de tal orientación se reduzca hasta unos 75°.

2.7.2 Caracterización

Evaluación de las características químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales y propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas).

2.7.3 Metrología

Control de espesores; medidas de espesores por un solo lado, medidas de espesores con recubrimiento.

2.8 Clasificación de prácticas no destructivas (PND)

La clasificación de las pruebas no destructivas se basa en la posición en donde se localizan las discontinuidades que pueden ser detectadas.

2.8.1 Pruebas no destructivas superficiales

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad superficial de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND superficiales son:

- Inspección Visual (VT, IV o VI).
- Líquidos Penetrantes (PT o LT).
- Partículas Magnéticas (MT o PM).
- Electromagnetismo o Eddy Current (ET o PE).

En el caso de utilizar VT y PT se tiene la limitante para detectar únicamente discontinuidades superficiales (abiertas a la superficie); y con MT y ET se tiene la posibilidad de detectar tanto discontinuidades superficiales como sub-superficiales (las que se encuentran debajo de la superficie pero muy cercanas a ella).

2.8.1.1 Inspección visual

Esta técnica es utilizada para todas las técnicas de NDI, es decir se aplica en todo momento, la capacidad del técnico para este método depende del grado de agudeza visual ya que el medio principal para realizar este son sus ojos.



Figura: 2.10. Inspección visual

Fuente:<http://altatecnologiapnd.com.mx/?port=ecclesiam-mittam-est-se-sed-2>

2.8.1.2 Líquidos penetrantes

Básicamente es un método de ensayos no destructivos para encontrar discontinuidades superficiales en materiales no porosos. El penetrante, cuando es aplicado al material, entra en cualquier discontinuidad superficial por acción capilar, que es una propiedad de los líquidos debido a su viscosidad y tensión superficial.

Después de un cierto tiempo, removido el exceso de penetrante de la superficie, el penetrante puede ser extraído de la discontinuidad con un revelador y por tanto detectado visualmente.

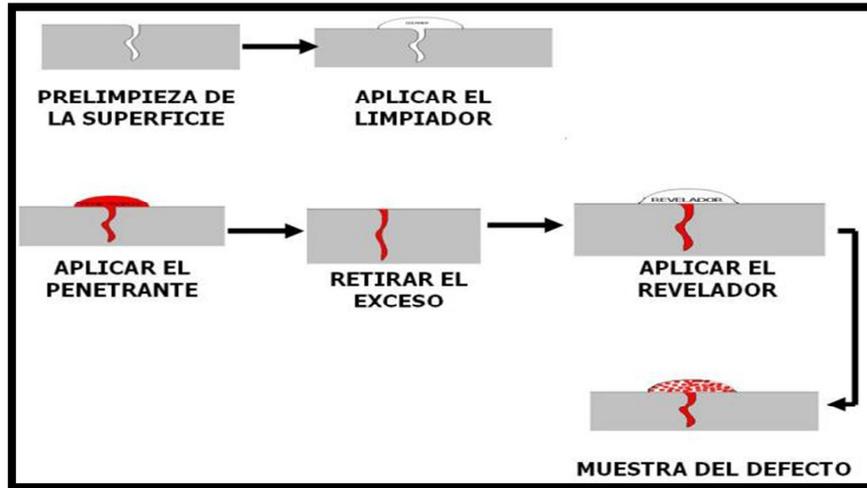


Figura: 2.11. Líquidos penetrantes

Fuente: http://webkreator.com.mx/pipeisometric/liquidos_penetrantes.

Existen dos tipos básicos de líquidos penetrantes, fluorescentes y no fluorescentes. La característica distintiva principal entre los dos tipos es:

- Los líquidos penetrantes fluorescentes contienen un colorante que florece bajo la luz negra o ultravioleta.
- Los líquidos penetrantes no fluorescentes contienen un colorante de alto contraste bajo luz blanca.

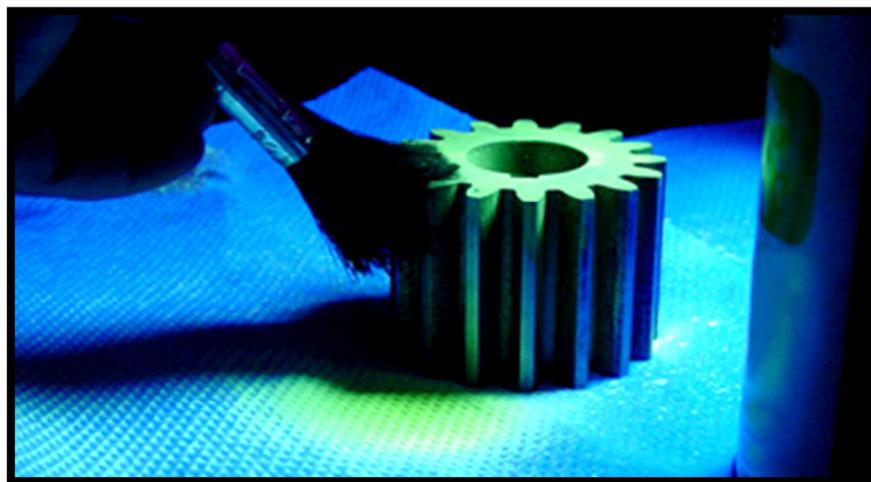


Figura: 2.12. Inspección por líquidos penetrantes

Fuente: <http://llogsa.com.ec/Capacitacion/AprendeEND/PresentacionesAprendeEND/AprendeEND.php>

2.8.1.3 Partículas magnéticas

Es un método para detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales abiertas a la superficie en materiales ferromagnéticos (Fe, Ni, Co, Acero).

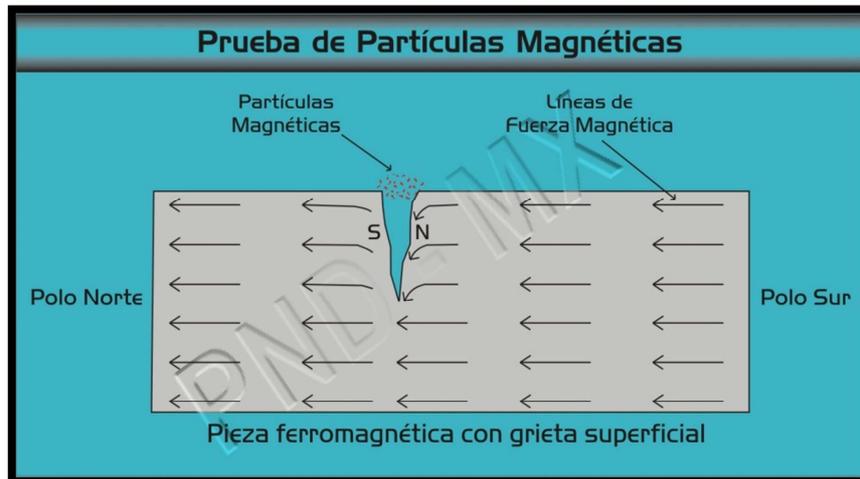


Figura: 2.13.Partículas magnéticas

Fuente:<http://ensayos/no.destructivos.com/pruebas-no-destructivas>

El proceso consiste en someter la pieza, o parte de esta, a un campo magnético.

En la región magnetizada de la pieza, las discontinuidades existentes, o sea, falta de continuidad de las propiedades magnéticas del material, procesarán un campo de flujo magnético.

Con la aplicación de partículas ferromagnéticas, ocurrirá una aglomeración de estas en los campos de fuga, una vez que son atraídas debido al surgimiento de polos magnéticos. La aglomeración indicará un contorno del campo de fuga, provisionando la visualización de la forma y de la extensión de la discontinuidad.

2.8.1.4 Corrientes inducidas o Eddy Current

El método de corrientes de Eddy se basa en los principios de la inducción magnética, el mismo que es explicado a continuación:

- La corriente alterna fluyendo a través de la bobina a una frecuencia elegida genera un campo magnético alrededor de la bobina.
- Cuando la bobina se coloca cerca de un material eléctricamente conductor, se inducen corrientes de Foucault en el material.
- Si un defecto en el material conductor modifica la circulación de corrientes de Foucault, el acoplamiento magnético con la probeta es cambiado y una señal de defecto puede ser leído por la medición de la variación de impedancia de la bobina.

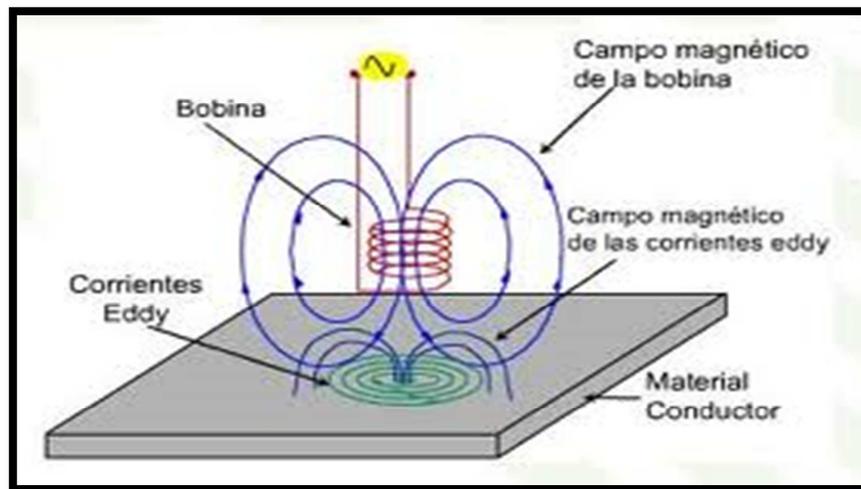


Figura 2.14.Corrientes inducidas

Fuente:http://www.capacitacionypnd.com/art_det.php?id=14

2.8.2 Pruebas no destructivas de hermeticidad

Estas pruebas proporcionan información del nivel en que pueden ser contenidos los fluidos en recipientes, sin que escapen a la atmósfera o queden fuera de control. Los métodos de PND de hermeticidad son:

- Pruebas de fuga.
- Pruebas por cambio de presión (neumática o hidrostática).
- Pruebas de burbuja.

2.8.3 Pruebas no destructivas volumétricas

Estas pruebas proporcionan información acerca de la sanidad interna de los materiales inspeccionados. Los métodos de PND volumétricos son:

- Radiografía Industrial (RT o RX).
- Ultrasonido Industrial (UT).

Estos métodos permiten la detección de discontinuidades internas y sub-superficiales.

2.8.3.1 Radiografía (RX)

La inspección por radiografía industrial es un procedimiento de inspección no destructiva de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

Su principio se basa en el que utiliza cierta radiación de energía, con longitudes de onda muy cortas, puede penetrar en materiales muy densos y luego reaccionar con una emulsión especial en una película, dejando una imagen del material penetrado.

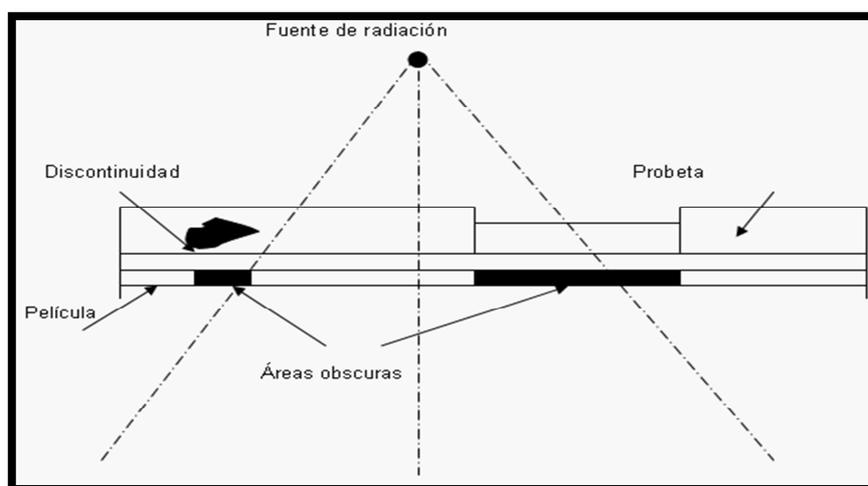


Figura:2.15.Radiografía

Fuente:<http://www.tipos-de-radiografias.com/trabajos30/radiografia-industrial/radiografia-industrial.shtml>

2.9 Luz negra

La luz negra es radiación electromagnética situada en la región de 320-400 nm del espectro electromagnético, inmediatamente debajo de la banda visible, y es parte de la frecuencia mas baja del ultravioleta (longitud de onda más larga).

El ojo es relativamente poco sensible a la luz negra, especialmente en presencia de luz visible. El aspecto funcional reside. En que las capas fluorescentes de las partículas ferro-magnéticas absorben la luz negra y remiten de nuevo la energía absorbida como luz visible en la- región amarilla-verde del espectro visible.

2.9.1 Fuente de luz negra

La fuente mas utilizada para la producción de luz negra es la lámpara de vapor de mercurio de alta presión. El arco producido por esta lámpara es muy rico en radiación ultravioleta y la luz directa producida por estas lámparas debe filtrarse para eliminar toda radiación ultravioleta nociva por debajo de los 300 nm y la mayoría de la luz visible por encima de los 400 nm.



Figura: 2.16.Lámpara de luz negra

Fuente:<http://www.eproducciones.cl/ver-equipo/ultravioleta-luz-negra-1.20mts>

Las luces incandescentes y tubos de descarga son fuentes satisfactorias para la inspección fluorescente en razón a que no producen suficiente energía al nivel de 365 nm para satisfacer los requisitos de intensidad mínimos.

2.9.2 Filtros de luz negra

Estos filtros son de color rojo-violeta y se colocan directamente enfrente de la lámpara de mercurio. Las lámparas más avanzadas contienen un filtro integrado en la ampolla misma eliminando así la necesidad de un vidrio separado.

2.9.3 Variación en la intensidad de la luz negra

La intensidad de la luz negra deberá comprobarse periódicamente en razón a que:

- Las nuevas lámparas pueden tener una intensidad que varía hasta en un 50%.
- La intensidad de la luz negra varía casi directamente en relación con el voltaje aplicado.
- La eficiencia de las lámparas de luz negra disminuye con el uso.
- El polvo y la suciedad reducen la intensidad.

2.10 Anillo ketos

El anillo ketos es un dispositivo que puede emplearse para la comprobación de un aparato. Se inserta un conductor central en el agujero aplicándosele una corriente, después de lo cual se expone al medio.

La efectividad del sistema puede determinarse empleando los agujeros ciegos de pequeños diámetros como indicadores de la fuga de flujo en el diámetro exterior del anillo.

El método del anillo ketos puede emplearse para precisar la condición del medio líquido o para especificar la potencia de salida de un sistema.

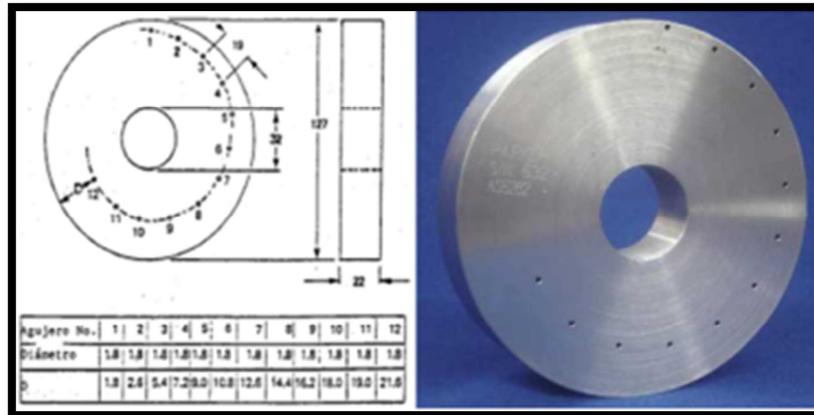


Figura 2.17.Anillo ketos

Fuente:http://www.capacitacionypnd.com/art_det.php?id=18

2.11 Seguridad operativa

Con el objeto que los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención (Motores-Aviones) y técnicos del I.T.S.A pueda efectuar una inspección no destructiva.

2.11.1 Limpieza

El área de inspección debe mantenerse sin escombros.

El lugar donde se realice la inspección se debe mantener libre de objetos fluorescentes no relacionados con el componente a ser examinado.

2.11.2 Recubrimientos

El componente a ser examinado debe estar libre de óxido, grasa, pintura, suciedad y otros materiales nocivos que podría interferir.

2.11.3 Adaptación de los ojos

El inspector debe mantenerse por lo menos uno "1" minuto bajo iluminación UV para que sus ojos se adapten a la visión oscura. **Advertencia** los lentes fotosensibles o permanentemente tintados no se deben usar durante el examen.

2.11.4 Campos

Si el componente a ser examinado posee un campo magnético residual de una magnetización anterior que interfiere con el examen debe ser desmagnetizado.

2.11.5 Conexiones

Chequear que todas las conexiones estén en una correcta posición. La corriente utilizada depende del tamaño de los cables y la capacidad de los contactos de conmutación, medidores y rectificadores.

2.11.6 Partículas magnéticas

Deben tener una alta permeabilidad para permitir la facilidad de magnetización y la atracción para el sitio de escape del flujo y baja capacidad de retención.

2.11.6.1 Polvos magnéticos

Están diseñados para ser utilizado mediante espolvoreo directamente sobre la superficie de la parte que se examina y controlarla posible contaminación.

2.11.6.2 Colores de polvos magnéticos

Puede ser casi cualquier color, los colores empleados más frecuentemente son de color gris claro, negro, rojo o amarillo. La elección se basa generalmente en el máximo contraste con la superficie a examinar.

2.11.6.3 Reciclaje de polvos magnéticos

No es una práctica normal y hace al contraste menos eficaz.

2.11.6.4 Temperaturas de polvos magnéticos

Los polvos secos no son afectadas por el frío, por lo que el examen puede llevarse a cabo a temperaturas bajo cero grados, también son resistentes al calor.

2.11.6.5 Partículas magnéticas húmedas

Están disponibles en ambos concentrados fluorescentes y no fluorescentes. En algunos casos las partículas se mezclan previamente con agua destilada y ubicar en un bote de aerosol u otro dispensador adecuados. Este método se utiliza generalmente para localizar discontinuidades pequeñas.

Nota: Rociar las partículas magnéticas húmedas solamente al componente que se va a inspeccionar ya que es corrosivo para las piezas y equipos.

2.11.7 Magnetización

2.11.7.1 Magnetización continúa

La corriente de magnetización se mantiene constante durante la inspección no destructiva. Se emplea para magnetización seca o partículas húmedas y proporcionar las intensidades de campo magnético más altas.

2.11.7.2 Magnetización residual

Se puede utilizar sólo si es el material examinado tiene relativamente alta remanencia por lo que la fuga residual del campo será la resistencia. Esta técnica puede ser ventajosa para la manipulación del componente a inspeccionar.

Nota: Con esta técnica no se puede lograr resultados satisfactorios ya que puede magnetizar al componente a ser inspeccionado.

2.11.7.3 Magnetización circular

Con esta técnica se debe realizar más de una medición para garantizar que las mediciones son estables. Campos circulares normalmente producen fuertes campos residuales.

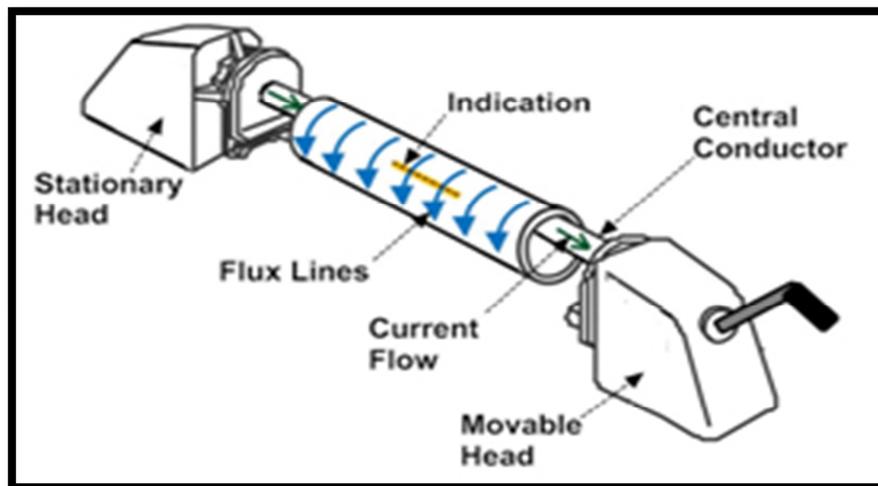


Figura:. 2.18.Magnetización circular

Fuente:<http://e-ciencia.com/opinion/foros/index.php?topic=20469.0>

2.11.8 Desmagnetización

Todo el material ferromagnético retendrá algún magnetismo residual. El magnetismo residual no afecta a las propiedades mecánicas de la pieza, sin embargo un campo residual puede causar restos para adherirse a la superficie que afecta a las operaciones posteriores.

La desmagnetización se logra sometiendo la pieza a un campo igual o mayor que la utilizada para magnetizar invertir continuamente la dirección del campo mientras que poco a poco disminuyendo a cero.

Se debe tener cuidado para asegurarse de que es completamente eliminado de lo contrario el desmagnetizador puede tener el efecto contrario y en realidad remagnetize.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Construcción

En este capítulo se hace referencia al proceso que se siguió para la construcción de un banco de pruebas para inspección no destructiva mediante la implementación de montantes de magnetización por cabezales aplicable a la estación de ensayos no destructivos del I.T.S.A, de una manera secuencial y describiendo cada uno de los pasos.

3.1.1 Introducción

El banco de magnetización por cabezales realiza inspecciones no destructivas mediante dos configuraciones posibles:

- Configuración para la inspección de partículas magnéticas mediante magnetización longitudinal bobina.
- Configuración para la inspección de partículas magnéticas mediante magnetización circular cabezales y conductor central.

3.1.2 Especificaciones técnicas parte eléctrica

La parte eléctrica tiene como base fundamental una soldadora “AC welder BX1- 32 50 CK” de 110VCA y ha sido modificada para trabajar con el banco de magnetización por cabezales.

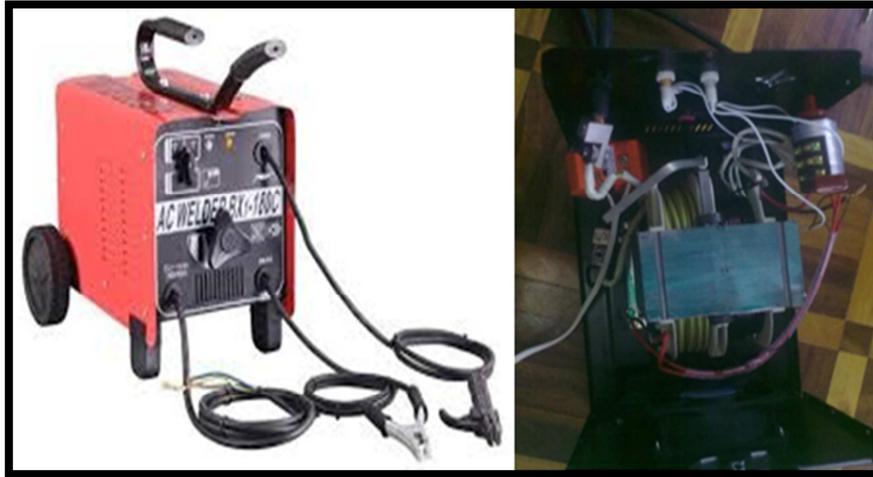


Figura 3.1 SOLDADORA AC WELDER BX1- 32 50 CK

Fuente: Investigación de campo

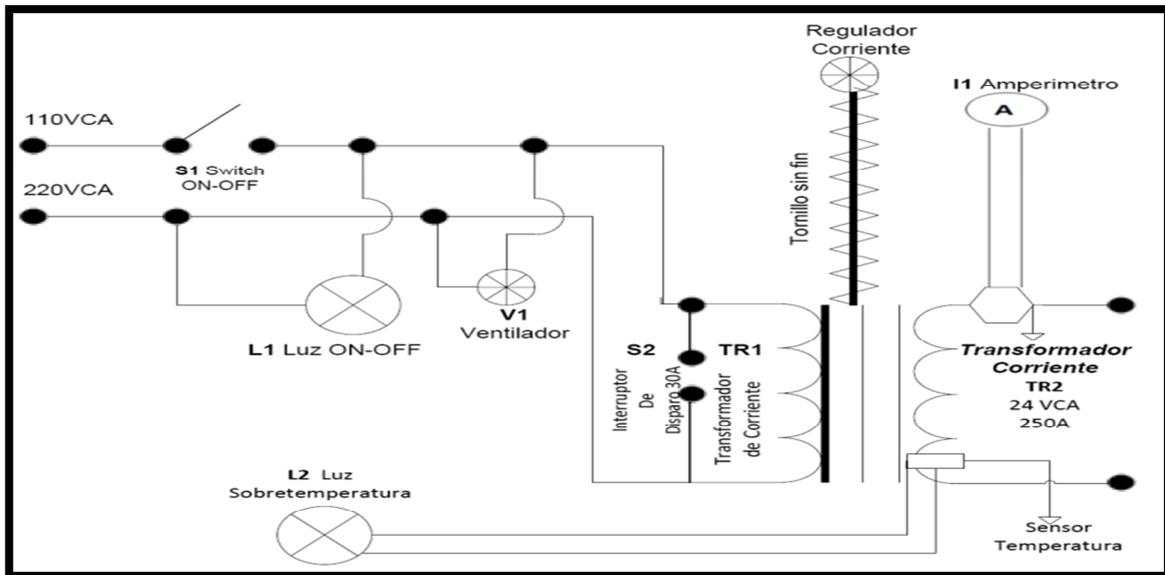
3.1.3 Descripción de la figura. 3.1

- Altura total de la soldadora ac Welder bxi- 32 50 ck: 0.28cm.
- Ancho total de la soldadora ac Welder bxi- 32 50 ck: 0.24cm.
- Longitud total de la soldadora ac Welder bxi- 32 50 ck: 0.38 cm.
- Ciclo de trabajo 250A @ 10% -100A @ 60% .
- Frecuencia (Hz) 50-60.

3.1.4 Listado de componentes

- TR1= Transformador 110 CA.
- TR2= Transformador de corriente P/N CFS-43 300/5A.
- I1= Amperímetro P/N CP-72-AC.
- S1= Interruptor encendido 5A.
- S2= Interruptor de disparo 30A.
- L1= Lámpara encendido ON-OFF 110VCA.
- L2= Lámpara sobre temperatura 110VCA.
- V1= Ventilador de enfriamiento 110VCA.

3.1.5 Diagrama eléctrico



Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Landeta Vinueza David

3.1.6 Funcionamiento de la soldadora AC Welder BX1-32 50 CK

Tabla 3.1 Funcionamiento con 110 VCA

FUNCIONAMIENTO CON 110VCA	
Número de Vueltas	Valor Amperios
0	90 A
5	106A
10	125A
15	139A
20	150A
25	171A
30	188A
35	196A
39	200 A

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Landeta Vinueza David

3.2 Especificaciones técnicas del banco de magnetización

El banco de magnetización por cabezales tiene como base fundamental una plancha de acero A36. Qué fue cortada, doblada y soldada con las siguientes medidas:

3.2.1 Parámetros de construcción

- Altura total del banco de magnetización: 1.42cm.
- Ancho total del banco de magnetización: 1.20cm.
- Longitud total del banco de magnetización: 0,40cm.

3.2.2 Pernos de sujeción

Para una mejor sujeción se agregaron 16 pernos de 9/16 * 1" ubicados estratégicamente.



Figura. 3.2 Pernos de sujeción del banco de magnetización

Fuente: Investigación de campo

3.2.3 Panel frontal