UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Técnico Universitario de acceso ABIERTO

2020

FABRICACIÓN DE PROBETAS PARA DETERMINAR LA SENSIBILIDAD DE EQUIPOS UTILIZADOS EN ENSAYO NO DESTRUCTIVOS DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS BASADO EN NORMA ASME V Secc. 7

MELENDEZ ROJO, RODRIGO JEAN

https://hdl.handle.net/11673/48909

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

FABRICACIÓN DE PROBETAS PARA DETERMINAR LA SENSIBILIDAD DE EQUIPOS UTILIZADOS EN ENSAYO NO DESTRUCTIVOS DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS BASADO EN NORMA ASME V Secc. 7

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario en MECÁNICA INDUSTRIAL.

Alumno:

Rodrigo Jean Meléndez Rojo.

Profesor Guía:

Ing. Pablo Andrés Duque Ramírez.

2020

RESUMEN

La siguiente tesis consistió en la fabricación de probetas para la determinación del correcto funcionamiento de un yugo magnético, para saber si sus bobinas funcionan correctamente y generan un campo magnético estable.

Esta tesis fue pensada, ya que, se utilizará en el departamento de mecánica de la Universidad Técnica Federico Santa María en los laboratorios de mantenimiento, lugar en el cual se cuenta con el equipo en cuestión, yugo magnético, y sus partículas, visibles y fluorescentes, pero no hay manera alguna de verificar su correcto funcionamiento.

El presente documento consistió en la fabricación de anillos de Keto los cuales determinan el magnetismo del yugo en sus orificios, además también se fabricaron 4 barras que juntas hacen un peso de 40lb que según norma ASME V seria lo que el yugo podría levantar fácilmente y eso indicaría que está en un estado óptimo.

La finalidad de este trabajo fue también dejar implementado en el taller un instructivo para el correcto uso y mantención del yugo magnético dentro de las instalaciones universitarias, también dejando así un listado paso a paso de como el yugo debe ser manipulado por cada operador para así evitar su deterioro próximo en el tiempo debido a la mala manipulación.

INDICE

RESUMEN....2

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA....9

INTRoDUCCIÓN....1

OBJETIVO GENERAL....2

OBJETIVOS ESPECÍFICOS....2

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE NORMAS Y ANTECEDENTES GENERALES....3

1 ¿Qué es un ensayo no destructivo (E.N.D.)?....4

Inspección Visual....4

Tintas Penetrantes....4

Partículas Magnéticas....5

Termografía....5

Ensayo de Vibraciones....5

Ultrasonido....6

Importancia de la normalización de Ensayos....6

Beneficio de la normalización de ensayos....7

¿Qué normas los rigen?....7

1.1.1 I.S.O....7

1.1.2 D.I.N....7

1.1.3 A.S.T.M....8

1.1.4 U.N.E....8

1.1.5 A.S.M.E....8

Antecedentes generales de la norma A.S.M.E....9

Partículas magnéticas 11
1.1.6 Métodos 12
1.1.6.1 Método Residual 12
1.1.6.2 Método continuo 12
1.1.7 Tipos de partículas según su color 14
1.1.7.1 Visibles 14
1.1.7.2 Fluorescentes 14
1.1.8 Tipos de partículas según vehículo 14
1.1.8.1 Húmedas 14
1.1.8.2 Secas 14
Flujo magnético 14
Magnetismo 15
Yugos 15
Ventajas 16
Desventajas 16
¿Cómo se realiza e ensayo mediante partículas magnéticas? 17
CAPÍTULO 2: PLANOS Y Fabricacion de probetas 19
2 Generación de planos: 20
2.1 materiales a utilizar 20
2.1.1 SAE 1045 20
2.1.2 SAE 1020 21
2.1.3 SAE 4140 21
2.1.4 SAE 4340 22

2.2 Planos de las piezas 23

2.2.1 Barra de 40 libras. 23

2.2.2 Anillo de Keto 24

2.3 fabricacion de piezas 25

2.3.1 Anillo de Keto 25

2.3.1.1 Problemas en la fabricación 32

2.3.2 Barras de 40 lb. 34

2.3.2.1 Problemas en la fabricación 37

CAPÍTULO 3: GENERACIÓN Y PROCEDIMIENTOS 39

3 Generación de procedimiento para realizar ensayos mediante partículas magnéticas según ASME V. 40

Testeo con barras de 40 [lb] (18 [kg]). 40

Testeo con anillo de Keto 42

Procedimiento de partículas mediante método residual. 43

Procedimiento de partículas mediante método continuo. 44

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 47

BIBLIOGRAFÍA 48

Web Grafia. 48

ANEXOS 49

Anexo A 49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Inspección Visual mediante Lupa. 4

Figura 1-2 Tintas Penetrantes. 4

Figura 1-3 Partículas Magnéticas. 5

Figura 1-4 Análisis Termográfico. 5

Figura 1-5 Análisis de Vibraciones. 6

Figura 1-6 Inspección Ultrasónica. 6

Figura 1-7 Logo A.S.M.E. 10

Figura 1-8 Partículas magnéticas 11

Figura 1-9 Yugo Magnético. 11

Figura 1-10 Puntas de contacto 13

Figura 1-11 Dosificador de Partículas 13

Figura 1-12 Campos magnéticos. 15

Figura 1-13 Yugo magnético. 16

Figura 2-1 Plano referencia de barra 40 [lb] 23

Figura 2-2 Planos de referencia Anillo de Keto. 24

Figura 2-3 Trozo de acero SAE 1045. 25

Figura 2-4 Trozo de material SAE 1045 montado en plato. 26

Figura 2-5 Refrentado 26

Figura 2-6 Cilindrado y Refrentado. 27

Figura 2-7 Brocas utilizadas. 27

Figura 2-8 Perforado y torneado interior. 28

Figura 2-9 Tronzado 28

Figura 2-10 Pieza tronzada montada en plato. 29

Figura 2-11 Pieza mecanizada y con película de aceite. 29

Figura 2-12 Centro de mecanizado. 30

Figura 2-13 Piezas en horno de temple. 31

Figura 2-14 Anillo montado en eje autoajustable. 31

Figura 2-15 Ensayo de tintas penetrantes. 31

Figura 2-16 Anillo de Keto 32

Figura 2-17 Anillo siendo Erosionado 33

Figura 2-18 Anillo de Keto Rallado 33

Figura 2-19 Barra siendo cortada con sierra. 34

Figura 2-20 Fresado de extremos de las barras 34

Figura 2-21 Pie de metro 35

Figura 2-22 Mecanizado de barra en forma horizontal. 35

Figura 2-23 Barra Perforada. 36

Figura 2-24 Barras Terminadas 36

Figura 2-25 E.N.D. 37

Figura 2-26 Barras trizadas. 37

Figura 2-27 Barras quebradas. 38

Figura 3-1 Barras 40 lb (18 kg) 41

Figura 3-2 Yugo posado sobre las barras. 41

Figura 3-3 Examinación continua de partículas magnéticas(errónea). 46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Normas I.S.O. sobre pruebas no destructivas. 7

Tabla 1-2 Normas D.I.N. sobre pruebas no destructivas. 7

Tabla 1-3 Normas A.S.T.M. sobre pruebas no destructivas. 8

Tabla 1-4 Normas U.N.E. sobre pruebas no destructivas. 8

Tabla 1-5 Subsección A métodos no destructivos del examen. 10

Tabla 1-6 Subsección B documentos adoptados por la sección V. 10

Tabla 1-7 Tabla comparativa de los diferentes tipos de corriente y que discontinuidad. 17

Tabla 2-1 Composición del Acero SAE 1045. 20

Tabla 2-2 Composición del Acero SAE 1020. 21

Tabla 2-3 Composición del Acero 4140. 21

Tabla 2-4 Composición del Acero SAE 4340. 22

Tabla 3-1 Procedimiento de Testeo con barra de 40 [lb]. 40

Tabla 3-2 Procedimiento de testeo con anillo de Keto. 41

Tabla 3-3 Procedimiento de partículas mediante un método residual. 43

Tabla 3-4 Procedimiento de partículas magnéticas mediante método continuo. 44

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

E.N.D.: Ensayos no destructivos.

N.D.T.: No Destructive Test(Ensayos no destructivos)

A.S.M.E.: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de ingenieros mecánicos).

I.S.O.: International Organization for Standardization (Organización internacional para la estandarización).

D.I.N.: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización).

A.S.T.M.: American Society of Testing Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales).

U.N.E.: Una Norma Española.

C.T.N.: Comités Técnicos de Normalización.

U.S.A.: United States of América (Estados Unidos de América).

M.F.L.: Magnetic flux leakage (Fuga de flujo magnético).

R.F.T.: Remote Field Testing (Método de prueba de campo remoto).

H.W.D.C.: Half Wave Direct Current (Corriente continua de media onda)

SIMBOLOGÍA

Lb: Libras.

CC: Corriente Continua.

CA: Corriente Alterna.

Si: Silicio.

Pulg: Pulgadas.

V: Volt.

%: Porcentaje.

C: Carbono.

Mn: Manganeso.

P: Fosforo.

S: Azufre.

Cr: Cromo

Mo: Molibdeno.

INTRODUCCIÓN

La examinación por partículas magnéticas es un ensayo no destructivo que se genera en base a corriente eléctrica y materiales ferromagnéticos, para poder así detectar diferentes alteraciones en las piezas revisadas este ensayo puede detectar defectos superficiales y subsuperficiales.

Este tipo de pruebas tiene diferentes tipos, formas, variantes como pueden ser partículas húmedas, secas, o bien, tipo de corriente, alterna o continua, o simplemente la cantidad de tiempo que se entregara corriente a la pieza a monitorear, puede ser por método residual (una magnetización a la pieza por unos segundos) o continuo que es una magnetización constante a la pieza en el momento de hacer el ensayo.

El siguiente trabajo pretende elaborar unas probetas las cuales beneficiarán a la Universidad Técnica Federico Santa María, Específicamente la sede de Viña. Fabricando estas, ya que en ella se encuentra un laboratorio que posee diferentes instrumentos para poder llevar a cabo ensayos no destructivos (E.N.D.). En este caso el informe se centrará en el desarrollo del ensayo de partículas magnéticas, en la universidad se cuenta con un equipo (N.D.T.), en este caso, el yugo y sus partículas ferromagnéticas, pero no se posee las piezas con las cuales se pueda determinar la sensibilidad del equipo con el cual se determinará si el instrumento está funcionando de manera correcta.

Por lo cual se fabricarán probetas las cuales permitirán llevar a cabo la determinación de la sensibilidad de este elemento, esta se fabricará según la estandarización de la norma ASME V Artículos 7, 25 y 30.

Anillo de Keto.

Fuente: Magna Flux.

OBJETIVO GENERAL

Implementar probetas para determinar la sensibilidad de equipo utilizado en ensayos no destructivos de partículas magnéticas para el laboratorio de mantenimiento predictivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los ensayos no destructivos según ASME V.
- Fabricar probetas para ensayos no destructivos según norma ASME V artículo 7.
- Generar procedimientos para realización de ensayos por medio de partículas magnéticas bajo norma ASME V.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE NORMAS Y ANTECEDENTES GENERALES.

1 ¿QUÉ ES UN ENSAYO NO DESTRUCTIVO (E.N.D.)?

Se llama ensayo no destructivo a cualquier ensayo realizado a un material el cual no altere propiedades químicas, físicas, mecánicas, dimensionales de forma permanente y sin afectar a su utilidad futura. Los cuales se presentan a continuación:

INSPECCIÓN VISUAL

Es un método de ensayo no destructivo básico y frecuente. sirve para detectar fallas estructurales, superficiales del objeto revisado. Se realiza mediante diversas herramientas como lupas o espejos a una luz determinada según la norma ASME V.

Figura 1-1 Inspección Visual mediante Lupa.

Fuente: Astecend.

TINTAS PENETRANTES

Según la norma EN ISO 12706:2000 las tintas penetrantes nos permiten detectar gran variedad de defectos como poros, socavaciones, diversos tipos de grietas las cuales pueden ser producidas por esfuerzos mecánicos o térmicos. También se puede utilizar para detectar fugas en recipientes herméticos.

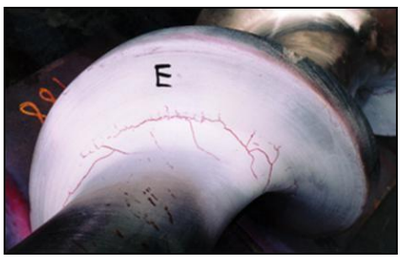

Figura 1-2 Tintas Penetrantes.

Fuente: P.N.D.

PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.

Ensayo no destructivo que permite detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos basado en norma ASME V.

Figura 1-3 Partículas Magnéticas.

Fuente: Ilog.

TERMOGRAFÍA.

Ensayo no destructivo que permite a través de un sensor térmico determinar la temperatura de diferentes componentes como paneles eléctricos, líneas hidráulicas y neumáticas, chimeneas de plantas, etc.

Figura 1-4 Análisis Termográfico.

Fuente: tex.

ENSAYO DE VIBRACIONES.

Es un tipo de ensayo no destructivo que permite a través de las vibraciones, diagnosticar el estado de máquinas y los componentes de ésta y así determinar un tiempo de vida a dichos componentes o cuándo se necesite alguna acción de cambio de piezas o alguna operación de reparación.

Figura 1-5 Análisis de Vibraciones.

Fuente: Preditec.

ULTRASONIDO.

Es un método de ensayo no destructivo que es utilizado para la caracterización de defectos en materiales, se utiliza en materiales compuestos. Este ensayo genera un pulso ultrasónico que se propaga en el material produciendo una reflexión en todos los puntos donde se encuentre una discontinuidad, registrando el pulso reflejado.

Figura 1-6 Inspección Ultrasónica.

Fuente: Catec.

IMPORTANCIA DE LA NORMALIZACIÓN DE ENSAYOS.

Esto refiere según I.S.O. a la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico. Además, es importante porque establece, aplica y adecua reglas destinadas a conseguir y mantener un orden en un determinado mandato de trabajo encaminado a establecer soluciones a situaciones repetitivas y proporcionar beneficios a la sociedad trabajadora.

En el caso de este trabajo de título la importancia de la normalización, es que, sirve para que las probetas con las que se trabajara puedan ser homologas con todos los modelos que

puedan existir de las anteriormente mencionadas, ya que, los yugos en general levantarían el mismo peso (40 [lb]) en buena condición.

BENEFICIO DE LA NORMALIZACIÓN DE ENSAYOS.

- La normalización promueve la creación de un idioma técnico común a todas las organizaciones y es una contribución importante para la libre circulación de los productos industriales.
- Tanto en el mercado local, como a nivel global, fomenta la competitividad empresarial, principalmente en el área de las nuevas tecnologías.
- La participación de los sectores en las actividades de normalización contribuye con la industria, con las distintas actividades, y por lo tanto con nuestro país.

¿QUÉ NORMAS LOS RIGEN?

1.1.1 I.S.O.

Es la organización internacional para la estandarización, que regula una serie de normas para la fabricación, comercio y comunicación.

Tabla 1-1 Normas I.S.O. sobre pruebas no destructivas.

Código de norma	Descripción
BS EN ISO 3059:2012	Pruebas no destructivas. Prueba penetrante y prueba de partículas magnéticas.
BS EN ISO 12707:2016	Pruebas no destructivas. Prueba de partículas magnéticas.
BS EN ISO 9934-1:2016	Ensayos no destructivos. Ensayo por partículas magnéticas.
BS EN ISO 9934-2:2015	Especifica las propiedades significativas de los productos de prueba de partículas magnéticas.
B EN ISO 9934-3:2015	Equipo de SAI Global.

Fuente: Normas ISO en web.

1.1.2 D.I.N.

Es el instituto alemán de normalización es el organismo alemán el cual, en conjunto con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores, estándares técnicos e instituciones públicas, llámese normas para la racionalización y el aseguramiento de la calidad.

Tabla 1-2 Normas D.I.N. sobre pruebas no destructivas.

DIN EN 1435	Pruebas no destructivas de soldaduras

Fuente: Normas D.I.N. en web.

1.1.3 A.S.T.M.

Es la Sociedad Americana para pruebas y materiales (*american society for testing and materials).* Es la organización científica y técnica para el establecimiento y la difusión de normas relativas a las características y prestaciones de materiales, productos, sistemas y servicios.

Tabla 1-3 Normas A.S.T.M. sobre pruebas no destructivas.

ASTM e709-95	Guía standard para Examen con partículas magnéticas

Fuente: Normas A.S.T.M. en web.

1.1.4 U.N.E.

Las normas U.N.E. (Una Norma Española) son un grupo unido de normas tecnológicas fundadas por los Comités Técnicos de Normalización (CTN), formando parte todas las entidades y agentes interesados y compenetrados en los trabajos del comité.

Tabla 1-4 Normas U.N.E. sobre pruebas no destructivas.

UNE EN ISO 17638:2010	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo mediante partículas magnéticas
UNE EN ISO 9934-1	Ensayos no destructivos. Ensayo de partículas magnéticas
UNE 1290	Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen de uniones soldadas mediante partículas magnéticas
UNE EN 1290/1M	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo de uniones soldadas mediante partículas magnéticas

Fuente: Normas U.N.E. en web.

1.1.5 A.S.M.E.

La norma A.S.M.E. será explicada a continuación debido a que es cuál será la utilizada en este trabajo de título, el cual tiene relación con la norma A.S.M.E. V.

Esta norma fue elegida por ser práctica al momento de hacer sus ensayos, tal como se precisa en la universidad, en comparación con otras normas las cuales se necesita una mayor cantidad material y cálculos para poder hacer una examinación prolija.

ANTECEDENTES GENERALES DE LA NORMA A.S.M.E.

El acrónimo ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), responde a las siglas sociedad americana de ingenieros mecánicos. Es una asociación formada por una diversidad de profesionales de la ingeniería los cuales han generado códigos de diseño, inspección, construcción y pruebas para equipos con el fin de estandarizar cada uno de estos.

Hoy en día existen 32 libros entre ellos 13 son dedicados a la construcción y la inspección de los componentes de las plantas de energía nuclear y dos libros de casos de código que establece una serie de normas para que el equipo cuente con una larga vida de servicio y asegure la protección de la vida de los operarios que trabajen a diario con este.

La edición del libro “Código para calderas y recipientes de presión” del año 2010 que es el libro con el cual se hizo apoyo para generar este proyecto de título consta con más de 16.000 páginas.

Hoy en día la norma A.S.M.E. posee cientos de miles de miembros, los cuales están en cuarenta países de todo el mundo, aun asi estas normas son utilizadas en más de 100 países, y en las cuales tienen oficinas en 4 grandes países, como lo es Bélgica, China, U.S.A. y en la India.

Una de las grandes diferencias que tiene A.S.M.E. de las otras organizaciones de normalización es que en esta se desarrollan y son publicadas por la misma organización ASME, en cambio hay organizaciones en las que publicadas por la organización y son desarrolladas por otros grupos, como en el caso de norma A.N.S.I.

Ambas asociaciones en la actualidad por iniciativa de A.N.S.I. están colaborando en conjunto para fusionar sus normas equivalentes en una sola publicación, en este caso en especial de colaboración entre ambas organizaciones las normas resultantes en esta publicación se conocen como A.N.S.I. / A.S.M.E.

ASME
SETTING THE STANDARD

Figura 1-7 Logo A.S.M.E.

Fuente: A.S.M.E.

De la mencionada norma A.S.M.E. se hará estudio de una sección en concreto que será la sección V de ensayos no destructivos, cabe destacar que cada una de las partes de la norma A.S.M.E. tiene artículos diferentes, en el caso de la sección V se dividen en 2 subsecciones. Las cuales entre ambas tienen 24 artículos los cuales son:

Tabla 1-5 Subsección A métodos no destructivos del examen.

Articulo 1	Requisitos generales
Articulo 2	Examinación radiográfica
Articulo 4	Examinación ultrasónica métodos de soldadura
Articulo 5	Métodos de examinación ultrasónica para materiales
Articulo 6	Examinación por líquidos penetrantes
Articulo 7	**Examen de partículas magnéticas**
Articulo 8	Revisión de la corriente de Foucault
Articulo 9	Examen visual
Articulo 10	Prueba de fugas
Articulo 11	Examen de emisión acústica de recipientes de plástico reforzado con fibra
Articulo 12	Examen acústico de emisión de recipientes metálicos durante las pruebas de presión
Articulo 13	Monitoreo continuó de emisiones acústicas
Articulo 14	Calificación del sistema de examen
Articulo 15	Corriente alterna de medición de campo técnico
Articulo 16	Examinación de la salida del flujo magnético de M.F.L.
Articulo 17	Método de prueba de campo remoto R.F.T.

Fuente: Normas A.S.M.E. en web.

Tabla 1-6 Subsección B documentos adoptados por la sección V.

Articulo 22	Normas radiográficas
Articulo 23	Normas ultrasónicas
Articulo 24	Normas de líquidos penetrantes
Articulo 25	**Normas de partículas magnéticas**
Articulo 26	Normas sobre corrientes de Foucault
Articulo 29	Normas de emisión acústica
Articulo 30	**Terminología para exámenes no destructivos**
Articulo 31	Corriente alterna medición de campo estándar

Fuente: Normas A.S.M.E. en web.

De los artículos expuestos en las tablas anteriores se considera para el desarrollo de este trabajo de título el articulo número 7.

PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Figura 1-8 Partículas magnéticas

Fuente: Autor Propio.

La examinación por partículas magnéticas consiste en un sistema de verificación que permite determinar discontinuidades superficiales y subsuperficiales (Debajo de la superficie) en materiales ferromagnéticos, basada en las distorsiones locales de flujo magnético creadas por la presencia de discontinuidades en piezas magnetizadas que dan lugar a la aparición de campos de fuga en el entorno de estas, capaces de atraer partículas ferromagnéticas.

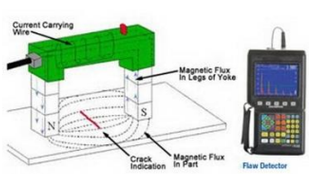

Figura 1-9 Yugo Magnético.

Fuente: Cmap

Este método se basa en el hecho de que cuando una pieza es magnetizada, las discontinuidades que son aproximadamente perpendiculares a la dirección del campo magnético producirán un escape del campo de fuga de la superficie de la pieza.

La presencia del campo de fuga y por ende la presencia de las discontinuidades se detectan aplicando partículas ferromagnéticas finamente divididas sobre la superficie de la pieza en ensayo, las que son atraídas y retenidas en el campo de fuga.

Esta examinación se puede realizar de las siguientes maneras:

1.1.6 Métodos

En este punto se darán a conocer los métodos por los cuales puede ser utilizado el yugo magnético como lo son el método residual y el método continuo, en los cuales la gran diferencia es el tiempo de aplicación de corriente para generar el campo magnético.

1.1.6.1 Método Residual

Esta técnica consiste en aplicar las partículas magnéticas luego de dejar de aplicar el campo magnético, esto quiere decir que el yugo se posa sobre la pieza un par de segundos y luego se quita para dar paso a la aplicación de las partículas para que formen la geometría alrededor de la superficie donde se encuentra la discontinuidad superficial, estas partículas se ordenan gracias a la magnetización residual que queda al momento de retirar el yugo.

1.1.6.2 Método continuo

En esta técnica se aplican las partículas magnéticas al mismo tiempo que se comienza a generar el campo magnético. Este tipo de ensayo supone tener mayor sensibilidad asociada a la retentividad magnética (capacidad de retener el magnetismo), debido a que se hace en conjunto con la generación de dicho campo magnético.

Inducción directa

Esta técnica se consigue haciendo pasar una corriente eléctrica a través de la pieza. La pieza debe ser montada de forma horizontal, y siendo sujetada por 2 cabezales donde circula la corriente.

- Puntas de contacto

Se utilizan 2 electrodos de cobre, bronce o aluminio; al hacer pasar la corriente a través de ellos, produce un campo magnético circular en la pieza, alrededor y en cada electrodo hay suficiente para una examinación local.

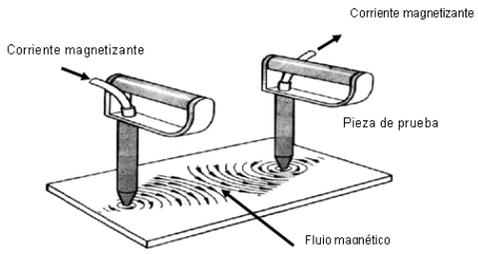

Figura 1-10 Puntas de contacto

Fuente: Monografías.

- Pinzas o mordazas

La corriente pasa a través de unas pinzas o mordazas creando un flujo magnético circular.

- Entre cabezales

La pieza a examinar es colocada entre 2 cabezales y se aplica la corriente directamente a través de ella, produciendo un campo magnético circular.

- Magnetización circular

Se induce un campo magnético circular dentro de la pieza de prueba.

- Magnetización longitudinal

Se basa en la inducción de un campo longitudinal dentro de la pieza, creado por una bobina. Localiza discontinuidades transversales.

Figura 1-11 Dosificador de Partículas.

Fuente: Autor Propio.

1.1.7 Tipos de partículas según su color

1.1.7.1 Visibles

Se le da el calificativo de visible ya que estas partículas pueden ser vistas con una luz "normal" llámese artificial blanca, o luz natural.

1.1.7.2 Fluorescentes

Este tipo de partículas solo puede ser evidenciado al estar trabajando con una luz ultravioleta, este tipo de partículas son más sensibles en comparación a las partículas "visibles".

1.1.8 Tipos de partículas según vehículo

Aquí se presentarán los tipos de vehículos que pueden tener nuestras partículas magnéticas, con vehículo se hace referencia al medio por el cual estas partículas viajan dirección al elemento que esta siendo testeado.

1.1.8.1 Húmedas

En este caso las partículas magnéticas están en una suspensión líquida, lo cual presenta ciertas ventajas como que puede ser usado sobre cabeza y que son fáciles de utilizar en una geometría compleja. Se debe tener en consideración el verificar la concentración de partículas en el medio líquido.

1.1.8.2 Secas

Este tipo de partículas son las más comunes debido a que se identifican por ser en forma de polvo, en el mercado se pueden encontrar en colores como: rojo, amarillo y gris. Si se usa una partícula gris, se recomienda el uso de aplicación con medios de contraste.

FLUJO MAGNÉTICO

Es una medida del campo electromagnético total que pasa atravesando un área determinada. Es una herramienta útil para poder describir los efectos de la fuerza magnética en algún objeto el cual posea una superficie determinada, la medición del campo electromagnético es restringida a esta. La elección del tamaño del área y su orientación es subjetiva.

MAGNETISMO

Se entiende por magnetismo a la afinidad surgida por dos materiales mediante la atracción opuesta de sus polos, como un ejemplo más claro esta colocar una barra magnética como un imán, sobre una pila de alfileres, al momento de levantarlo podemos apreciar que los alfileres se pegaran principalmente en los 2 extremos (polos) del imán.

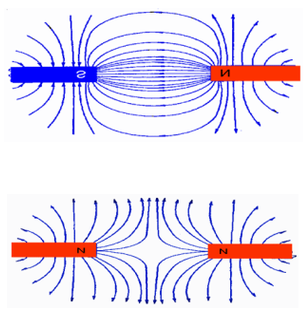

Figura 1-12 Campos magnéticos.

Fuente: Monografías.

YUGOS

En la industria se utilizan 2 tipos de yugos.

Los yugos de imanes permanentes pueden ser utilizados en aplicaciones donde no hay disponible una fuente de electricidad cercana o donde no se permite un arco eléctrico (ej. Atmosferas explosivas). Las limitantes son:

- Grandes áreas o piezas no pueden ser magnetizadas con una intensidad suficiente para que las fisuras produzcan indicaciones.
- La densidad de flujo no puede ser variada.
- Si el imán es muy fuerte, es difícil despegarlo de la pieza.
- Las partículas se pueden adherir al imán con posibilidad de enmascarar indicaciones.

Los yugos electromagnéticos consisten en un enrollamiento sobre un cuerpo en forma de “U” hecho de hierro blando (chapas al Si), sus patas pueden ser fijas o articuladas, las cuales sirven para ajustarse de acuerdo con la pieza a examinar.

Una de las grandes diferencias de estos instrumentos, es que el yugo con electroimán puede ser encendido y apagado a voluntad lo que permite pueda ser fácilmente retirado de la pieza a revisar.

Este yugo puede ser diseñado para trabajar con C.C. y C.A.

Cuando se trabaja con C.C., hay una mayor penetración del campo mientras con C.A. el campo magnético se concentra en la superficie de la pieza, dando mejor sensibilidad para discontinuidades superficiales sobre una amplia zona. En general las discontinuidades a ser reveladas deberían estar entre los dos polos del yugo y orientadas perpendicularmente a la línea imaginaria que los conecta.

Figura 1-13 Yugo magnético.

Fuente: Autor Propio.

- El yugo es operado con baterías Y-8, agrega la portabilidad de las baterías a pruebas con el yugo de partículas en salidas a terreno.

VENTAJAS

- 100% portátil para inspecciones en terreno.
- Las patas articuladas se adaptan al contorno de cualquier pieza para garantizar buen contacto.
- Controles de estados sólidos, localizados en el alojamiento del yugo para máxima seguridad y confiabilidad.
- Pesa 7.75 [lb].
- Tiene un rango de 0[pulg] – 12[pulg].
- Consumo de la horquilla: 4 amperes a 6 voltios.
- Consumo de corriente del cargador de baterías: 0.2 aperes a 115V o 230V.

DESVENTAJAS

- Es aplicable solamente a materiales ferromagnéticos; en soldadura, el metal depositado debe ser también ferromagnético.
- Utiliza partículas de fierro con criba de 100 mallas (0.00008 [pulg]).

- La detección de una discontinuidad dependerá de muchas variables, tales como la permeabilidad del material, tipo, localización y orientación de la discontinuidad, cantidad y tipo de corriente magnetizante empleada, tipo de partículas, etc.
- La aplicación del método en el campo es de mayor costo.
- La rugosidad superficial puede distorsionar las líneas de flujo.
- Se requieren dos o más inspecciones secuenciales con diferentes magnetizaciones.
- Generalmente después de la inspección se requiere de una desmagnetización.
- Debe tenerse cuidado en evitar quemadas por arco eléctrico en la superficie de la pieza con la técnica de puntas de contacto.
- Aunque las indicaciones formadas con partículas magnéticas son fácilmente observables, la experiencia en el significado de su interpretación es muchas veces necesario.

¿CÓMO SE REALIZA E ENSAYO MEDIANTE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS?

- Limpieza previa: Puede ser apoyada con líquidos como *"cleaner"* si la temperatura lo permite, ideal aplicar con paños libres de pelusas. Se permite el cepillado suave en zonas donde existe cascarilla u oxido. Se verificará la eliminación de toda impureza que dificulten la aplicación del método.
- Inspección visual: Se sugiere realizar, no es necesario realizar informe.
- Comprobaciones: Comprobar la dirección del flujo, fuerza de magnetización, (concentración de partículas en medio húmedo), Intensidad de luz blanca/(negra).
- Realización del ensayo: Se realizará el ensayo magnetizando en continuo las veces que sea necesario para cubrir la zona a inspeccionar, buscando que el campo magnético sea "cortado" por las indicaciones. Se sugiere magnetizar cruzado.
- Observación: Se observará buscando indicaciones
- Registro, evaluación e Informe: Se registrarán las indicaciones en medios fotográficos y se documentarán en informe.
- Desmagnetización: Se debe desmagnetizar los componentes, sobre todo los ejes que luego serán colocados en equipos rotativos.
- Limpieza Final.

Tabla 1-7 Tabla comparativa de los diferentes tipos de corriente y que discontinuidad.

Tipos de corriente y posibilidades de detección de discontinuidades	
Tipos de corriente	**Discontinuidad detectable**
Continua	Superficiales y subsuperficiales
Alterna	Superficiales y subsuperficiales

Alterna monofásica semirectificada	Subsuperficiales (alta sensibilidad)
Alterna trifásica totalmente rectificada	subsuperficiales
Tipos de partículas	**Ventajas y descripción**
Secas	Poseen superior movilidad con HWDC. Son fácil de removerse. Color: rojo, negro, gris, azul, verde, naranja. Se selecciona el color que mayor contraste haga con la superficie a inspeccionar.
Humedad	Se encuentran en una solución acuosa
Visibles	Son de color negro o café rojizo. Se usan para encontrar interrupciones finas y medias.
No visibles	Están contenidas en un líquido con propiedades fluorescentes a la luz ultravioleta. El campo magnético hace que las partículas penetren y demarquen el defecto. Ubica interrupciones muy finas en aplicaciones críticas y áreas difíciles de alcanzar

Fuente: Monografía.

CAPÍTULO 2: PLANOS Y FABRICACION DE PROBETAS

2 GENERACIÓN DE PLANOS:

En el siguiente capítulo se darán a conocer los diferentes planos para la conformación de las probetas que se utilizarán para medir la sensibilidad del yugo magnético.

Estos planos son una traducción de lo presentado anteriormente en la norma ASME V artículo 7.

Para el anillo de Keto se encontrará el plano en la página 143 y para la barra de 4,5 kg. se encontrarán las indicaciones en la página 145 de la norma ASME V, ya que no se cuenta con un plano en la norma, pero si como deben ser sus características.

Además, se utilizará como referencia para fabricar la barra la norma ASTM E1444.

Por otra parte, para la fabricación del anillo de Keto, se tomará en cuenta la descripción de la norma UNE-EN-ISO:9934:2016 en la cual se da a entender que el anillo de Keto se puede fabricar en cada material que vaya a ser ensayado.

2.1 MATERIALES A UTILIZAR

Tomando, así como referencia, para generar las probetas se tomarán materiales típicamente utilizados en los talleres de la universidad los cuales serían:

2.1.1 SAE 1045

El material utilizado para conformación de la barra de 4,5 kg. Será fabricada en un acero 1045 debido a la razón que la norma, no hace referencia a un material específico debido a que el único requisito de esta probeta es que pese 10 libras (4,5 kg).

Por otra parte el acero SAE 1045 también será utilizado en la mecanización de los anillos de Keto.

Tabla 2-1 Composición del Acero SAE 1045.

Elemento	Contenido (%)
C	0.43-0.50
Mn	0.60-0.90
Si	0.15- 0.35
P	0.04
S	0.02

Fuente: Aceros Otero.

2.1.2 SAE 1020

El acero SAE 1020 será utilizado para la fabricación de anillos de Keto para medir la intensidad del yugo cuando se esté trabajando con este material.

Tabla 2-2 Composición del Acero SAE 1020.

Elemento	**Contenido(%)**
C	0.18-0.23
Mn	0.30-0.60
Si	0.15-0.35
P	0.04
S	0.05

Fuente: Aceros Otero.

2.1.3 SAE 4140

El acero SAE 4140 será utilizado en la fabricación de los anillos de Keto.

Tabla 2-3 Composición del Acero 4140.

Elemento	**Contenido(%)**
C	0.38-0.43
Mn	0.75-1.00
Si	0.15-0.35
Cr	0.80-1.10
Mo	0.15-0.25
P	0.035
S	0.04

Fuente: Aceros Otero.

2.1.4 SAE 4340

El acero SAE 4340 será utilizado en la fabricación de los anillos de Keto.

Tabla 2-4 Composición del Acero SAE 4340.

Elemento	**Contenido(%)**
C	0.38-0.43
Mn	0.60-0.80
Si	0.15-0.35
Cr	0.70-0.90
Ni	1.65-2.00
Mo	0.20-0.30
P	0.035
S	0.04

Fuente: Aceros Otero.

2.2 PLANOS DE LAS PIEZAS

A continuación, se presentarán los planos de las piezas fábricas en taller y tomadas como referencia de la norma ASME V sección 7.

2.2.1 Barra de 40 libras.

En esta sección se puede apreciar el plano de fabricación de las barras de 40 lb., con la cual se pudo mecanizar la probeta con medidas, tolerancias y calidad superficial. Fabricando así 4 barras de 10 lb cada una.

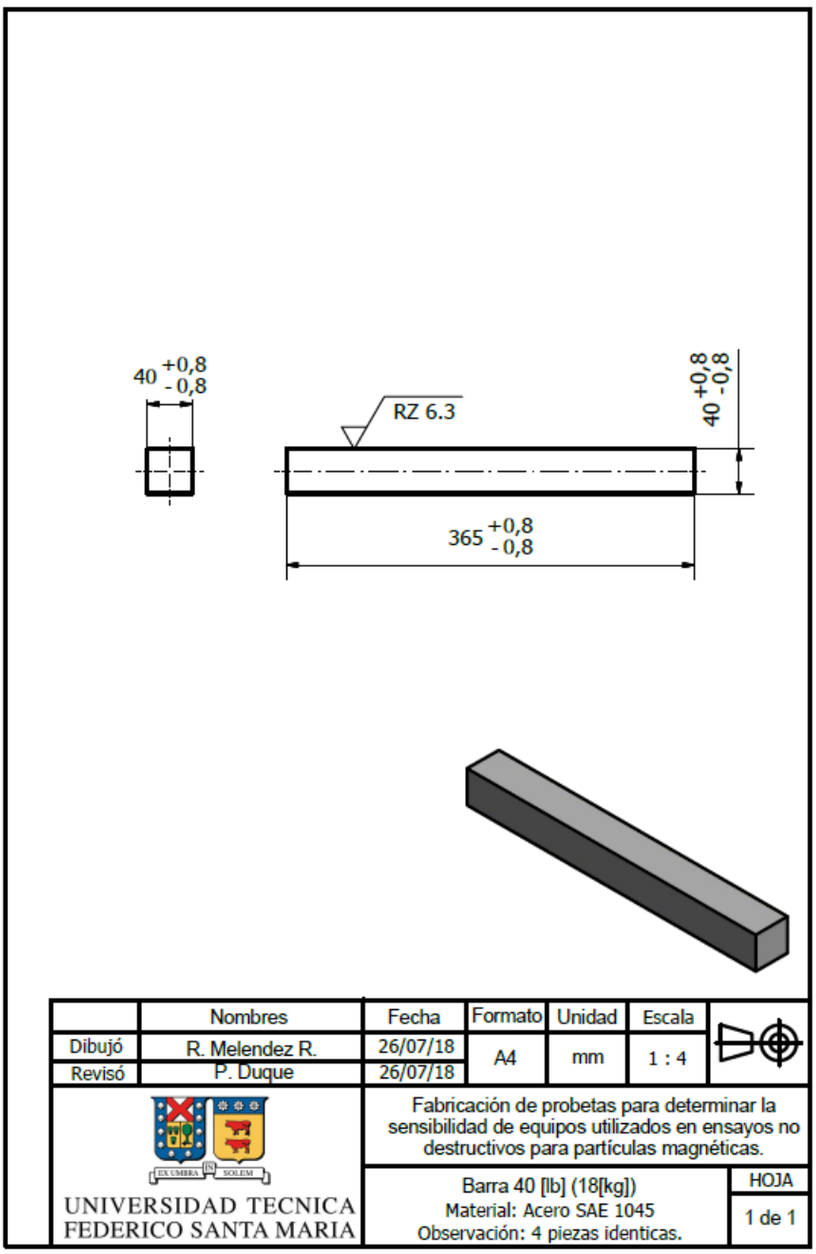

Figura 2-1 Plano referencia de barra 40 [lb]

Fuente: Autor propio.

2.2.2 Anillo de Keto

En esta sección se puede apreciar el plano de fabricación de los anillos de Keto con el cual se pudo mecanizar las probetas de los diferentes materiales ya mencionados en los planos, con medidas tolerancias y calidad superficial fabricando así 4 anillos de los cuales 2 son de SAE 1045 y otros 2 son de SAE 4340.

Los materiales que fueron elegidos para la conformación del anillo de Keto se tomaron según la norma UNE-EN-ISO: 9934:2016.

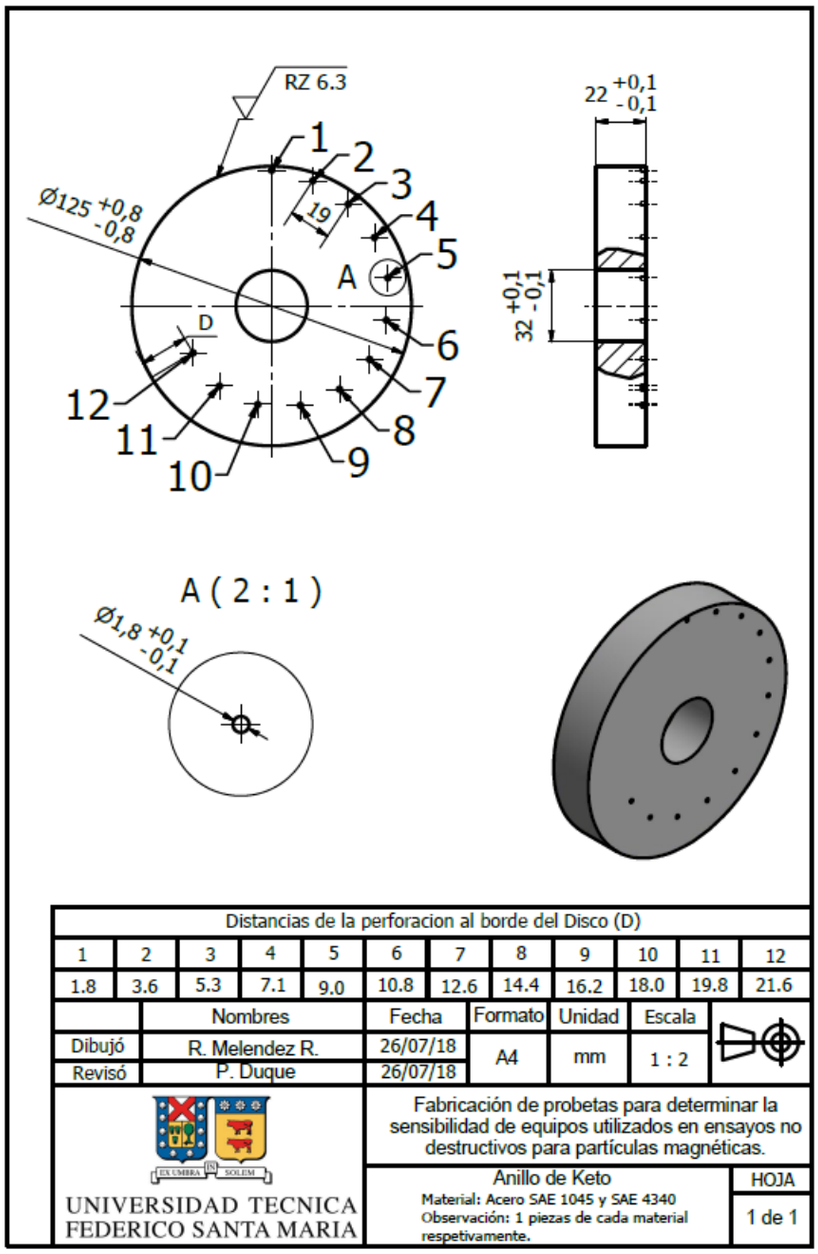

Figura 2-2 Planos de referencia Anillo de Keto.

Fuente: Autor Propio.

2.3 FABRICACION DE PIEZAS

A continuación, se presentarán detalles de la fabricación de las probetas y cuales fueron los procedimientos utilizados, además de Mencionar que maquinas herramientas se vieron involucrada en el mecanizado de cada una de estas.

2.3.1 Anillo de Keto

Para la fabricación de los anillos de Keto se tenía 2 trozos de materiales en bruto los cuales eran SAE 1045 y SAE 4340.

Figura 2-3 Trozo de acero SAE 1045.

Fuente: Autor Propio.

El mecanizado se comenzó con un desbaste sobre cota, centrado, refrentado y cilindrado en un torno convencional para que, al momento de comenzar a hacer el mecanizado de afino, la pieza quede paralela con el fin de evitar vibraciones y malos acabados por culpa de la excentricidad.

Figura 2-4 Trozo de material SAE 1045 montado en plato.

Fuente: Autor Propio.

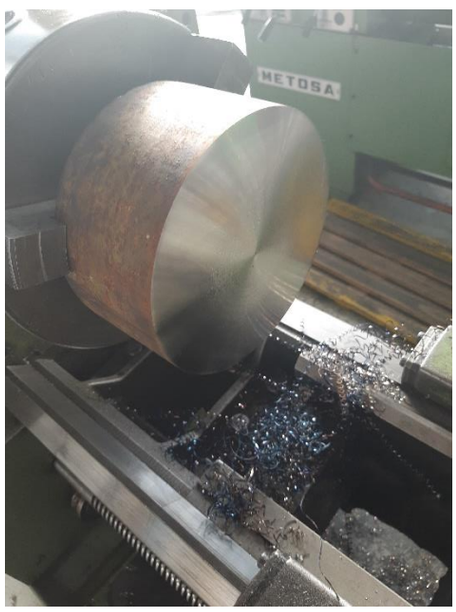

Figura 2-5 Refrentado

Fuente: Autor Propio.

Figura 2-6 Cilindrado y Refrentado.

Fuente: Autor Propio.

Luego de terminado el mecanizado de desbaste se comenzó con la perforación central que lleva la pieza, con brocas de 8[mm], 14[mm] y 28[mm]

Figura 2-7 Brocas utilizadas.

Fuente: Autor Propio.

Luego de la perforación se procedió a realizar un torneado interior hasta las dimensiones de 31,8[mm] y así proceder con un escariado para así dejar la pieza en la medida final de 32[mm] aportando así un buen acabado superficial y dimensiones precisas.

Figura 2-8 Perforado y torneado interior.

Fuente: Autor Propio.

Terminadas las perforaciones centrales se procedió a tronzar las piezas para así poder fabricar 2 piezas por cada trozo de material, en este procedimiento se utilizo un cono echo de material Technyl el cual es un plástico industrial de alta resistencia, para montarlo sobre la contrapunta de la maquina y presionar contra la pieza y así evitar que la pieza se raye con el contacto metal/metal.

Figura 2-9 Tronzado

Fuente: Autor Propio.

Terminado el tronzado se toma el trozo de material y se monta en el plato con su superficie mecanizada apoyada en contacto con el plato del torno así facilitando el centrado de la pieza.

Figura 2-10 Pieza tronzada montada en plato.

Fuente: Autor Propio.

Terminado el mecanizado que consistía en refrentar, cilindrar y perforar el material se procede a guardar con una película de aceita la cual ayuda al material a evitar la corrosión.

Figura 2-11 Pieza mecanizada y con película de aceite.

Fuente: Autor Propio.

Luego de terminar el mecanizado en un torno convencional se comenzó la creación de los códigos para ser utilizados en el centro de mecanizado FANUC en el cual se le dará la forma de hélice a las perforaciones que acompañan al anillo de Keto.

Los códigos utilizados se encontrarán en el anexo A.

Una vez creado el programa CNC se procedió a centrar la pieza en el plato de la maquina e ingresar los códigos en el centro de mecanizado.

Figura 2-12 Centro de mecanizado.

Fuente: Autor Propio.

Cuando se termina el mecanizado de los anillos lo que prosiguió fue aplicarles un tratamiento térmico de templado/revenido a una Temperatura de 850°C, una vez terminado el temple se procedió a rectificar cada uno de los anillos dejándolos en la tolerancia requerida por los planos, para efecto del rectificado cilíndrico se montaron los anillos en un eje autoajustable para así poder montarlo en la rectificadora cilíndrica.

Figura 2-13 Piezas en horno de temple.

Fuente: Autor Propio.

Figura 2-14 Anillo montado en eje autoajustable.

Fuente: Autor Propio.

Como última medida de comprobación a los anillos se les hicieron ensayos de tintas penetrantes y partículas magnéticas para determinar que su estructura no hubiera sido afectada por el tratamiento térmico.

Figura 2-15 Ensayo de tintas penetrantes.

Fuente: Autor Propio.

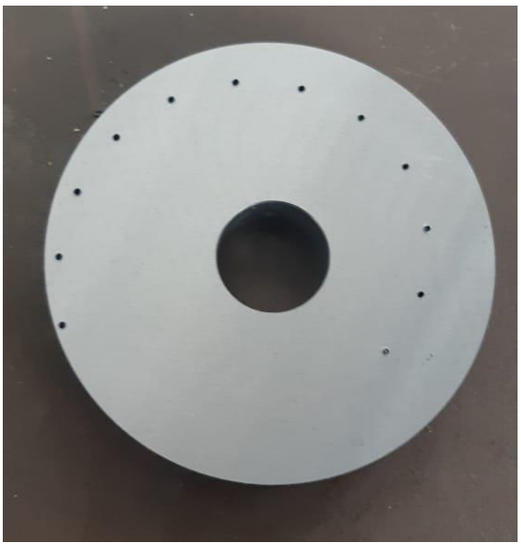

Figura 2-16 Anillo de Keto

Fuente: Autor Propio.

2.3.1.1 Problemas en la fabricación

Un problema constante que se hizo presente en la fabricación de estos anillos de Keto fue el quiebre de algunas de las brocas al momento de introducir la pieza al centro de mecanizado, este problema fue el resultante de los parámetros de mecanizado utilizados además de la calidad de fabricación de las brocas mencionadas.

Cada vez que las brocas se quebraban en el instante fue necesario modificar el código de trabajo CNC para así poder proseguir las perforaciones simultaneas sin perder el centro.

La solución a este problema se vio resuelta gracias a la ayuda de una maquina electro erosionadora con la cual por medio de un electrodo de cobre de un milímetro fue posible realizar la perforación y a su vez retirar los restos de broca presentes en la pieza, sin alterar el diámetro del agujero.

La máquina de electroerosión funciona por medio de un electrodo de cobre o grafito el cual mediante un arco permite la perforación o remoción de material metálico.

Figura 2-17 Anillo siendo Erosionado

Fuente: Autor Propio.

Como punto aparte un problema que concurrió fue la manipulación de terceros no autorizados, realizando así ralladuras en los anillos contantemente teniendo que rectificar en varias ocasiones.

Figura 2-18 Anillo de Keto Rallado

Fuente: Autor Propio.

2.3.2 Barras de 40 lb.

La fabricación de estas barras comenzó con un mecanizado de desbaste en la sierra de banda para acercarlas al largo solicitado en los planos.

Figura 2-19 Barra siendo cortada con sierra.

Fuente: Autor Propio.

Luego del desbaste las barras son montadas en la fresa en la cual ya se ha puesto el porta insertos de manera que trabaje de forma vertical para así darle buena medida y acabado superficial a los bordes de las barras.

Figura 2-20 Fresado de extremos de las barras

Fuente: Autor Propio.

Para medir el largo de estas barras se utilizó un pie de metro de 600 [mm].

Figura 2-21 Pie de metro

Fuente: Autor Propio.

Luego de medir el largo de la barra se comenzó a mecanizar los lados de la barra, mecanizando solo 2 lados de la barra, para así dejar el lado mecanizado liso para montar en la rectificadora y dar la medida y la calidad superficial.

Figura 2-22 Mecanizado de barra en forma horizontal.

Fuente: Autor Propio.

Después de mecanizar las barras en la fresa y dejarlas a medida se procede a perforar 3 de las 4 barras para pasar una barra roscada y así poder tomar las 4 barras formando el peso reglamentario de 40 libras. Una de las 4 barras se le hará un hilo de ¾” para poder introducirle la barra roscada.

Figura 2-23 Barra Perforada.

Fuente: Autor Propio.

Después de hacer el hilo y las perforaciones se procede a rectificar las barras y así obtener la calidad superficial requerida por los planos.

Figura 2-24 Barras Terminadas

Fuente: Autor Propio.

Al igual que con los anillos de Keto las barras también fueron sometidas a ensayos no destructivos de tintas penetrantes y partículas magnéticas.

Figura 2-25 E.N.D.

Fuente: Autor Propio.

2.3.2.1 Problemas en la fabricación

Los problemas presentados en estas barras fueron netamente causados por la inexperiencia del operador en tema de temple y el medio de enfriamiento.

Figura 2-26 Barras trizadas.

Fuente: Autor Propio.

Al enfriar las barras en un medio liquido (agua) y de manera horizontal, hizo que las barras se flectaran trisándolas debido al brusco cambio de temperatura, luego en un acto de intentar “solucionar” el problema de las barras flectadas se les agregó presión causando así el quiebre de estas, la solución para ambas fue volver a fabricarlas desde 0.

Figura 2-27 Barras quebradas.

Fuente: Autor Propio.

CAPÍTULO 3: GENERACIÓN Y PROCEDIMIENTOS

3 GENERACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR ENSAYOS MEDIANTE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS SEGÚN ASME V.

En el presente capitulo se darán a conocer diferentes tipos de procedimientos para el correcto uso de nuestro yugo magnético, ya que, tendremos diversos tipos de probetas, y a continuación se demostrará una serie de pasos a seguir para cada uno de estos.

Y un procedimiento para hacer un correcto uso del yugo magnético.

Tabla 3-1 Procedimiento de Testeo con barra de 40 [lb].

Nombre del proceso	**TESTEO CON BARRAS DE 40 [LB] (18 [KG]).**
Objetivo	Determinar si el yugo magnético es capaz de levantar el estándar de peso para verificar su correcto funcionamiento.
Límites y alcances	El yugo deberá ser capaz de levantar desde 10 lb [4,5 kg] hasta 40 lb [18 kg]
Exigencias	Cada operario al momento de levantar las barras no debe pasar los 100 milímetros debido a que si el yugo no está en buenas condiciones provocaría la caída de estas barras y puede generar deformaciones.
Reglas	-Utilizar en ambiente controlado. -Trabajar siempre con algún apoyo base, llámese mesa etc. -No deberá levantar más de 10 cm las barras. -No se debe desmagnetizar en ningún momento.
Instrucciones a las actividades	1. Se debe revisar los extremos de la herramienta. (Patas móviles) 2. La herramienta debe ser energizada. 3. Los bloques deben ser limpiados con un paño y algún liquido "*cleaner*".

Figura 3-1 Barras 40 lb (18 kg)

Fuente: Autor Propio.

4. Posar la herramienta sobre las probetas unos 3 a 5 segundos.

Figura 3-2 Yugo posado sobre las barras.

Fuente: Autor Propio.

5. Levantar el yugo energizado con la probeta unida por magnetismo.
6. Comprobar si el yugo es capaz de mantener la probeta en el aire por unos segundos.
7. Dejar la probeta en la mesa.
8. Des energizar el yugo.
9. Guardar la probeta en un lugar seco y en el cual sea improbable que se golpee la probeta para evitar que esta se deforme.

Tabla 3-2 Procedimiento de testeo con anillo de Keto.

Nombre del proceso	**<u>TESTEO CON ANILLO DE KETO</u>**
Objetivo	Determinar el campo magnético generado por el yugo
Límites y alcances	El yugo deberá magnetizar hasta un diámetro máximo de 101 mm y deberá ser capaz de mantener a las partículas magnetizadas e-n el anillo hasta el momento de desmagnetizar
Exigencias	Cada operario al momento de utilizar el anillo de Keto deberá mantener una distancia del no mayor a 10 cm. De una superficie debido a algún incidente evitar que el anillo se dañe
Reglas:	-Utilizar en ambiente controlado. -Trabajar siempre con algún apoyo base, llámese mesa de trabajo. -No deberá levantar más de 10 cm los anillos de Keto. -No se debe desmagnetizar en ningún momento. -Limpiar el anillo antes de su uso y después de su uso
Instrucciones a las actividades	1. Tomar anillo de Keto y montar en un eje o sostener de forma que los orificios queden de manera horizontal. 2. Limpiar el anillo de Keto con algún cleaner. 3. Magnetizar el anillo de forma continua. 4. Agregar las partículas magnéticas.

	5. Verificar hasta que orificio se acumularon las partículas. 6. Documentar el número de orificios al cual llego. 7. Desmagnetizar. 8. Limpiar la zona. 9. Guardar la probeta en una zona limpia y con condiciones reguladas.

Tabla 3-3 Procedimiento de partículas mediante un método residual.

Nombre del procedimiento	**PROCEDIMIENTO DE PARTÍCULAS MEDIANTE MÉTODO RESIDUAL.**
Objetivo	Demostrar cómo se debe hacer un correcto ensayo mediante partículas magnéticas de modo residual
Límites y alcances	El yugo deberá ser capaz de dejar la pieza magnetizada por unos segundos
Exigencias	Cada operario al momento de hacer este ensayo debe fijarse de que no exista ninguna corriente de aire en el lugar ya que, al momento de agregar las partículas a la superficie a revisar, podrían derramarse por toda la superficie, tomar en cuenta que las partículas vienen en polvo
Reglas	-Utilizar en ambiente controlado. -Trabajar siempre con algún apoyo base, llámese mesa de trabajo. -Al momento de retirar el yugo de la pieza aléjelo un par de centímetros.

	-No acerca el yugo al momento de estar comprobando algún defecto en la pieza a revisar
Instrucciones a las actividades	1. Revisar Extremos de la herramienta. 2. Energizar el yugo. 3. Tomar un paño y un limpiador. 4. Limpiar prolijamente la pieza a inspeccionar. 5. Secar la superficie a trabajar. 6. Posar el yugo magnético sobre la pieza y energizar por 3-5 segundos. 7. Retirar el yugo. 8. Agregar las partículas magnéticas en la pieza energizada. 9. Ver el comportamiento de las partículas en la pieza. 10. Una vez registrado los datos de la examinación, limpiar la zona. 11. Des energizar el yugo.

Tabla 3-4 Procedimiento de partículas magnéticas mediante método continuo.

Nombre del procedimiento	**PROCEDIMIENTO DE PARTÍCULAS MEDIANTE MÉTODO CONTINUO.**
Objetivo	Demostrar cómo se debe hacer un correcto ensayo mediante partículas magnéticas de modo residual.
Límites y alcances	El yugo deberá ser capas mostrar diferentes geometrías que demuestren si

	hay presencia de grietas o defectos en las piezas
Exigencias	Cada operario al momento de hacer este ensayo debe fijarse de que no exista ninguna corriente de aire en el lugar ya que, al momento de agregar las partículas a la superficie a revisar, podrían derramarse por toda la superficie, tomar en cuenta que las partículas vienen en polvo.
Reglas	-Utilizar en ambiente controlado. -Trabajar siempre con algún apoyo base, llámese mesa etc. -No se debe desmagnetizar en ningún momento.
Instrucciones a las actividades	1. Revisar Extremos de la herramienta. 2. Energizar el yugo. 3. Tomar un paño y un limpiador. 4. Limpiar prolijamente la pieza a inspeccionar. 5. Secar la superficie a trabajar. 6. Posar el yugo magnético sobre la pieza. 7. Agregar las partículas magnéticas en la pieza energizada. 8. Ver el comportamiento de las partículas en la pieza. 9. Una vez registrado los datos de la examinación. 10. Des energizar el yugo. 11. Retirar yugo de la pieza. 12. Limpiar la pieza examinada.

Figura 3-3 Examinación continua de partículas magnéticas(errónea).

Fuente: Autor Propio.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Terminada esta tesis se pudo llegar a concluir que el mundo de las partículas magnéticas aun no es un tema muy conocido comercialmente, ya que, fue muy difícil encontrar informaciones de buena fuente, incluso sobre los procedimientos de trabajo, además presencialmente se pudo evidenciar que en ciertos lugares no es implementado de manera correcta (como se puede apreciar en la figura 3-3), puesto que, no existe una estandarización de conocimientos a lo largo del país. Lo que se intentó estipular con esta tesis fue el correcto uso de un yugo magnético, y su mantención, aparte cabe destacar que se tuvo que modificar parámetros de mecanizado en diferentes ocasiones debido a que los valores teóricos dificultaban demasiado el funcionamiento y entorpecía el trabajo a causa de la baja calidad de ciertos materiales entregados al operador, derivando así a un cambio en las velocidades de operación en el centro de mecanizado.

Aparte se conoció los antecedentes de la norma trabajada ASME V con la cual se trabajo a lo largo de esta tesis.

No obstante, también se logró advertir y evidenciar el peligro que corre un material al ser templado y enfriado en un medio demasiado brusco (agua), llegando así a quebrar piezas. Este punto fue solucionado utilizando un medio más viscoso como el aceite, el cual permite que su enfriamiento no sea tan brusco como el agua.

Dando así a conocer los pasos que guiaron a la fabricación de estas probetas, sus planos y sus materiales de fabricación.

En síntesis, se logró el cometido de esta tesis, que fue fabricar las probetas de diferentes materiales utilizados en el taller de la Universidad SAE 1045 y SAE 4340 para así poder prolongar más la vida de este equipo debido a su correcto funcionamiento y poder hacer mantenimiento a piezas de dicho material para determinar si existen alguna deformación superficial o sub superficial como las grietas generadas por tratamientos térmicos, de caso que el operador tenga dudas contara con el paso a paso de como manipular el yugo magnético.

Se recomienda al momento de trabajar en un centro de mecanizado con un material SAE 4340 utilizar brocas recubiertas de cobalto ya que una broca de acero al carbono no resistirá el material perdiendo su filo al instante y luego quebrándose debido a la dureza del material.

BIBLIOGRAFÍA

En este apartado se encontrarán la mayoría de referencias utilizadas en la creación de este trabajo de título.

- USA.ASME. BPVC Section V-Nondestructive Examination. New York, U.S.A.: ASME, 2019. 991 p. ISBN 9780791872840
- PARTICULAS MAGNETIZABLES. Ricardo Echeverria. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Comahue, 2002. 53p.
- Apuntes para el Laboratorio de Pruebas No Destructivas. Iván Escalona. UPIICSA-IPN, Academia de Laboratorio de Control de Calidad, México D.F., 2002.

WEB GRAFIA.

- https://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/Publicaciones/Normas.pdf [1]
- https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/a-s-t-m-definicion-significado/gmx-niv15-con321.htm [2]
- http://asociacioncalidad.com/significado-normas/ [3]
- Material de apoyo entregado en clase de inspección y control de mantenimiento. [4]
- https://es.slideshare.net/asacetecnologiases/particulas-magneticas-universidad-de-comahue [5]
- http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1366/1/Tesis%20I.%20M.%2085%20-%20Villac%C3%ADs%20Soria%20Johnny%20Danilo.pdf [6]
- http://www.monografias.com/trabajos30/particulas-magneticas/particulas-magneticas.shtml [7]
- Material de apoyo entregado en clase de inspección y control de mantenimiento. [8]

ANEXOS

En el apartado de anexos se encontrará información la cual fue necesaria para la fabricación de estas probetas.

ANEXO A

En este anexo se encontrarán todos los códigos utilizados en el centro de mecanizado al momento de hacer la hélice de perforaciones que contiene el anillo de Keto.

Códigos CNC utilizados.

```
%

O0

(MACHINE: FANUC 15MB MPost Library)

G17 G40 G80 G90

T1 M6 (BROCA DE CENTRO)

M3 S1500

G00 G54 X-35.1212 Y-21.2151

G43 Z25. H1

M8

G81 G98 X-35.1212 Y-21.2151 Z-1. R2.5 F20.

X-23.1773 Y-35.9916

X-6.0318 Y-44.1787

X12.9651 Y-44.5221

X30.519 Y-37.2518

X43.9179 Y-23.7807

X51.998 Y12.6822

X51.3809 Y-6.3078
```

```
X34.4033 Y45.7148

X46.1034 Y30.7446

X18.3973 Y55.9523

X0 Y60.6999

G80

M9

G0Z20M5

G91G28Z0

G28X0Y0

G90

M0

T2 M6 (BROCA DE 1,8 MM)

M3 S1000

G00 G54 X-35.1212 Y-21.2151

G43 Z25. H2

M8

G83 G98 X-35.1212 Y-21.2151 Z-24. Q0.5 R2.5 F20.

X-23.1773 Y-35.9916

X-6.0318 Y-44.1787

X12.9651 Y-44.5221

X30.519 Y-37.2518

X43.9179 Y-23.7807

X51.998 Y12.6822
```

```
X51.3809 Y-6.3078

X34.4033 Y45.7148

X46.1034 Y30.7446

X18.3973 Y55.9523

X0 Y60.6999

G80

M9

G0Z20M5

G91G28Z0

G28X0Y0

G90

M30

%
```