



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA
EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Tesis presentada previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.

Autores:

Llumiyinga Chicaiza William Fernando
Quispe Bonifas Jorge Luis

Director:

Ing. Jorge Paredes

Asesor:

Dr. Galo Terán

LATACUNGA – ECUADOR

Enero 2016



FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- **LLUMIQUINGA CHICAIZA WILLIAM FERNANDO**
- **QUISPE BONIFAS JORGE LUIS**

Con la tesis, cuyo título es:

“Diseño y construcción de un banco metalográfico para el laboratorio de materiales de la carrera de ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 04 de Enero de 2016

Para constancia firman:

Ing. Alvaro Mullo
PRESIDENTE

Ing. Segundo Cevallos
OPOSITOR

Dr. Raúl Montaluisa
MIEMBRO

Ing. Jorge Paredes
DIRECTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación, redacción y propuesta **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, es de exclusiva autoría por parte de los investigadores: Llumiquinga Chicaiza William Fernando y Quispe Bonifas Jorge Luis quienes nos responsabilizamos por las ideas y comentarios emitidos en la elaboración de este proyecto de tesis.

Llumiquinga Chicaiza William Fernando

C.I: 050332000-4

Quispe Bonifas Jorge Luis

C.I: 050358914-5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Directo de trabajo de investigación sobre el tema: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”. De los señores estudiantes; Llumiquinga Chicaiza William Fernando y Quispe Bonifas Jorge Luis postulantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica.

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 5 de Enero de 2016

Ing. Paredes Ojeda Jorge Antonio.

C.I. 110042541-0

DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**. De los señores estudiantes; Llumiquinga Chicaiza William Fernando y Quispe Bonifas Jorge Luis postulantes de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica.

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 5 de Enero de 2016

Dr. Galo Patricio Terán Ortiz
C.I: 050067610-1
ASESOR METODOLÓGICO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI.

De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el capítulo V, (art.9 literal f), del reglamento del curso profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, informo que los postulantes: Llumiquinga Chicaiza William Fernando y Quispe Bonifas Jorge Luis, han desarrollado su tesis de grado de acuerdo al planteamiento formulado en el plan de tesis con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto considero que la presente tesis se encuentra habilitada para presentarse al acto de la defensa de la tesis.

Latacunga, 5 de Enero de 2016

Ing. Edwin Homero Moreano M.
C.I. 050260750-5
COORDINADOR

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas y darme la oportunidad para poder estudiar mi carrera, así como también a los docentes que me brindaron sus conocimientos y experiencias para seguir adelante día a día.

A mis padres, por haberme dado la vida y su apoyo incondicional en toda mi vida estudiantil, a mi familia siendo el eje primordial para seguir adelante, como no agradecer a ese grupo de amigos por brindarme su amistad en toda nuestra vida universitaria.

A mi amada esposa, Mónica del Rocío por su confianza y apoyo durante toda mi carrera y el pilar fundamental para la culminación de la misma.

William Fernando

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haber sido mi segundo hogar todos estos años y proporcionar la formación académica para ayudar al desarrollo de la sociedad y el país.

Al Ing. Jorge Paredes quien depositó su confianza, amistad, su tiempo y sus conocimientos en la dirección de la tesis.

Jorge Luis

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a toda mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera, a mis padres José y María por su confianza que pusieron en mí, brindándome todo lo necesario para cumplir con mi objetivo.

A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome en todo momento, a mi madre por no haberme faltado un alimento día tras días durante toda mi vida, por haberte causado caer una lagrima de tus hermosos ojos, a ti madre mía que siempre estarás con migo dándome tus consejos.

A mis hermanos por hacer de mí una mejor persona y cuidarme cuando yo lo he necesitado, las experiencias vividas juntas me fortalecen, ustedes quienes me han sabido formar con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ayudado a salir delante.

De igual forma a mi esposa por sus palabras y confianza, por brindarme, el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, por creer en mi capacidad y darme fortalezas para continuar con el desarrollo de mi tesis.

William Fernando

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a toda mi familia en especial a mi madre Elvia Lucinda Bonifas y al Sr: Luis Heriberto Quispe, ya que son parte importante en mi vida, quienes han permanecido siempre a mi lado brindándome su amor, confianza y apoyo incondicional durante toda mi carrera, gracias a ellos pude cumplir mis metas y objetivos.

Mi eterno agradecimiento a todos mis hermanos en especial Erika y Gabriel, quienes siempre han estado conmigo brindándome su apoyo incondicional en los momentos que más lo necesite, trasmitirme su fortaleza y alegría.

Y con un amor especial a un ser maravilloso Paola Gallo quien con su cariño, palabras de aliento y positivismo me ha motivado en los momentos más difíciles de mi carrera enseñándome a no rendirme gracias.

Jorge Luis

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	
Formulario de la aprobación del tribunal de grado.....	ii
Autoría.....	iii
Aval del director de tesis.....	iv
Aval del asesor metodológico.....	v
Aval de implementación.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Dedicatoria.....	ix
Dedicatoria.....	x
Índice.....	xi
Resumen.....	xxii
Abstract.....	xxiii
Aval de traducción.....	xxiv
Introducción.....	xxv

CAPITULO I

1.Marco teórico	1
1.1.Antecedentes investigativos	1
1.2.El acero.....	2
1.3.Tratamientos térmicos.....	3
1.4.Diagrama hierro-carbono	4

1.4.1. Aleaciones hipoeutectoides.....	8
1.4.2. Aleaciones hipereutectoides.....	9
1.5.Principales microestructuras de los aceros.....	10
1.5.1. Microestructura	11
1.5.2. Ferrita	11
1.5.3. Cementita	13
1.5.4. Perlita	15
1.5.5. Austenita	17
1.5.6. Martensita.....	18
1.5.7. Bainita	19
1.5.8. Troostita	20
1.5.9. Sorbita	21
1.5.10. Ledeburita	22
1.6.Metalografía	22
1.6.1. Tamaño de grano.....	23
1.6.2. Clasificación de los tamaños de grano	24
1.6.3. Medición del tamaño de grano	24
1.6.3.1. Método de comparación	25
1.6.3.2. Método de intercepción.....	25
1.6.3.3. Método planimétrico	25
1.7.Microscopio	26
1.8.Microscopio metalográfico	26
1.9.Examen metalográfico	28
1.9.1. Preparación de muestras.....	29
1.9.1.1. Desbaste	30

1.9.1.2. Pulido	33
1.9.1.3. Ataque químico	34
1.9.1.4. Parámetros de preparación	35
1.9.2. Abrasivos para el pulido metalográfico	36
1.9.2.1. Polvo de diamante	37
1.9.2.2. Alúndum.....	37
1.9.2.3. Oxido de magnesio.....	37
1.9.2.4. Alúmina.....	37
1.10. Observación metalográfica	38

CAPITULO II

2. Análisis e interpretación de resultados.....	39
2.1. Descripción de la institución.....	39
2.1.1. Aspectos históricos de la carrera de ingeniería electromecánica	39
2.1.1.1. Misión	40
2.1.1.2. Visión	40
2.1.1.3. Objetivo de la carrera de ingeniería electromecánica	41
2.2. Métodos de la investigación.....	41
2.3. Tipo de investigación	42
2.4. Técnicas e instrumentos de investigación.....	43
2.4.1. Encuesta	43
2.4.2. Entrevista.....	44
2.4.3. Cuestionario	44
2.5. Población y muestra	44
2.6. Análisis e interpretación de resultados de la encuesta	45

2.6.1. Encuesta	45
2.6.2. Resultados obtenidos de las encuestas aplicadas.	46
2.7. Verificación de la hipótesis	56
2.7.1. Hipótesis.....	56
2.7.1.1. Variable independiente.....	56
2.7.1.2. Variable dependiente.....	56
2.7.2. Planteo de hipótesis.....	56

CAPITULO III

3. Propuesta.....	61
3.1. Introducción	61
3.2. Presentación de la propuesta	61
3.3. Objetivo de la propuesta.....	62
3.4. Análisis de factibilidad.....	62
3.4.1. Factibilidad técnica	62
3.4.2. Factibilidad económica	62
3.4.3. Factibilidad operacional	62
3.5. Desarrollo de la propuesta.....	63
3.5.1. Diseño esquemático del banco metalográfico para el laboratorio de materiales.	63
3.6. Parámetros de diseño.....	63
3.6.1. Materiales seleccionados para la construcción	63
3.6.2. Ángulos estructurales: ASTM A-36.....	63
3.6.3. Plancha de acero: ASTM A-36	64
3.7. Dimensionamiento de las probetas.....	64

3.8. Estructura del banco de desbaste.....	65
3.8.1. Banco de desbaste	65
3.8.2. Estructura	66
3.8.3. Sistemas de humectación	66
3.8.4. Sistemas de drenaje.....	67
3.8.5. Sistema de sujeción de las lijas	67
3.8. Banco de pulido.....	68
3.9.1. Estructura del banco de pulido.....	68
3.9.2. Máquina pulidora	69
3.9.3. Motor eléctrico	69
3.9.4. Base del disco.....	70
3.9.5. Disco	70
3.9.6. Variador de frecuencia	71
3.9.7. Sistema de control.....	71
3.9.8. Paños	72
3.9.9. Alúmina.....	72
3.10. Reactivos para el ataque químico.....	72
3.10.1. Reactivo.....	73
3.11. Microscopio metalográfico	74
3.11.1. Cámara digital	74
3.11.2. Oculares.....	75
3.11.3. Sistema de iluminación	75
3.11.4. Pie o soporte.....	76
3.11.5. Aumentos	76
3.11.6. Filtros	77

3.11.7. Software toupview	77
3.11.7.1. Capturar la imagen	78
3.11.7.2. Principales herramientas del software.....	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. 1: Estructura cristalina BCC	11
Figura 1. 2: Estructura cristalina FCC	11
Figura 1. 3: Microestructura de la ferrita	13
Figura 1. 4: Red ortorrómbica.....	14
Figura 1. 5: Microestructura de la cementita	14
Figura 1. 6: Microestructura de la perlita.....	16
Figura 1. 7: Microestructura de la austenita.....	18
Figura 1. 8: Microestructura de la martensita	19
Figura 1. 9: Microestructura de la bainita	20
Figura 1. 10: Microestructura de la troostita.....	21
Figura 1. 11: Microestructura de la sorbita	21
Figura 1. 12: Microestructura de la ledeburita	22
Figura 1. 13: Tamaño de grano con aumento de 100x.....	24
Figura 1. 14: Microscopio metalográfico.....	26
Figura 1. 15: Ilustración de la frontera de grano	27
Figura 1. 16: Esquema de funcionamiento de un microscopio metalográfico.....	28
Figura 1. 17: Aspecto de la superficie obtenida luego de un desbaste grueso (aumento 100x)	31
Figura 1. 18: Pulido mediante discos de fieltro.....	33
Figura 1. 19: Superficie del pulido final	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

CAPÍTULO I

Gráfico 1. 1: Diagrama hierro-carbono	5
Gráfico 1. 2: Aleaciones hipoeutectoides.....	8
Gráfico 1. 3: Aleaciones hipereutectoides	10
Gráfico 1. 4: Reacción eutéctica	12
Gráfico 1. 5: Diagrama de la transformación de la perlita.....	15
Gráfico 1. 6: Diagrama de transformación austenita-perlita.....	16

CAPITULO II

Gráfico 2. 1: Representación gráfica pregunta 1	46
Gráfico 2. 2: Representación gráfica pregunta 2.....	47
Gráfico 2. 3: Representación gráfica pregunta 3.....	48
Gráfico 2. 4: Representación gráfica pregunta 4.....	49
Gráfico 2. 5: Representación gráfica pregunta 5.....	50
Gráfico 2. 6: Representación gráfica pregunta 6.....	51
Gráfico 2. 7: Representación gráfica pregunta 7.....	52
Gráfico 2. 8: Representación gráfica pregunta 8.....	53
Gráfico 2. 9: Representación gráfica pregunta 9.....	54
Gráfico 2. 10: Representación gráfica pregunta 10.....	55

CAPÍTULO III

Gráfico 3. 1: Probetas.....	65
Gráfico 3. 2: Banco de desbaste.....	66

Gráfico 3. 3: Sistema de humectación.....	67
Gráfico 3. 4: Sistema de drenaje	67
Gráfico 3. 5: Sistema de sujeción de las lijas.....	68
Gráfico 3. 6: Estructura del banco de pulido.....	68
Gráfico 3. 7: Banco de pulido	69
Gráfico 3. 8: Base del disco	70
Gráfico 3. 9: Disco	70
Gráfico 3. 10: Variador de frecuencia.....	71
Gráfico 3. 11: Sistema de control.....	71
Gráfico 3. 12: Paño	72
Gráfico 3. 13: Alúmina	72
Gráfico 3. 14: Nital	73
Gráfico 3. 15: Microscopio metalográfico	74
Gráfico 3. 16: Cámara digital.....	75
Gráfico 3. 17: Oculares	75
Gráfico 3. 18: Sistema de iluminación.....	76
Gráfico 3. 19: Pie o soporte.....	76
Gráfico 3. 20: Aumentos	77
Gráfico 3. 21: Filtros	77
Gráfico 3. 22: Software toupview	78
Gráfico 3. 23: Barras de herramientas.....	78
Gráfico 3. 24: Capturar la imagen.....	79
Gráfico 3. 25: Panel de control de la imagen.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

CAPITULO I

Tabla 1. 1: Posible transformación de la austenita.....	17
Tabla 1. 2: Tipos de lijas	33
Tabla 1. 3: Reactivos para el ataque químico	36

CAPITULO II

Tabla 2. 1: Población y muestra	45
Tabla 2. 2: Porcentaje de la pregunta 1	46
Tabla 2. 3: Porcentaje de la pregunta 2	47
Tabla 2. 4: Porcentaje de la pregunta 3	48
Tabla 2. 5: Porcentaje de la pregunta 4	49
Tabla 2. 6: Porcentaje de la pregunta 5	50
Tabla 2. 7: Porcentaje de la pregunta 6	51
Tabla 2. 8: Porcentaje de la pregunta 7	52
Tabla 2. 9: Porcentaje de la pregunta 8	53
Tabla 2. 10: Porcentaje de la pregunta 9	54
Tabla 2. 11: Porcentaje de la pregunta 10	55
Tabla 2. 12: Tabla de frecuencias	57
Tabla 2. 13: Chi-cuadrado.....	58

CAPITULO III

Tabla 3. 1: Especificaciones del motor	69
Tabla 3. 2: Reactivo	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Encuestas.....	ANEXO 1
Chi-cuadrado.....	ANEXO 2
Software ToupView.....	ANEXO 3
Proceso de construcción de los bancos de desbaste y pulido.....	ANEXO 4
Tabla de electrodos.....	ANEXO 5
Variador de frecuencia.....	ANEXO 6
Planos del banco de desbaste y pulido.....	ANEXO 7
Manual de usuario.....	ANEXO 8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

RESUMEN

En la Carrera de Ingeniería Electromecánica, parte de su perfil académico está orientado al diseño y construcción de máquinas y elementos mecánicos, lo cual se ha venido efectuando desde hace mucho tiempo mediante la realización de tesis y proyectos de grado, donde se ha visto problemas en la selección de materiales metálicos para la construcción de máquinas y equipos en los laboratorios. Mediante un análisis en el perfil de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, se ha observado grandes falencias en el conocimiento sobre materiales, puesto que esto se estudia a breves rasgos en el silabo de la asignatura de resistencia de materiales. Por estas razones se plantea construir un banco metalográfico, que incluyen equipos de desbaste, pulido, ataque químico y un microscopio metalográfico, el mismo que ayudará al reconocimiento y observación de las estructuras cristalinas de los aceros y sus principales microestructuras, ya que es uno de los metales de mayor uso en el campo de la ingeniería mecánica e industrial, debido a que puede tener diversas combinaciones microestructurales, variando cada una de sus fases y microconstituyentes, de acuerdo con al porcentaje de hierro-carbono que contenga la muestra.

Descriptor: Desbaste, pulido, ataque químico y microscopio metalográfico.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
UNIT ACADEMIC OF ENGINEERING SCIENCE AND
APPLIED
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING

TEMA: “DESIGNING AND CONSTRUCTION OF DATA A BANK METALLOGRAPHIC FOR THE MATERIALS OF LABORATORY OF THE ELECTROMECHANICAL ENGINEERING OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI CAREER”

ABSTRACT

In the Electromechanical Engineering Faculty, one part of its academic profile is oriented to the design and construction of machines and its elements, which ones have been performed since a long time ago with the development of thesis and graduating projects; where it has been seen problems in the selection of metallic materials for the construction of machines and lab tools. Analyzing the Electromechanical Engineering Faculty profile, it has been observed big failures in the knowledge concerning to the materials. This is because the materials resistance course is not covered in a great manner in the syllabus. Due this reasons, there is a plan to build a metallographic testing machine that includes an equipment for roughing, polishing and chemical attack with a metallographic microscope that will help to the recognizing and observation of the crystal structures of the steel and its principal microstructures due to the fact that steel is one of the materials of great usage in the mechanical engineering field because of its great diversity of microstructural combinations and in addition, it is important because it varies each one of its phases and microelements according to the carbon-iron percentage contained in the sample.

Descriptor: Roughing, polishing, chemical attack and metallographic microscope.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Lic. Marcelo Pacheco Pruna con C. I. 050261735-0 **CERTIFICO** que he realizado la respectiva revisión del Abstract con el tema. “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECHANICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”. Cuyos autores son: Llumiquinga Chicaiza William Fernando, Quispe Bonifas Jorge Luis y el director de Tesis Ing. Paredes Ojeda Jorge Antonio.

Es todo cuando puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de manera ética que estimaré conveniente.

Latacunga, 5 de Enero de 2016

Atentamente,

Lic. Marcelo Pacheco Pruna

C.C. 050261735-0

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

INTRODUCCIÓN

El proyecto tiene como objetivo diseñar y construir un banco metalográfico, para el laboratorio de resistencia de materiales de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el mismo que permitirá reconocer los diferentes tipos de microestructuras de los distintos materiales, mediante el análisis metalográfico. Con la finalidad de comprender cómo se realizó el proceso de desbaste, pulido y ataque químico de las probetas.

El **CAPÍTULO I** brinda información básica, general y esencial sobre las características de las microestructuras, elementos y funcionamientos de los equipos que se implementó como parte del banco metalográfico, orientado principalmente al acabado que se da a una probeta, como es el caso del pulido previo al análisis metalográfico.

En el **CAPÍTULO II** se establece el diseño metodológico empleado para desarrollar esta investigación, para lo cual se recurrió a utilizar métodos, técnicas e instrumentos, que permitieron recolectar información para desarrollar un análisis de resultados; obtenidos en las encuestas ejecutadas a los ingenieros mecánicos y electromecánicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Escuela Politécnica del Ejército y Universidad Técnica de Ambato, para así llegar a la conclusión que la implementación de este proyecto sea factible y se justifique la hipótesis.

El **CAPÍTULO III** abarca los pasos necesarios para la construcción de los equipos partiendo de la selección de los materiales, elementos mecánicos y eléctricos; en función de las prácticas y resultados que se obtuvieron en el laboratorio, también se detalla las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Además se destaca los anexos oportunos: planos respectivos, tablas de electrodos, manual de funcionamiento y guía de usuario.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

El acero es una mezcla de hierro con una cantidad de carbono, que posee diferentes fases según su temperatura y conserva las características metálicas del hierro en estado puro, este material es el más utilizado en la industria de la construcción.

En el mundo el acero es uno de los materiales de fabricación y construcción más versátiles ampliamente usado, por lo que existen actividades industriales para las que el acero al carbono es suficiente, como material de trabajo ejemplo de ello es la construcción civil, para otras, como la fabricación automotriz, aeronáutica, marítima, espacial, etc., se requieren de materiales que presenten características físicas mecánicas apropiadas, que los hagan aptos para soportar grandes esfuerzos, elevadas presiones.

La estructura metalográfica, es decir, la forma en cómo se combinan los átomos de hierro y carbono está íntimamente relacionada con las mencionadas propiedades, para ello es necesario estudiar la metalografía la cual es una ciencia que trata las características microestructurales o constitutivas de un metal o aleación, donde se realiza un examen metalográfico con el cual es posible determinar el tamaño de grano, forma y distribución de las distintas fases, las mismas que tienen gran efecto sobre las propiedades mecánicas del material, de esta manera, se puede conocer si un metal satisface las especificaciones técnicas que se requieran.

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

No existe ninguna información, monografía o tesis del tema de investigación en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Por lo que el trabajo describe lo que los autores han investigado en la Universidad Técnica de Ambato la cual posee un laboratorio de metalografía en donde se realiza análisis metalográficos y en la Universidad

Nacional de Chimborazo en donde se realizó la construcción de banco metalográfico como proyecto de grado durante el año 2011, el resultado de este proyecto facilitó que los estudiantes puedan realizar prácticas y ensayos metalográficos, el mismo que ayudó a que los estudiantes tengan una visión más amplia de la estructura de los materiales y uso en el ámbito laboral.

1.2. EL ACERO

Según **NEFF. David (2008)**, “Define el acero como una aleación de hierro-carbono en una proporción que oscila entre 0.008 y 2 % en peso de carbono, al cual se le pueden añadir otros elementos para mejorar su dureza y maleabilidad”. (Pág. 211).

Al respecto **ZAPATA. Jorge (2013)**, alega lo siguiente,

“El acero es normalmente conocido como un metal pero en realidad el mismo es una aleación de un metal (el hierro) y un metaloide (el carbono) que puede aparecer en diferentes proporciones pero nunca superiores al dos por ciento del total del peso del producto final.

El acero, debido a sus propiedades, es una de las aleaciones más utilizadas por el hombre en diferentes circunstancias, tanto en la construcción como en la industria automotriz y en muchas otras. Al mismo tiempo, los materiales que lo componen son muy abundantes en el planeta a diferencia de otros metales que son mucho más escasos y difíciles de conseguir. Por lo tanto, la generación de acero es mucho más accesible en términos de costos que otros metales o aleaciones.” (Pág. 5).

En base a lo citado sobre aceros podemos decir que las propiedades físicas y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de carbono que contenga el acero, ya que la mayoría de los aceros o aleaciones son una mezcla de tres sustancias, ferrita, perlita y cementita.

1.3. TRATAMIENTOS TÉRMICOS

SIERRA R. Horacio (2005), “Se trata de variar la temperatura del material pero sin variar la composición química, mejorando las propiedades de los metales y aleaciones, por lo general, mecánico. En ocasiones se utiliza este tipo de tratamientos para, posteriormente, conformar el material.” (Pág. 142).

AVNER. (1988), “Una combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento, de tiempos determinados y aplicadas a un metal o aleación en el estado sólido en una forma tal que producirá propiedades deseadas.” (Pág. 252).

Todos los procesos básicos de tratamientos térmicos para aceros incluyen la transformación o descomposición de la austenita. La naturaleza y la apariencia de estos productos de transformación determinan las propiedades físicas y mecánicas de cualquier acero.

Los tratamientos térmicos más utilizados son: temple, revenido, recocido y normalización. Todos los procedimientos se basan en la transformación de la austenita, la temperatura y el tiempo son factores principales que influyen de acuerdo con la composición del acero. El diagrama T.T.T (transformación-temperatura-tiempo) se muestra cualquier tratamiento térmico, donde de una manera muy generalizada se pueden considerar los siguientes puntos importantes.

El tiempo que se mantiene a temperatura máxima ($t_{m\acute{a}x}$), y las velocidades de calentamiento y enfriamiento en este caso, como se observa en el gráfico 1.6, en las que se destaca, la temperatura AC_1 y la AC_3 , la primera es aquella en la que empieza a aparecer el constituyente austenítico a una temperatura de $723^\circ C$, y la segunda AC_3 es aquella en la que toda la masa de acero se ha transformado ya en austenita a una temperatura que oscila entre $723^\circ C$ y $1.148^\circ C$, los valores concretos de estas temperaturas varían según la proporción de carbono que contienen el acero. El diagrama hierro carbono, es la base para el estudio de los tratamientos térmicos de los aceros, en particular para las aleaciones cuya concentración no supera el 2% de C.

1.4. DIAGRAMA HIERRO-CARBONO

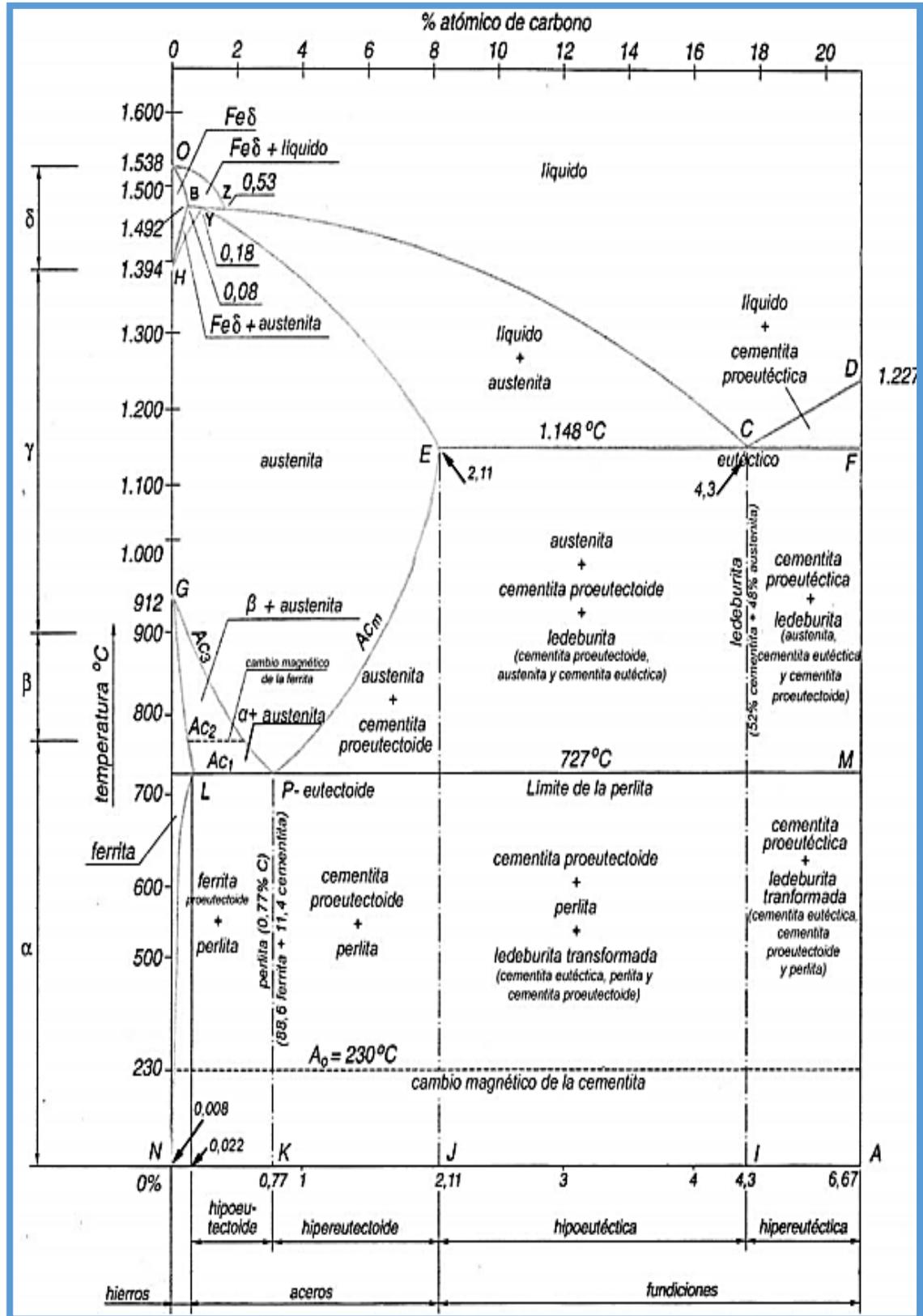
Según **ASHBY. Michael y JONES. David (2006)**, “Menciona que el diagrama de equilibrio o de fases hierro-carbono (Fe-C) se representan las transformaciones que sufren los aceros al carbono con la temperatura, admitiendo que el calentamiento (o enfriamiento) de la mezcla se realiza muy lentamente; de modo que los procesos de difusión (homogeneización) tienen tiempo para completarse.” (Pág. 137).

El diagrama representa las transformaciones que sufren los aceros al carbono, al ser sometidos a una combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento en tiempos determinados, para modificar su microestructura y por tanto sus propiedades físicas- mecánicas.

El límite del diagrama corresponde a una proporción de carbono del 6,67% que es el de la cementita pura, las aleaciones que contengan una proporción superior al 6,67% C, están excluidas de las aleaciones, en el punto **C** denominado eutéctico, correspondiente a una proporción de carbono del 4,3 %, y de carburo de hierro en total de 64,5%. La aleación del 4,3% de carbono es la de más bajo punto de fusión, que está entre los 1.130°C y 1.148°C. Por lo tanto, la totalidad de la masa de la aleación se funde o solidifica a una sola temperatura en lugar de a dos temperaturas, una de principio y otra de fin del cambio de estado, como sucede con las aleaciones de contenido de carbono superior o inferior al 4,3 %C.

En contenidos inferiores de carbono entre el principio y el fin de la solidificación se va precipitando cristales de austenita, y para aleaciones de contenidos de carbono superiores al 4,3% entre el principio y el fin de la solidificación se precipitan cristales de cementita, las aleaciones del 4,3 %C, se solidifican formando un solo constituyente, que también se denomina eutéctico y es la ledeburita, por el 52% de cementita y el 48% de austenita con un contenido de carbono que oscila entre 1,76 % y 2,11%, a una temperatura de 1.130°C y 1.148°C.

Gráfico 1. 1: DIAGRAMA HIERRO-CARBONO



Fuente: <http://www.apkmodgame.net/>

En el punto **E** del diagrama se muestra el punto máximo de contenido de carbono de la austenita, que es solución sólida de carbono en hierro gamma. Este punto corresponde a un contenido de carbono de 1,76% y 2,11%, en el eje de las abscisas divide las aleaciones de hierro-carbono en dos clases de características muy distintas, los aceros de contenido de carbono inferior al 2,11% hasta 0,022%, y las fundiciones de contenido de carbono comprendido entre 2,11% a 6,67 %.

Las aleaciones de hierro-carbono a partir de una temperatura determinada, que se muestra en el diagrama por las líneas **AC₃** (GP) y **AC_m** (PE), se transforman íntegramente en austenita, y al enfriarla rápidamente, se convierte en martensita. El punto (P), se denominado eutectoíde, es similar al punto C, llamado eutéctico. La diferencia está en que en el punto eutéctico tiene lugar un cambio de estado líquido a sólido o viceversa, y en el punto eutectoíde se produce solamente una transformación de la constitución de la aleación que es sólida a temperaturas inferiores, lo contrario del punto eutectoíde, esta diferencia, es total. Así como el punto C (eutéctico) marca la composición de la aleación que permanece líquida a más baja temperatura, también el punto (P eutectoíde) marca la composición de la austenita, que es estable a más baja temperatura, este porcentaje es de 0,77% C, o sea, 13,5% de carburo de hierro. Para contenidos de carbono superiores o inferiores al 0,89 % C, la austenita al pasar por el punto **P** va segregando un constituyente nuevo hasta llegar a la temperatura de 727°C, la austenita alcanza la composición eutectoíde y se transforma íntegramente en perlita.

Para porcentajes de carbono superiores al 0,89% C, la austenita, al enfriarse por debajo de la línea **AC_m** (PE), segrega cementita hasta llegar a los 727°C. Y para porcentajes de carbono inferiores al 0,89%C, la austenita, al bajar en su enfriamiento de temperaturas inferiores a las de la línea **AC₃** (GP), segrega ferrita hasta llegar a los 727°C. Punto **Y**, cuyo porcentaje de carbono es 0,18 %C, la austenita, permanece estable a temperatura de 1.492°C. Este punto se denomina peritético, y puede considerarse como un punto eutéctico al revés, mientras que en el punto **B**, con un 0,08 % de C, es el máximo porcentaje que puede contener en solución sólida el hierro delta.

En el punto denominado **L**, contiene un 0,025 %C a 0,022%C, siendo el máximo porcentaje de carbono que puede disolver la ferrita, en el eje de las abscisas, el punto que corresponde a 0,03%C a 0,022%C, es el mínimo que puede contener el hierro para que se considere aleación hierro-carbono. Por debajo de este porcentaje de carbono se considera como hierro técnicamente puro.

En el eje de las ordenadas se observa los siguientes puntos críticos en donde:

- A_0 = se muestra la temperatura de 210°C a 230°C, en la cual la cementita es magnética, y por encima de esta temperatura deja de serlo.
- A_{c1} = en temperaturas que oscilan entre los 723°C y los 727°C, es el límite de la perlita.
- A_{c2} = a una temperatura de 768°C, ocurre el cambio magnético de la ferrita. Por encima de esta temperatura, la ferrita deja de ser magnética.
- A_{c3} = en la línea LG y GP, en la que se indica el límite de la ferrita. Este punto crítico varía desde 723°C a 912° C, según el porcentaje de carbono.
- A_{cm} = la línea LE y PE, es el límite de la cementita. Este punto crítico varía entre 723°C a 1.148°C.
- Línea EF = posee una temperatura que oscilan 130°C a 1.148°C, muestra es el límite de la ledeburita.
- La línea AHJECF (OBYECF) es la temperaturas de iniciación de la fusión al calentar, o de terminación de la solidificación al enfriar. Por debajo de esta línea todo el metal está sólido.
- Mientras que en las líneas ABCD (AZCD) es la temperaturas de fin de la fusión al calentar, o de iniciación de la solidificación al enfriar. Por encima de ella todo el metal está en estado líquido. Entre esta línea y la anterior existe una mezcla de líquido y sólido.
- Línea (HB) (BZ), que es el límite superior de la austenita.

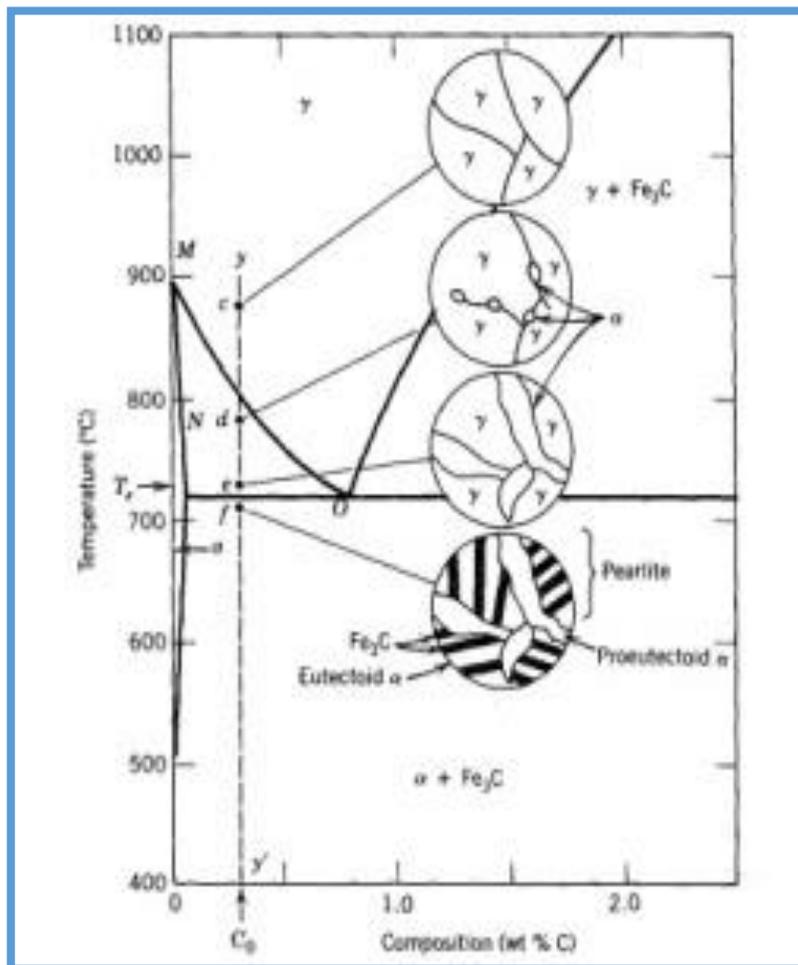
En función del diagrama, los aceros pueden desarrollar las siguientes aleaciones:

- Aleaciones hipoeutectoides.
- Aleaciones hipereutectoides.

1.4.1. Aleaciones hipoeutectoides

En las aleaciones hierro carburo de hierro, se considera como una composición C_0 a la izquierda de la eutectoide, entre 0.022 y 0.76% en peso de carbono, a esto se lo llama aleación hipoeutectoide (menos que la eutectoide), el enfriamiento se representa por el desplazamiento hacia abajo sobre la línea vertical $y-y'$, aproximadamente a 875°C, en el punto c la microestructura constituirá totalmente los granos de la fase γ , como se indica en el gráfico 1.2.

Gráfico 1. 2: ALEACIONES HIPOEUTECTOIDES



Fuente: NEWELL James, (Ciencia de materiales)

Al enfriarse hasta alcanzar el punto **d**, aproximadamente a 775°C, el cual se encuentra dentro de la región de la fase $\alpha + \gamma$, las cuales va a coexistir ya que la mayoría de las partículas α se formaran a lo largo de los límites del grano de las partículas γ . Cuando se enfría una aleación a través de estas regiones la composición de la ferrita cambia con la temperatura a lo largo del límite de las fases $\alpha - (\alpha + \gamma)$, línea **MN**, haciéndose ligeramente más rica en carbono, esto ocasiona un cambio drástico en la composición de la austenita a lo largo del límite $(\alpha + \gamma) - \gamma$, limite **MO** a medida que se reduce la temperatura. El enfriamiento en el punto **d** al **e**, arriba del eutectoíde produce un incremento en la región α provocando un crecimiento de tamaño, al descender la temperatura hasta el punto **f**, la fase γ que está presente a la temperatura T_e la cual tiene una composición eutectoíde, y se trasforma en perlita.

Las fases α que existían en un punto de matriz continua rodeada con las colinas aisladas de perlita. La microestructura del punto **f**, aparecerá como se muestra en el inserto correspondiente al gráfico 1.4, de modo que la ferrita estará presente tanto en la perlita como en la fase que se formó durante el enfriamiento a través de la región de fases $\alpha + \gamma$. La ferrita que está presente en la perlita se le denomina ferrita eutectoíde, mientras que la ferrita que se formó por encima de T_e se le llama ferrita proeutectoide (antes del eutectoíde).

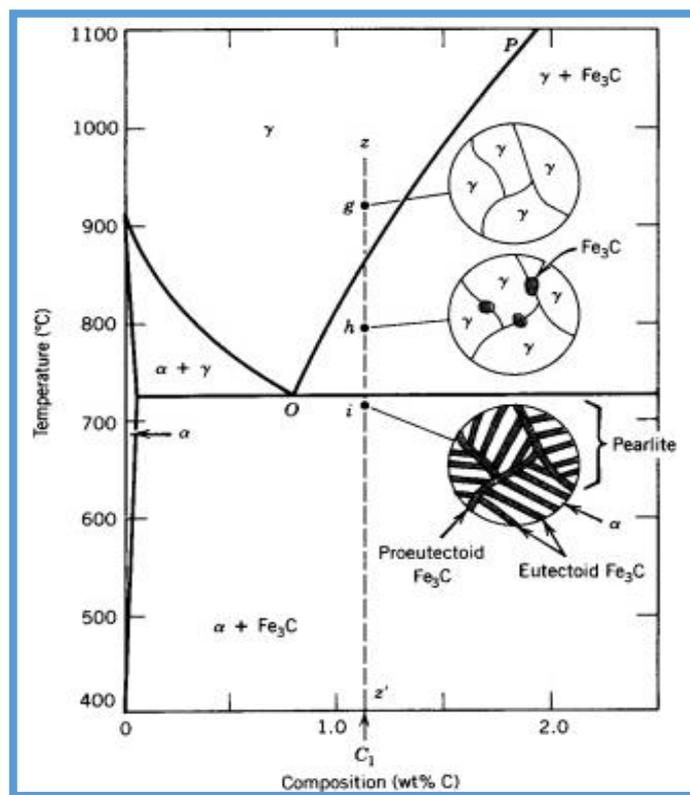
1.4.2. Aleaciones hipereutectoides

Este tipo de aleaciones son las que tiene un contenido de carbono entre 0.76 y 2.14% en peso de C, y se enfrían desde temperaturas dentro del campo de las fases γ , produciendo transformaciones y microestructuras análogas. Para esto se considera una composición **C₁**, la cual se enfría desde las líneas **z-z'** como se indica en el siguiente gráfico 1.3.

En el punto **g** sólo está presente la fase γ , al comenzar a enfriarse hasta el punto **b**, la fase de cementita comienza a formarse a lo largo de los límites de grano γ iniciales en forma similar a la fase α en el punto **d**, a esta se le denomina cementita

proeutectoide ya que se forma antes de la reacción eutectoíde. No obstante la composición de la cementita permanece constante con un 6.70% en peso de carbono a medida que cambia la temperatura, sin embargo la composición de la fase austenita se desplaza a lo largo de la línea **PO** hacia el eutectoíde a medida que la temperatura desciende hasta el punto **i**, toda la austenita remanente de composición eutectoíde se convierte en perlita, obteniendo una microestructura constituida de perlita y cementita proeutectoide.

Gráfico 1. 3: ALEACIONES HIPEREUTECTOIDES



Fuente: NEWELL James, (Ciencia de materiales)

1.5.PRINCIPALES MICROESTRUCTURAS DE LOS ACEROS

Según **CASTRO. Guillermo (2009)**, “Los constituyentes metálicos que pueden presentarse en los aceros al carbono son: ferrita, cementita, perlita, sorbita, troostita, martensita, bainita, y rara vez austenita, aunque nunca como único constituyente. También pueden estar presentes constituyentes no metálicos como óxidos, silicatos, sulfuros y aluminatos.”(Pág. 106).

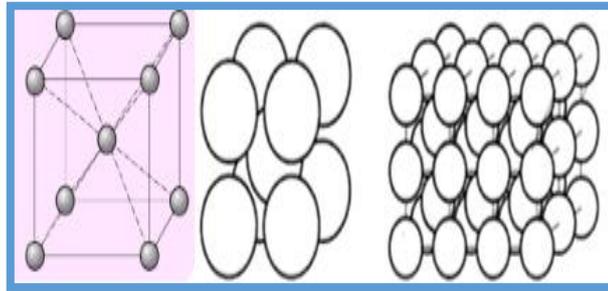
1.5.1. Microestructura

Las propiedades mecánicas y físicas de un material dependen de su microestructura. Esta puede consistir en una “simple” estructura de granos o fases microscópicas en un material. Los constituyentes estructurales de los aceros son: ferrita, cementita, perlita, austenita, martensita, troostita, sorbita, vainita y ledeburita.

1.5.2. Ferrita

Al calentarse el hierro puro experimenta dos transformaciones en su estructura cristalina, antes de fundirse a temperatura ambiente posee la forma estable denominada ferrita o hierro α , esta tiene una estructura cristalina BCC, (cúbica centrada en el cuerpo) como se puede observar en la figura 1.1.

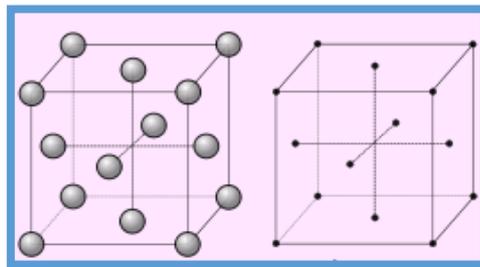
Figura 1. 1: ESTRUCTURA CRISTALINA BCC



Fuente: <http://e-educativa.catedu.es/>

Al calentar la ferrita a 912°C experimenta una transformación polimórfica a austenita o hierro γ con una estructura cristalina FCC (cúbica centrada en las caras). En este caso, como se observa en la figura 1.2, esta microestructura se mantiene hasta 1.394°C , temperatura en la que la estructura FCC vuelve a cambiar en una fase BCC, conocida como ferrita δ , que finalmente se funde a 1.538°C .

Figura 1. 2: ESTRUCTURA CRISTALINA FCC

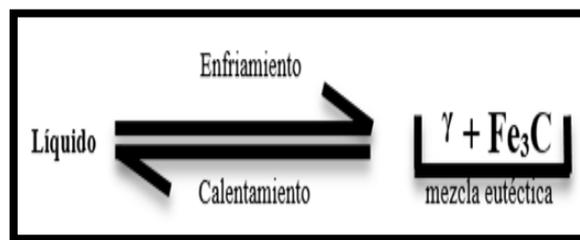


Fuente: <http://e-educativa.catedu.es/>

El carbón es una impureza intersticial (espacios vacíos que queda entre los átomos) en el hierro y forma una solución sólida con la ferrita α , la ferrita δ y la austenita, La ferrita δ es igual que α , la única diferencia entre ellas es el intervalo de temperaturas a la cual existe cada una.

La ferrita δ es estable sólo a temperaturas relativamente altas, careciendo de importancia tecnológica. Como se observa en el diagrama hierro carbono, en las regiones bifásicas existe un eutéctico para el hierro carburo de hierro a 4,30% en peso de carbono a una temperatura de 1.147 °C, en esta relación eutéctica.

Gráfico 1. 4: REACCIÓN EUTÉCTICA



Fuente: NEWELL James, (Ciencia de materiales)

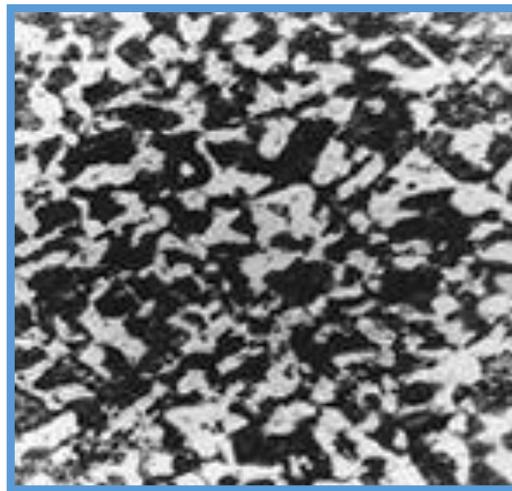
Es el producto de la reacción eutectoíde provocado bajo condiciones de equilibrio a una temperatura de 727°C y con una composición de 0.77% en peso de carbono; también es una solución sólida con pequeñísimas cantidades de carbono en hierro alfa, posee una solubilidad a temperatura ambiente demasiado pequeña que no llega a disolverse ni un 0.008% de carbono, lo que da lugar a una precipitación en estado sólido del carbono no soluble en forma de cementita, teniendo características magnéticas que se considera como hierro puro, su máxima solubilidad es de 0,02% carbono a una temperatura de 768°C, deja de ser magnético.

También aparece como elemento eutectoíde de la perlita formando láminas paralelas separadas por otras láminas de cementita, en la estructura globular de los aceros de herramientas aparece formando la matriz que rodea los glóbulos de cementita, en los aceros hipoeutectoides templados, puede aparecer mezclada con la martensita cuando el temple no ha sido bien efectuado. La ferrita es la fase más blanda y dúctil de los aceros, tiene una dureza de 90 Brinell y una resistencia a la

tracción de 28 kg/mm^2 , con un alargamiento del 40%. Se puede observar en el microscopio como granos poligonales claros, esto se puede observar en la figura 1.3. Puede aparecer como cristales mezclados con los de perlita, en los aceros de menos de 0.6%C, formando una red o malla que limita los granos de perlita, en los aceros de 0.6 a 0.85%C se encuentra en forma de agujas o bandas circulares orientados en la dirección de los planos cristalográficos de la austenita, como en los aceros en bruto o en aceros que han sido sobrecalentados.

Este tipo de estructura se denomina Widmanstatten, en la estructura un enfriamiento rápido desde altas temperaturas obliga a un crecimiento de la ferrita según ciertas direcciones preferenciales, resultando granos alargados en dichas direcciones del grano de la austenita.

Figura 1. 3: MICROESTRUCTURA DE LA FERRITA



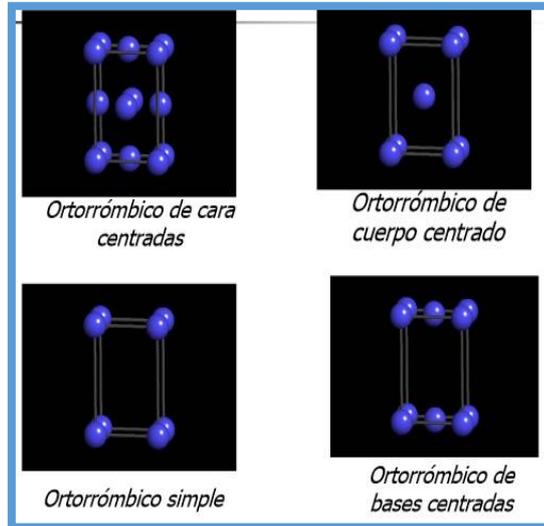
Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

1.5.3. Cementita

La cementita o carburo de hierro (Fe_3C), contiene 6.67 %C y 93.33 % de hierro, es el microconstituyente más duro y frágil de los aceros al carbono, alcanzando una dureza de 700 Brinell, se forma cuando excede el límite de solubilidad de carbono en ferrita alfa por debajo de 727° C . Esta fase es sólo metaestable, es decir, permanece como un compuesto indefinidamente a temperatura ambiente que se

cristaliza en la red ortorrómbica. En este caso como se muestra en la siguiente figura.

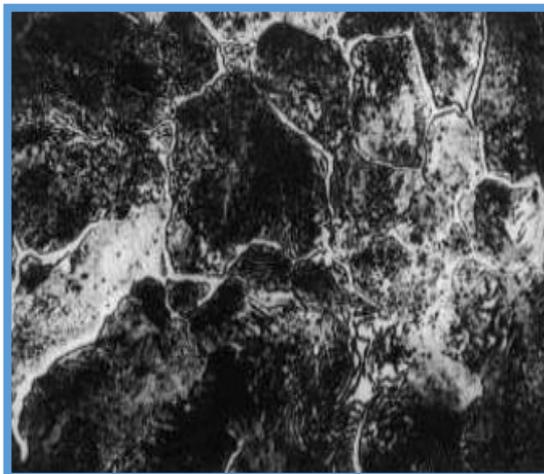
Figura 1. 4: RED ORTORRÓMBICA



Fuente: <http://www.utp.edu.co/>

En las aleaciones hipereutectoides, suele aparecer como cementita secundaria, formando una red continua enmarcando una estructura granular formada por colonias de perlita, esto se observa en la figura 1.5. También, aparece como consecuencia de una precipitación en estado sólido en aceros con muy poco carbono.

Figura 1. 5: MICROESTRUCTURA DE LA CEMENTITA



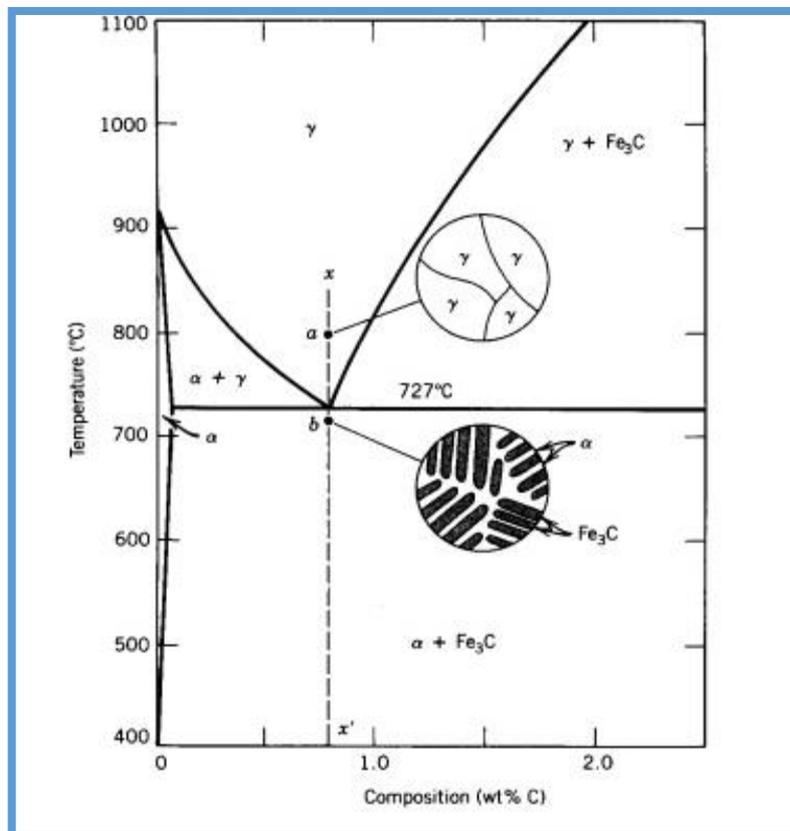
Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

En las probetas atacadas con ácidos se observa de un blanco brillante y aparece como cementita primaria en los aceros con más de 0.9% C, formando una red que envuelve los granos de perlita, formando parte de la perlita como láminas paralelas separadas por otras láminas de ferrita, se presenta en forma de glóbulos o granos dispersos en una matriz de ferrita.

1.5.4. Perlita

Es una aleación compuesta totalmente de la fase de la austenita, con un contenido de 0.76% en peso de carbono, como se observa en el gráfico 1.5, se forma a 800°C, en el punto *a* y desciende por la vertical *x - x'*. Se enfría lentamente a través de la temperatura eutectoíde (727 °C), en donde se forman simultáneamente durante la transformación isotérmica laminas alternadas de ferrita y cementita. Teniendo un espesor de 8 a 1, estas microestructuras se les denominan perlita porque tiene la apariencia de una madre perla al observarse microscópicamente a pocos aumentos.

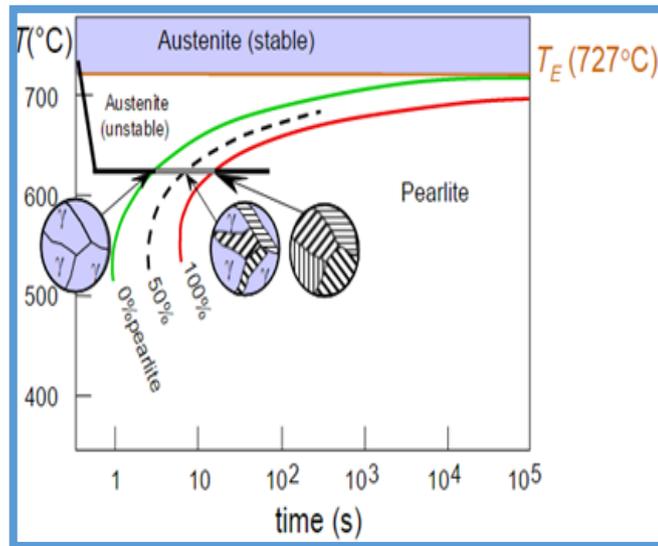
Gráfico 1. 5: DIAGRAMA DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA PERLITA



Fuente: NEWELL James, (Ciencia de materiales)

El espesor de estas láminas depende de la temperatura a la cual se realiza la transformación. Durante el cambio de fase a temperaturas inferiores de 727°C, las velocidades de difusión de los átomos de carbono son relativamente altas en distancias largas, ocasionando la formación de capas gruesas de ferrita y cementita, a ésta microestructura se llama perlita gruesa, como se muestra en el gráfico 1.6.

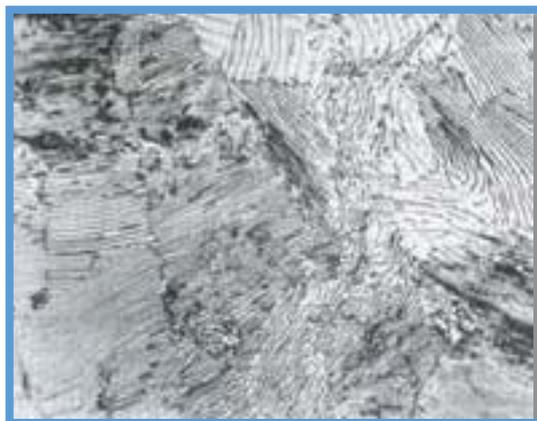
Gráfico 1. 6: DIAGRAMA DE TRANSFORMACIÓN AUSTENITA-PERLITA



Fuente: <http://slideplayer.com/slide/1507306/>

Al seguir disminuyendo la temperatura alrededor de los 540°C, también se disminuye la velocidad de difusión del carbono, y las láminas se hacen progresivamente más delgadas a éstas microestructuras se les denomina perlita fina.

Figura 1. 6: MICROESTRUCTURA DE LA PERLITA



Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

La formación laminar de ferrita y cementita, influyen en el comportamiento mecánico del material, debido a que la perlita fina es más resistente que la perlita gruesa, porque existe un alto grado de adherencia entre las dos fases. Como la fase mayoritaria es la ferrita, las propiedades estarán más próximas a ésta, tiene una dureza de 200 Brinell con una resistencia a la tracción de 80 kg/mm² y un alargamiento del 15 %.

1.5.5. Austenita

La austenita, o fase γ del hierro es el constituyente más denso de los aceros, formado por una solución sólida por inserción de carbono en hierro gamma, tiene una solubilidad máxima del 2,14% en peso de C, con una temperatura de 1.147°C siendo 100 veces mayor a la difusión máxima para la ferrita con una estructura cristalina BCC, ya que las posiciones intersticiales FCC son más grandes. La transformación de las fases que intervienen en la austenita es muy importante en el tratamiento térmico, ya que de allí se derivan otras fases mediante el enfriamiento lento, moderado o el temple rápido.

Tabla 1. 1: POSIBLE TRANSFORMACIÓN DE LA AUSTENITA

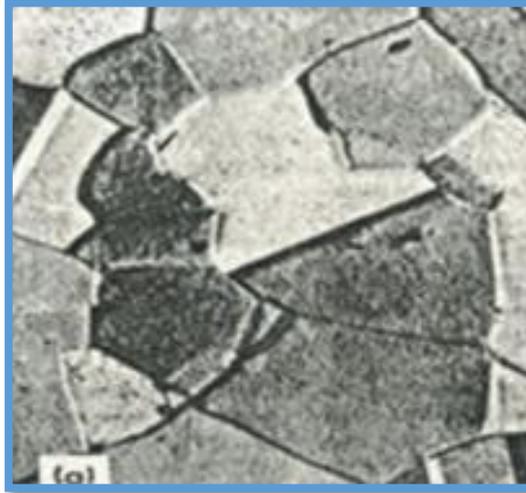
<i>FASES DERRIBADAS DE LA AUSTENITA</i>		
Enfriamiento lento	Enfriamiento moderado	Temple rápido
Perlita + una fase proeutectoide	Bainita	Martensita
		Recalentamiento
		Martensita revenida

Fuente: NEWELL James, (Ciencia de materiales)

Este microconstituyente no es estable a la temperatura ambiente pero existen algunos aceros de cromo-níquel denominado austenítico cuya estructura es austenita a temperatura ambiente.

La austenita está formada por cristales cúbicos centrados en las caras, con una dureza de 300 Brinell, una resistencia a la tracción de 100 kg/mm^2 y un alargamiento del 30 %, no es magnética.

Figura 1. 7: MICROESTRUCTURA DE LA AUSTENITA



Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

La austenita no puede atacarse con nital, se disuelve con agua regia en glicerina (solución ácida) apareciendo como granos poligonales frecuentemente maclados, puede aparecer junto con la martensita en los aceros templados.

1.5.6. Martensita

Es una estructura monofásica de no equilibrio, empieza con la transformación de la austenita, cuando la velocidad del temple es lo suficientemente rápida para evitar la difusión de carbono.

Para su explicación se considera como una aleación eutectoíde que se enfría rápidamente a temperaturas superiores de 727°C hasta 165°C , ocasionando que un gran número de átomos se muevan de modo cooperativo provocando un ligero desplazamiento de cada átomo con respecto a otro, de tal manera que la austenita experimente una transformación polimórfica a martensita, estos granos tienen una apariencia acicular con un ángulo de 60° como se indica en la figura 1.8.

Figura 1. 8: MICROESTRUCTURA DE LA MARTENSITA



Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

Los aceros templados suelen quedar demasiado duros y frágiles, motivo por el cual no se puede utilizar en la mayoría de aplicaciones de ingeniería ya que cualquier esfuerzo que se haya introducido durante el temple tiene un efecto debilitante, para lo cual al acero martensítico se le somete a otro tratamiento térmico conocido como el revenido, el cual se lo realiza a temperaturas entre 200 y 650°C por un tiempo determinado ocasionado la reducción de los esfuerzos internos, con este proceso se logra conseguir martensita revenida la que contiene partículas de cementita muy finas y uniformemente dispersa, impregnadas en una matriz de ferrita, este tipo de microestructura puede ser casi tan dura y resistente que la martensita, pero con una mayor ductilidad y una tenacidad mucho más elevada. Tiene una dureza de 50 a 68 Rc (Dureza Rockwell C), con una resistencia a la tracción de 170 a 250 kg/mm^2 y un alargamiento del 0.5 al 2.5 %.

1.5.7. Bainita

La bainita es el que se constituye producto de la transformación isotérmica de la austenita cuando la temperatura del baño de enfriamiento es de 250 a 500°C. Se diferencian dos tipos de estructuras, la bainita superior de aspecto arborescente formada de 500 a 580°C, compuesta por una matriz ferrítica conteniendo carburos y la bainita inferior, formada de 250 a 400°C tiene un aspecto acicular similar a la martensita y constituida por agujas alargadas de ferrita que contienen delgadas placas de carburos. La bainita tiene una dureza variable de 40 a 60 Rc comprendida

entre las correspondientes a la perlita y a la martensita, la cual se observa en la figura 1.9.

Figura 1. 9: MICROESTRUCTURA DE LA BAINITA



Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

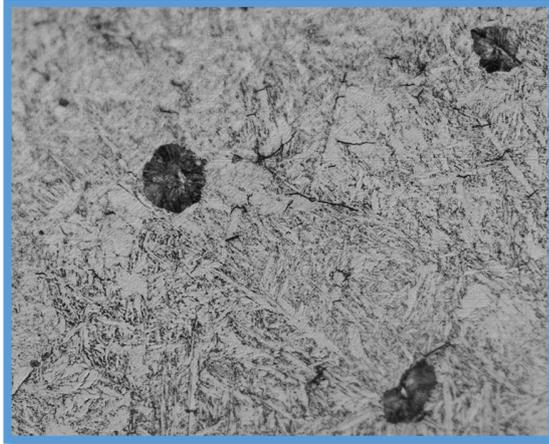
Los constituyentes que pueden presentarse en los aceros aleados son los mismos de los aceros al carbono, aunque la austenita puede ser único constituyente y además pueden aparecer otros carburos simples y dobles o complejos.

La determinación del tamaño de grano austenítico o ferrítico, puede hacerse por la norma ASTM (Association for Testing Materials) o por comparación de las microfotografías de la probeta a 100X, con las retículas patrón numeradas desde el 1 para el grano más grueso hasta el 8 para el grano más fino.

1.5.8. Troostita

Es un agregado muy fino de cementita y ferrita, se produce por un enfriamiento de la austenita con una velocidad de enfriamiento ligeramente inferior a la crítica de temple o por transformación isotérmica de la austenita en el rango de temperatura de 500 a 600°C, o por revenido a 400°C. Figura 1.10. Sus propiedades físicas son intermedias entre la martensita y la sorbita, tiene una dureza de 400 a 500 Brinell, una resistencia a la tracción de 140 a 175 kg/mm² y un alargamiento del 5 al 10%. Es un constituyente nodular oscuro con estructura radial apreciable a unos 1000X y aparece generalmente acompañando a la martensita y a la austenita.

Figura 1. 10: MICROESTRUCTURA DE LA TROOSTITA



Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

1.5.9. Sorbita

Es también un agregado fino de cementita y ferrita. Se obtiene por enfriamiento de la austenita con una velocidad de enfriamiento bastante inferior a la crítica de temple o por transformación isotérmica de la austenita en la zona de 600 a 650°C, o por revenido a la temperatura de 600°C. Su dureza es de 250 a 400 Brinell, su resistencia a la tracción es de 88 a 140 kg/mm^2 , con un alargamiento del 10 al 20%.

Con pocos aumentos aparece en forma muy difusa como manchas, pero con 1000X toma la forma de nódulos blancos muy finos sobre fondo oscuro, de hecho tanto la troostita como la sorbita pueden considerarse como perlita de grano muy fino.

Figura 1. 11: MICROESTRUCTURA DE LA SORBITA



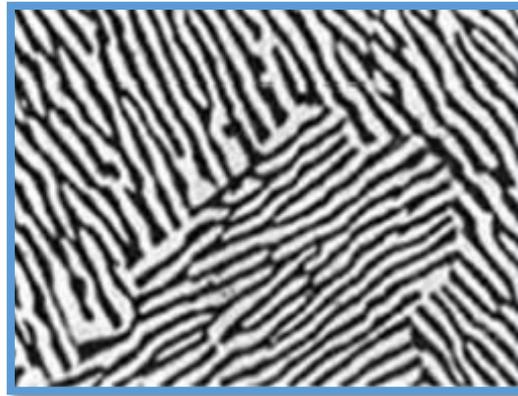
Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

1.5.10. Ledeburita

La ledeburita es una mezcla eutéctica de austenita y cementita, como se indica en la figura 1.12. La reacción eutéctica se presenta a temperatura constante al enfriar muy lentamente un líquido, obteniéndose entonces dos sólidos puros distintos, estos sólidos solidifican alternativamente, resultando una mezcla muy fina generalmente visible solo al microscopio. Es decir, la ledeburita se forma al enfriar la fundición líquida de 4,3% de carbono C, y se lleva a cabo a 1.130°C, siendo estable hasta 723°C, descomponiéndose a partir de esta temperatura en ferrita y cementita.

No es un constituyente de los aceros, sino de las fundiciones. Se encuentra normalmente, en las aleaciones Fe-C cuando el porcentaje de carbono en hierro aleado es superior al 25%. La ledeburita contiene el 52% de cementita, el 48 % de austenita y 1.76 % al 4.3 % de carbono. Su vista al microscopio es similar al de la perlita. Se emplea para designar una mezcla de componentes que pasan sin descomposición ni segregación del estado sólido al líquido. Se presenta en el área de las fundiciones en el rango de porcentajes de carbono de 2.14 % a 6.67 % en su peso.

Figura 1. 12: MICROESTRUCTURA DE LA LEDEBURITA



Fuente: ASM Metals Handbook. Vol 1

1.6. METALOGRAFÍA

Según **BERNAU R. L (1958)**, "La Metalografía estudia la estructura interna de los metales y de las aleaciones y relaciona esa estructura con las propiedades mecánicas." (Pág. 13).

Según la página web: www.cyti.com. Deduce que el análisis metalográfico es el estudio microscópico de las características estructurales de un metal o aleación. Es posible determinar el tamaño de grano, y el tamaño, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen efecto sobre las propiedades mecánicas del metal.

Metalografía o Microscopía, estudia las características estructurales de un metal o de una aleación relacionándolas con las propiedades físicas y mecánicas. Es posible determinar el tamaño de grano, forma y distribución de fases e inclusiones que tengan efecto sobre las propiedades del metal o aleación. La microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal, y bajo un conjunto de condiciones dadas, podrá predecir su comportamiento.

El éxito en el estudio microscópico depende mucho del cuidado que se tenga para preparar la muestra, el procedimiento que se sigue en la preparación de una muestra es completamente sencillo y requiere de una técnica desarrollada sólo después de la práctica constante. Para ello es necesario obtener una superficie plana y sin rayaduras, que no presenten alteraciones debidas a la extracción y/o preparación metalográfica. El microscopio más costoso no revelará la estructura de una muestra que haya sido preparada en forma deficiente.

1.6.1. Tamaño de grano

AVNER. Sydney H. (1988). Introducción a la metalurgia física. El tamaño de grano es una de las características que se obtienen en el metal de acuerdo con las partículas de fabricación de la microestructura. Tener un grano fino es el único camino para aumentar simultáneamente la resistencia mecánica y tenacidad. El tamaño de grano tiene considerable influencia en las propiedades mecánicas de los metales y aleaciones, por eso es de gran interés conocerlo. Así pues, podemos entender que la realización de los diferentes tratamientos térmicos tenga como principal objetivo obtener el tamaño de grano deseado.

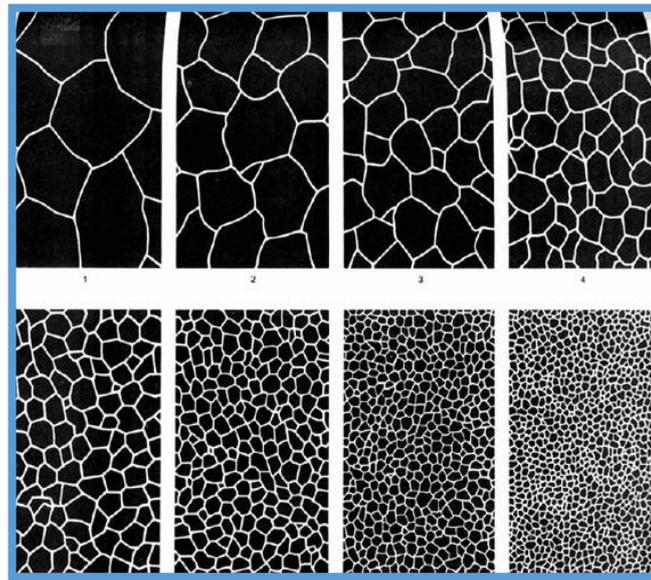
En un mismo acero puede producirse una gama amplia de tamaños de grano, por esa razón tiene un notable efecto en las propiedades mecánicas del metal, debido a que los crecimientos causados por los tratamientos térmicos son fácilmente predecibles. La temperatura, los elementos aleados y el tiempo de impregnación

térmica afectan el tamaño del grano. En los metales por lo general, es preferible un tamaño de grano pequeño que uno grande, debido a que tienen mayor resistencia a la tracción, mayor dureza y se distorsionan menos durante el temple, así como también son menos susceptibles al agrietamiento.

1.6.2. Clasificación de los tamaños de grano

Existen diversos métodos para determinar el tamaño de grano, uno de ellos se indica por medio de un número establecido por la norma ASTM E – 112, la cual relaciona el número de grano por mm^2 a 1x o por pulg^2 a 100x. Existen tamaños desde 1 hasta 10. En este caso, como se muestra en la figura 1.13, el tamaño de granos en cada pulgada cuadrada bajo un aumento de 100X. Es una carta que representa el tamaño real de los granos tal como aparece cuando se aumenta su tamaño. Un acero que se temple apropiadamente debe exhibir un grano fino.

Figura 1. 13: TAMAÑO DE GRANO CON AUMENTO DE 100X



Fuente: <http://www.monografias.com/>

1.6.3. Medición del tamaño de grano

Los principales para calcular el tamaño de grano por la ASTM son:

1. Método de comparación
2. Método de intercepción (o de Heyn)
3. Método planimétrico (o de Jeffries)

1.6.3.1. Método de comparación

La imagen de la microestructura proyectada a una ampliación de 100x, o una fotomicrografía de la estructura a igual ampliación, se compara contra una serie de patrones estándar clasificados, que cubren los diversos tamaños de grano. Mediante el método de prueba y error se encuentra un patrón que coincide con una muestra en estudio y entonces se designa el tamaño de grano del metal por el número correspondiente al número índice del patrón coincidente.

1.6.3.2. Método de intercepción

El tamaño de grano se estima contando por medio de una pantalla dividida de vidrio, o por fotomicrografía o sobre la propia muestra, el número de granos intersecados por una o más líneas rectas. Los granos tocados por el extremo de una línea se cuentan solo como medios granos. Las cuentas se hacen por lo menos en tres posiciones distintas para lograr un promedio razonable. La longitud de las líneas en milímetros, dividida entre el número promedio de granos intersecados por ella, da la longitud de intercepción promedio o diámetro de grano. El método de intercepción se recomienda especialmente para granos que no sean de ejes iguales.

1.6.3.3. Método planimétrico

Un círculo o un rectángulo de área conocida (generalmente de 5000mm^2) se inscriben en una fotomicrografía o en la pantalla dividida de vidrio del metalógrafo. Se debe escoger una ampliación tal que dé por lo menos 50 granos en el campo o área que va a contarse.

La suma de todos los granos incluidos dentro del área conocida más la mitad del número de granos intersecados por la circunferencia del área, da el número total o equivalente de granos enteros dentro del área. Si se conoce la ampliación de la muestra, se puede determinar el número de granos por milímetros cuadrados, multiplicando para ello el número equivalente de granos enteros por el factor de ampliación correspondiente. (Pág. 110, 111, 112, 113,114).

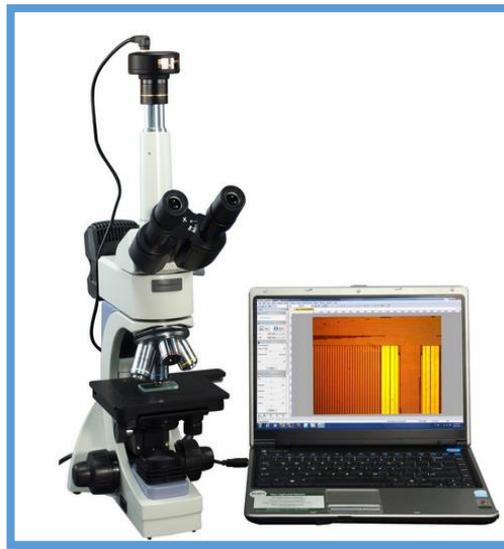
1.7. MICROSCOPIO

El microscopio es un instrumento que permiten ampliar la imagen de objetos, o de detalles de estos, que no se pueden ver a simple vista; consta de un sistema de lentes de gran aumento, el tipo más común y el primero que se inventó es el microscopio óptico, que contiene dos o más lentes que permiten obtener una imagen aumentada del objeto.

1.8. MICROSCOPIO METALOGRAFICO

GARAVITO. Julio (2011), "El microscopio metalográfico es la herramienta que permite ver de forma clara y magnificada las probetas destinadas para la práctica, el objeto actúa primero como condensador, para iluminar una porción de la superficie pulida, después como lente para formar una imagen de campo iluminada. Así, las oportunidades para las reflexiones son dobles en relación con un microscopio que utiliza luz transmitida." (Pág. 17).

Figura 1. 14: MICROSCOPIO METALOGRAFICO

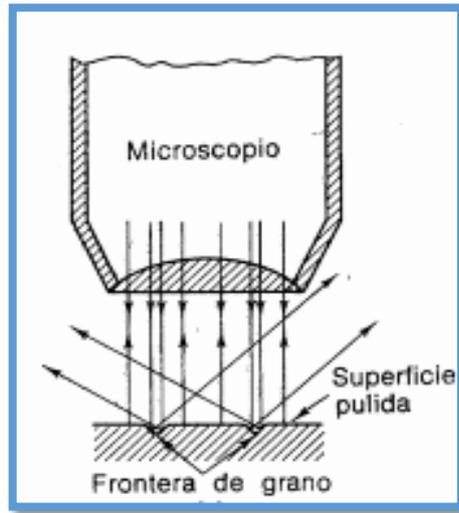


Fuente: <http://www.amazon.com>

Según la página web: <http://www.uam.es/> deduce que, este tipo de microscopio es de uso común para el control de calidad y producción en los procesos industriales. Con ellos, es posible realizar mediciones en los componentes mecánicos y electrónicos, permite además efectuar el control de superficie y el análisis óptico de los metales.

En comparación con uno biológico, el microscopio metalúrgico difiere en la manera en que la muestra es iluminada. Como una muestra metalográfica es opaca a la luz, la misma debe ser iluminada por luz reflejada.

Figura 1. 15: ILUSTRACIÓN DE LA FRONTERA DE GRANO

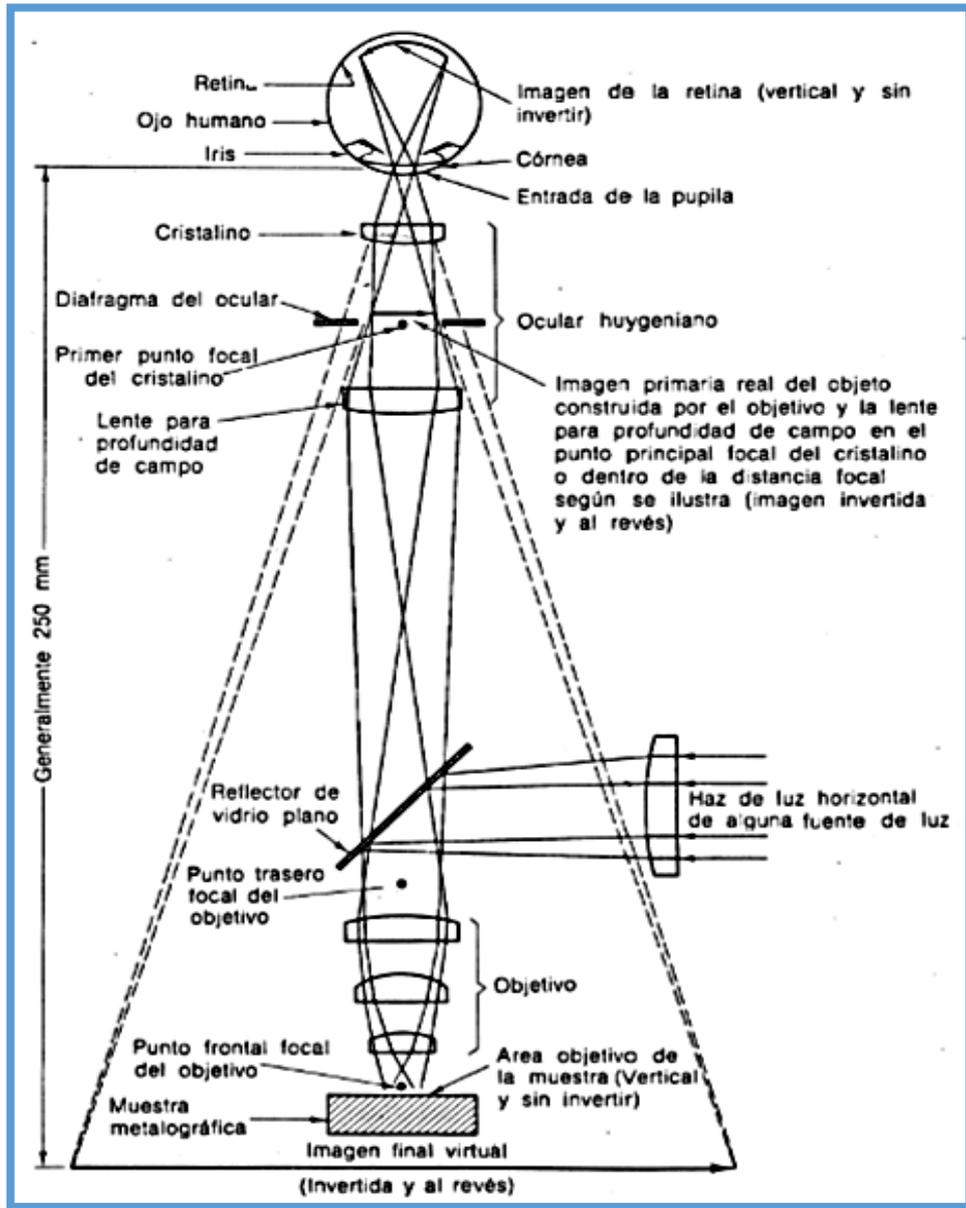


Fuente: SYDNEY H. Avner
(Introducción a la metalurgia física)

En la figura 1.15, un haz de luz horizontal de alguna fuente de luz es reflejado, por medio de un reflector de vidrio plano, hacia abajo a través del objetivo del microscopio sobre la superficie de la muestra. Un poco de esta luz incidente reflejada desde la superficie de la muestra se amplificará al pasar a través del sistema inferior de lentes, el objetivo, y continuará hacia arriba a través del reflector de vidrio plano; luego, una vez más lo amplificará el sistema superior de lentes, el ocular.

Cada objetivo posee un aumento propio característico, es decir, capacidad para dar una imagen un número determinado de veces mayor que el objeto. El poder para la amplificación inicial del objetivo y del ocular está generalmente grabado en la base del lente. Cuando se utiliza una combinación particular de objetivo y ocular y la longitud adecuada de tubo, la amplificación total es igual al producto de las amplificaciones del objetivo y del ocular.

Figura 1. 16: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN MICROSCOPIO METALOGRAFICO



Fuente: SYDNEY H. Avner (Introducción a la metalurgia física)

1.9. EXAMEN METALOGRAFICO

Según MORRAL. F, JIMERO. E y MOLERA. P (2004), "Deduce que el examen metalográfico, es el estudio de las características estructurales o de constitución de un metal o una aleación para relacionar esta con las propiedades físicas y mecánicas." (Pág. 604). Sin duda alguna, la parte más importante de la metalografía es el examen microscópico de una probeta, utilizando aumentos mediante el microscopio óptico que oscilan entre 100 y 2000 aumentos aproximadamente.

La importancia del examen metalográfico radica en que, es capaz de revelar la historia del tratamiento mecánico y térmico que ha sufrido el material, a través de este estudio se pueden determinar características estructurales, como el tamaño de grano, con toda claridad; se puede conocer el tamaño, forma y distribución de las fases que comprenden la aleación y de las inclusiones no metálicas, etc., que pueden modificar las propiedades mecánicas del metal, en general a partir de un examen metalográfico bien practicado es posible obtener un diagnóstico y un pronóstico.

El examen metalográfico puede realizarse antes de que la pieza sea destinada a un fin, a los efectos de prevenir inconvenientes durante su funcionamiento, o bien puede ser practicado sobre piezas que han fallado en su servicio, es decir, piezas que se han deformado, roto o gastado. En este caso la finalidad del examen es la determinación de la causa que produjo la anormalidad, básicamente el procedimiento que se realiza en un ensayo metalográfico incluye la extracción, preparación y ataque químico de la muestra, para terminar en la observación microscópica.

Si bien la fase más importante de la metalografía es la observación microscópica, la experiencia demuestra que poco se puede hacer si alguna de las operaciones previas se realiza deficientemente, si la etapa de preparación no se realiza cuidadosamente es posible que se obtenga una superficie poco representativa del metal y sus características.

A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los pasos previos a la observación en el microscopio, comenzando por la extracción de la muestra, siguiendo con las distintas fases de preparación de la misma y por último se describe el ataque químico a la muestra y la observación microscópica.

1.9.1. Preparación de muestras

Para **MORRAL. F, JIMERO. E y MOLERA. P (2004)**, Metalurgia general. La preparación de la probeta consiste, en general, en obtener primero una superficie plana y semipulida, realizando este desbaste con discos, terminando con un pulido fino y final sobre las lijas de diferente número. El final de la operación es la obtención de una superficie adecuada que es la requerida para, después, efectuar el

ataque y observar adecuadamente la estructura. Uno de los factores más esenciales que influyen sobre la técnica de la preparación de probetas es el cuidado con que se las maneja en todas las fases de operación. Las fases de preparación de la probeta metalográfica son las siguientes:

1. Desbaste
2. Pulido
3. Ataque químico

1.9.1.1. Desbaste

La finalidad del desbaste no es otra que la de preparar la superficie para el pulido, eliminando las capas distorsionadas, y obtener una superficie plana. El desbaste consta principalmente de tres etapas:

- Desbaste grueso o burdo
- Desbaste intermedio
- Desbaste final

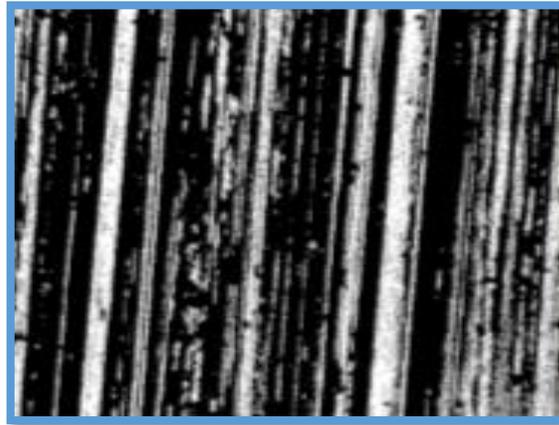
El área de desbaste cuenta con cuatro lijas de diferente tamaño de grano que son: 240, 320, 400 y 600. Cuando más grande es el número nominal de la lija más pequeña es el tamaño de grano, lo cual hace más fino el lijado y en cada etapa se reduce paulatinamente la superficie irregular. El lijado se hace en una sola dirección que va al avanzar la etapa, las direcciones son cuatro e idénticas a los puntos cardinales.

Desbaste grueso: La superficie que haya de observarse se debe de hacer primero plana mediante un desbaste grueso, esto se observa en la figura 1.17. Cuando el área es grande, se puede terminar en un tiempo muy corto si se le gira ligeramente mientras se desbasta.

Ni durante el desbaste grueso, ni durante los posteriores, intermedio y final, se debe aplicar la probeta contra el medio abrasivo con presión demasiado grande. La presión excesiva no solo produce rayas muy profundas, difíciles de eliminar después, sino que también distorsiona intensamente el metal de la superficie de la

probeta. Esta operación puede realizarse con lija de un tamaño de grano de 80 a 100 micras o bien en el caso de materiales no muy duros como son las fundiciones se puede hacer con lima, esto aumentara algo la distorsión que se produce en la superficie a causa de la fluencia del material.

Figura 1. 17: ASPECTO DE LA SUPERFICIE OBTENIDA LUEGO DE UN DESBASTE GRUESO (aumento 100x)



Fuente: SYDNEY H. A. (Introducción a la metalurgia física)

Desbaste intermedio: El papel de lija se coloca sobre una placa o sobre cualquier superficie bien plana y limpia. La probeta se mueve longitudinalmente de un lado a otro del papel comprimiéndola con una presión suave; la dirección del movimiento se mantiene constante, para que todas las rayas producidas sean paralelas y para poder reconocerlo fácilmente se opera en forma que las nuevas rayas sean perpendiculares a las anteriores; así es más fácil ver cuándo estas nuevas rayas sustituyen totalmente a las anteriores más gruesas.

Se prepara la superficie que será objeto de estudio con la ayuda de lijas que pueden ir desde 100, hasta 320. Para desbastar muchas probetas de aleaciones tratadas térmicamente, es necesario utilizar lubricantes adecuados.

Para este se han puesto muchos líquidos, tales como aceite, gasolina, jabones líquidos, glicerina, mezclas de glicerina y agua. Estos lubricantes evitan la modificación estructural superficial de las tratadas térmicamente, al actuar como refrigerantes, mejorando los resultados que se obtendrían desbastándose en seco.

Desbaste final: Este proceso se efectúa utilizando granos cada vez más finos de lija. Se utilizan papeles de grano 320 en adelante. La lija se sostiene sobre una superficie plana y dura, que puede ser acero o vidrio, y la muestra se pasa sobre el papel de lija SIN seguir un movimiento rotatorio. Cuando se termina de esmerilar con un papel de lija, las marcas deben estar todas en la misma dirección.

Para proseguir con la siguiente lija más fina, deben lavarse la muestra como las manos del operario. La muestra debe desplazarse en forma tal que las rayas hechas por las distintas lijas formen ángulos rectos con el anterior. Así, puede verse con claridad si se han eliminado las rayas más gruesas que se hicieron en la operación anterior. El desbaste se da por terminado cuando se obtiene una cara perfectamente plana, con rayas muy finas en toda la superficie, producidas en un solo sentido, por el papel de lija de mayor finura. Cuando más blando es el material, mayor es la finura del grano del papel de lija utilizado.

Terminado el desbaste fino, debe procederse a un prolijo lavado de la muestra y de las manos del operador, para evitar contaminar el paño durante la operación del pulido.

Hojas de lija: Lijar significa alisar, pulir, abrillantar o limpiar algo mediante el frotamiento con un objeto abrasivo, generalmente una lija. El lijado es una tarea fundamental en cualquier trabajo de acabado. Las hojas de lija son generalmente de papel y en algunos casos de tela, siendo mejores estas últimas en aplicaciones donde necesitemos máxima flexibilidad.

Lija de óxido de aluminio con respaldo flexible que hace más consistente el lijado, disponible en 14 granos distintos para obtener un mejor acabado y proceso de lijado. Recomendado para lijar en húmedo y en seco. Según el número de grano de lija para el desbaste de las probetas se puede hacer mediante la tabla 1.2 que se presenta a continuación:

Tabla 1. 2: TIPOS DE LIJAS

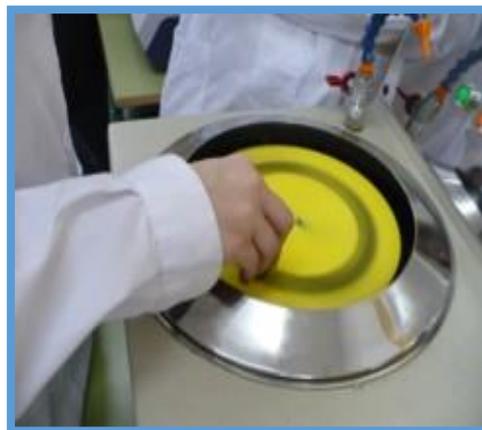
GRANO	TIPO DE LIJA
De 50	muy gruesa
De 80 a 100	Gruesa
De 120 a 320	Media
De 320 a 400	Fina
De 600 a 1200	muy fina

Elaborado por: Grupo investigador

1.9.1.2. Pulido

Se procede a realizar el pulido solo después de lavar con mucho cuidado tanto las manos como la muestra a fin de evitar cualquier contaminación en el plato de pulido. Según el metal o aleación que se pule, se emplea en la mayoría de las probetas metalográficas un abrasivo como la alúmina, da un resultado magnífico y se reconoce por todos como el abrasivo de empleo más universal en el pulido final.

Figura 1. 18: PULIDO MEDIANTE DISCOS DE FIELTRO



Fuente: <http://www.cuadernodelaboratorio.es/>

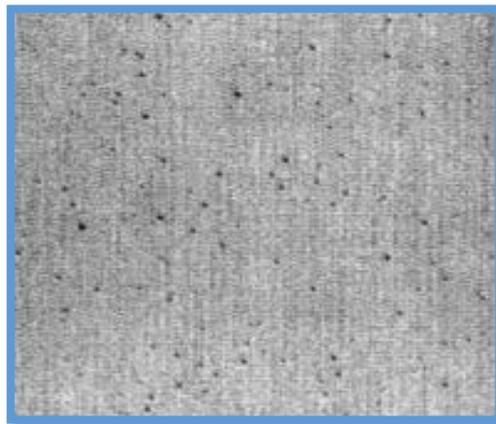
Al principio, la muestra se sostiene en una posición sobre la rueda, sin girar la muestra hasta que se hayan eliminado la mayoría de las rayas anteriores producidas en el desbaste. Luego puede hacerse girar con lentitud en sentido contrario al de

rotación de la rueda, hasta que solo puedan verse las marcas de alúmina. La rotación de la muestra reduce a un mínimo el peligro de formación de ranuras. Figura. 1.19. Los puntos oscuros son inclusiones no metálicas.

La muestra se hace girar con lentitud en sentido contrario al de giro de la rueda tendiendo a obtener una superficie a estudiar. Si los pasos descritos se realizan debidamente, este pulido no debe requerir más de dos minutos. Los resultados del pulido pueden mejorarse si esta última etapa de pulido se realiza sobre la rueda girando a baja velocidad.

La probeta pulida puede atacarse inmediatamente después o se puede guardar para usar más tarde y examinarla sin ataque. En cualquier caso, la superficie de la probeta debe protegerse de la oxidación y otros efectos perjudiciales atmosféricos.

Figura 1. 19: SUPERFICIE DEL PULIDO FINAL



Fuente: SYDNEY H. Avner
(Introducción a la metalurgia física)

1.9.1.3. Ataque químico

El propósito del ataque químico es hacer visible las características estructurales del metal o aleación.

Existen diversos métodos de ataque; pero el más utilizado es el ataque químico. El ataque químico puede hacerse sumergiendo la muestra en un reactivo adecuado, o pasar sobre la cara pulida un algodón embebido en dicho reactivo. Luego se lava la

probeta con agua, se enjuaga con alcohol o éter y se seca en corriente de aire. El fundamento se basa en que el constituyente metalográfico de mayor velocidad de reacción se ataca más rápido y se verá más oscuro al microscopio, y el menos atacable permanecerá más brillante, reflejará más luz y se verá más brillante en el microscopio.

El ataque químico pondrá de manifiesto la estructura del metal ya que atacará los bordes de los granos y afectará de manera diferente a las distintas fases presentes en el metal. Para cada metal y aleación se utiliza un reactivo de ataque diferente. En el caso del acero el más utilizado es el NITAL, que se prepara disolviendo ácido nítrico en etanol. Cuando el acero es inoxidable se suele realizar un ataque electroquímico.

1.9.1.4. Parámetros de preparación

- **Superficie:** de los discos abrasivos, de esmerilado y paños de pulido.
- **Abrasivos:** El abrasivo debe tener entre 2,5 a 3 veces mayor dureza que el material a trabajar. La cantidad y dosificación del abrasivo depende de la superficie de la pieza a trabajar.
- **Tamaño del grano del abrasivo:** Debe elegirse al inicio del esmerilado el tamaño de grano más pequeño posible y escalonar en la menor etapas sucesivas los otros tamaños, de manera de lograr el pulido en el menor tiempo posible.
- **Lubricante:** líquido utilizado para la refrigeración y lubricación. Dependen del material a utilizar. En general materiales blandos requieren de mucha lubricación y poco abrasivo y a la inversa.
- **Velocidad de rotación:** en caso de hacerse en forma mecánica, para el esmerilado grueso se utiliza una velocidad elevada para una eliminación rápida. Para el esmerilado fino, pulido con diamante y con óxido, se utilizan velocidades más bajas.
- **Fuerza:** Si la fuerza de rozamiento fuera elevada, daría origen a un aumento de la temperatura.

- **Tiempo:** debe ser el menor posible para evitar defectos como relieves o redondeo de bordes. El tiempo se ajusta en función del tamaño de las muestras.

Tabla 1. 3: REACTIVOS PARA EL ATAQUE QUÍMICO

REACTIVOS PARA EL ATAQUE QUÍMICO			
Reactivo de ataque	Composición		Usos
Ácido Nítrico (Nital)	Ácido Nítrico	5cc	Aceros y hierros
	Alcohol etílico	95cc	
Ácido Pírico (Picral)	Ácido pícrico	4g	Aceros de baja aleación
	Alcohol etílico	100ml	
Cloruro férrico y ácido hidroc্লórico	Cloruro férrico	5gm	Aceros asuteníticos al níquel y aceros inoxidables
	Ácido hidroc্লórico	50ml	
	Agua	100ml	
Persulfato de amonio	Persulfato de amonio	10gm	Cobre, latón, bronce, aluminio, níquel, plata
	Agua	90ml	
Ácido hidrofлуórico	Ácido hidrofлуórico	0.5ml	Aluminio y sus aleaciones
	Agua	99.5ml	

Elaborado por: Grupo investigador

El tiempo estimado del ataque químico parte desde pocos segundos hasta 1 minuto, para todos los aceros al carbono y de baja aleación.

1.9.2. Abrasivos para el pulido metalográfico

Físicamente, un abrasivo metalográfico ideal debe de poseer una dureza relativamente alta; la forma externa de las partículas debe ser tal que presenten numerosas y agudas aristas y vértices cortantes; las partículas, si se rompen durante su uso, deben hacerlo en forma de que se produzcan nuevas aristas y vértices cortantes; por último, la naturaleza del abrasivo debe de ser adecuada para permitir

una buena clasificación de las partículas por tamaños mediante levigación, después de que se haya realizado una buena pulverización.

1.9.2.1. Polvo de diamante

El abrasivo que más se aproxima al ideal es el polvo de diamante no adulterado y bien clasificado. Se ha empleado mucho en el pasado para preparar probetas de aleaciones muy duras, tales como carburos sinterizados de wolframio o boro.

1.9.2.2. Alúndum

Se emplea para el pulido intermedio o preliminar de las probetas metalográficas, en aquellos casos en que tal operación se realiza, se emplea como abrasivo el alúndum (óxido de aluminio fundido) y a veces el carburo de silicio, todos en un grado de finura de 500 a 600 mallas. Se emplean en forma de suspensión acuosa, que se añade al paño que recubre al disco de la pulidora.

1.9.2.3. Óxido de magnesio

Es el abrasivo que suele recomendarse para el pulido final de los metales blandos, tales como el aluminio, magnesio y otros, o para sustituir a la alúmina en el pulido de las fundiciones y otros materiales relativamente duros. La técnica adecuada para el empleo del óxido de magnesio en el pulido final consiste en poner una pequeña cantidad de polvo fresco y seco sobre el paño de pulir colocado en el disco de la pulidora; añadir agua destilada en cantidad suficiente para formar una pasta clara, y luego trabajar esta pasta con la yema de los dedos, extendiéndola y embebiéndola en las fibras del paño. Después de esta carga, y durante el pulido posterior, se mantiene húmedo el paño por adición de agua destilada.

1.9.2.4. Alúmina

La alúmina es el abrasivo más satisfactorio y universal desde el punto de vista metalográfico, existe en tres formas cristalográficas distintas: alfa, beta y gamma de ellas, la alfa y la gamma son las más empleadas como abrasivos. La alúmina ideal para el pulido metalográfica se puede preparar de la siguiente manera: se parte de hidróxido de aluminio, que se convierte en alúmina calentando, durante 2 horas y a una temperatura de 925 a 1100°C, una capa de polvo de unos 50mm de altura. (Pág. 697, 698, 699).

1.10. OBSERVACIÓN METALGRÁFICA

Según la página web: <http://materias.fi.uba.ar/> menciona que el examen estructural de los materiales y aleaciones por vía microscópica es una de las armas principales que posee el metalurgista, ya sea en investigación científica como en el control de la calidad de los materiales, teniendo en cuenta la conocida relación estructura – propiedades.

La metalografía consiste en el estudio de la constitución de las estructuras de los metales y las aleaciones. La forma más sencilla de hacer dicho estudio es examinando la superficie metálica a simple vista, pudiendo determinar de esta forma las características.

Finalmente, las muestras se llevan a un microscopio óptico y se observan a diferentes aumentos. Si el interés es observar la microestructura en forma macro, se puede observar a 50X o 100X, pero si se quieren observaciones con mayor detalle, se pueden usar desde 200 hasta 2000X en un microscopio óptico y hasta 100000X y más en microscopios electrónicos de barrido y de transmisión.

CAPITULO II

2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se destacó el entorno del lugar de la investigación y los aspectos relativos a la metodología que se utilizó en el proyecto. Se estableció todo lo referente al tipo de investigación empleada, los métodos utilizados y las técnicas e instrumentos que permitieron recolectar datos, por último, se indican los resultados obtenidos.

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN

Universidad Técnica de Cotopaxi, asentada en la parroquia Eloy Alfaro, sector San Felipe de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, fue creada el 24 de enero de 1995, para satisfacer la demanda de Educación Superior de la zona centro del país y cubrir las expectativas de la juventud estudiosa de nuestra provincia. Actualmente se encuentra formando profesionales en distintas Unidades académicas como: CIYA, CEYPSA y HUMANÍSTICAS.

El futuro profesional tiene conocimientos científicos- técnicos y humanísticos para desarrollar los procesos didácticos, innovaciones curriculares y de gestión con un comportamiento ético, centrado en el interés a través de la investigación, la creatividad e innovación, lo cual contribuye en la generación de propuestas para el desarrollo del sistema educativo y la sociedad ecuatoriana. Contribuye con una acción transformadora en la lucha por alcanzar una sociedad más justa, equitativa y solidaria para que el centro de atención del estado sea el ser humano.

2.1.1. Aspectos históricos de la carrera de Ingeniería Electromecánica

La Universidad Técnica de Cotopaxi, tuvo sus raíces en el año de 1992, como extensión universitaria cuyo aval fue proporcionado por la Universidad Técnica del

Norte, siendo en enero de 1995, cuando mediante autorización del congreso y publicada en el Suplemento Nro. 618 de Registro Oficial del 24 de enero de 1995, mediante la cual se crea la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Desde la creación de la universidad ha existido la vinculación con los problemas sociales de la comunidad y el desarrollo técnico de la provincia dentro del ámbito cultural, agrario, científico, etc.

Parte de este desarrollo está el de incorporar a las industrias locales y nacionales profesionales técnicos de carácter científico, social y humanístico, es así que el 22 de julio de 2003 mediante Resolución del Honorable Consejo Universitario en sesión ordinaria crea para el período septiembre 2003 / febrero 2004 la apertura de la Especialidad de Ingeniería Electromecánica y otras, para cubrir las necesidades industriales.

La Ingeniería Electromecánica es una rama que nace con las expectativas del mundo contemporáneo para que el profesional aplique sus conocimientos en las áreas de ciencias exactas, eléctrica, electrónica y mecánica con alto grado de compromiso social. Bajo este modelo de estudios incorpora egresados al término de diez ciclos de duración de la Carrera. Profesionales activos que han demostrado capacidad técnica y social a nivel industrial, es por ello por lo que la actualidad ocupan puestos operativos de mando, control y desarrollo de empresas públicas y privadas.

2.1.1.1. Misión

La Carrera de Ingeniería Electromecánica, forma profesionales con un alto nivel técnico – humanista, capaces de diseñar, construir, implementar y mantener máquinas y sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos. Para satisfacer las demandas de desarrollo productivo de la medianas y grandes industrias del país, a través de una formación académica de calidad.

2.1.1.2. Visión

En 2015 seremos una Carrera acreditada y líder a nivel nacional, con excelencia académica y formación integral con profesionales críticos solidarios y

comprometidos con el cambio social; dotado de infraestructura física acorde con el avance científico tecnológico, capaz de dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales del país, en un marco de cooperación nacional e internacional.

2.1.1.3. Objetivo de la carrera de Ingeniería Electromecánica

Formar profesionales en el área electromecánica, a través del diseño, construcción, operación, mantenimiento de máquinas, sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos, para dar solución a las demandas productivas, industriales y sociales.

2.2. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para ejecutar el desarrollo de este proyecto de tesis se utilizaron los siguientes métodos.

a) Método Descriptivo

Según **PEREA QUESADA. R (2004)**, "Menciona que este método intenta una observación sistemática, estudiando la realidad tal y como se desarrolla. Describe, analiza, registra e interpreta las condiciones que se dan en una situación y momento determinado." (Pág. 51).

El objetivo que se persigue en este estudio, es la preparación de muestras mediante el uso de un banco metalográfico para desbaste, pulido, ataque químico y análisis de metales en el laboratorio, para lo cual se requiere observar las microestructuras de los distintos aceros o aleaciones; ya que es la base principal para poder demostrar el estudio.

b) Método Inductivo

Según **RODRÍGUEZ. Miguel (2005)**, "Afirma que es un proceso en el que, a partir de casos particulares, se obtienen conclusiones o leyes universales que explica o relacionan los fenómenos estudiados." (Pág. 29).

Este método se utilizará para seleccionar los elementos y partes que conformarán el banco metalográfico; teniendo en cuenta que este método se enfoca desde las partes hasta un todo, además se utilizará para realizar un análisis del tiempo de ataque químico que será sometido a la muestra, método que permite la formulación de la hipótesis para la investigación.

c) Método Deductivo

Según **BERNAL TORRES. C (2006)**, "Señala que es un método de razonamiento que consiste en tomar conclusiones generales para explicaciones particulares. Iniciando con el análisis de postulados, teoremas, leyes, principios, etc., de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares." (Pág. 56).

El método deductivo ayudará a realizar un análisis del banco metalográfico ensamblado y desencadenar las partes que la conforman para el tratamiento de la muestra y dar un concepto que cumpla las variables, brindando así un criterio sobre la selección de materiales y metalografía.

2.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

a) Investigación descriptiva

MORENO BAYARDO. María (2006), "Afirma que, en esta investigación se pretende recabar e interpretar información acerca de la forma en que los fenómenos en estudio estén ocurriendo, sin que el investigador haya intervenido o evite la intervención de algunas variables." (Pág. 44).

Mediante este tipo de investigación, que utiliza el método de análisis, se logra una investigación amplia y clara para posteriormente aplicarla mediante la práctica experimental.

b) Investigación de campo

Para **MORENO B. María (2006)**, "Señala que, este tipo de investigación reúne la información necesaria recurriendo fundamentalmente al contacto directo con los hechos o fenómenos que se encuentren en estudio." (Pág. 42).

Este tipo de investigación se apoya en el mismo tema de estudio que sirve como fuente de información para el investigador, consiste en la observación directa, cuantitativa y real del comportamiento del tema para el análisis de metales, de los eventos operacionales en los que ocurren ciertos fenómenos.

c) Investigación exploratoria

Según **LLOPIG GOIG. Ramón (2004)**, "Afirma que, la investigación exploratoria es aquella en la que se intenta obtener una familiarización con un tema del que se tiene un conocimiento general, para plantear posteriores investigaciones u obtener hipótesis." (Pág. 40).

La investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimiento.

2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Las técnicas constituyen el conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga.

Los procedimientos e instrumentos que se utilizarán para acceder a la información son la encuesta, entrevista y el cuestionario.

2.4.1. Encuesta

Para **ROJAS SORIANO. Raúl (2006)**, " Las encuestas son una técnica que consiste en recopilar información sobre una parte de la población denominada muestra, por ejemplo datos generales, opiniones, sugerencias o respuestas que se proporcionen a preguntas formuladas sobre los diversos indicadores que se pretenden explorar." (Pág. 221).

Es una técnica que se utiliza para recolectar datos mediante la aplicación de un cuestionario a una muestra de individuos. Mediante ella se puede conocer las opiniones, las actitudes y comportamientos mediante una serie de preguntas sobre uno o varios temas.

2.4.2. Entrevista

Según **HEINEMANN. Klaus (2003)**, "Menciona que, es una técnica que consiste en conseguir mediante preguntas formuladas en el contexto de la investigación, que las personas objeto de estudio emitan informaciones que sean útiles para resolver la pregunta central de la investigación." (Pág. 97).

La entrevista permitirá obtener información mediante una conversación sobre un tema determinado de acuerdo con ciertos esquemas o pautas mediante un sistema de preguntas.

2.4.3. Cuestionario

Para **ILDEFONSO G. Esteban y ABASCAL F. Elena (2009)**, "El cuestionario es un conjunto articulado y coherente de preguntas para obtener la información necesaria para poder realizar la investigación que la requiere." (Pág. 189).

Es un instrumento de investigación que contiene una serie de preguntas con el propósito de obtener información, y facilita la encuesta, este debe contener un encabezado y las respectivas instrucciones; también es importante recalcar que el cuestionario debe tener preguntas introductorias, preguntas de contenido y preguntas de control.

Los cuestionarios pueden tener los siguientes tipos de preguntas:

- Abiertas
- Cerradas
- Mixtas

2.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población actual a la que se realizó las encuestas del presente proyecto está constituido por ingenieros mecánicos y electromecánicos de la Universidad Técnica

de Cotopaxi, Escuela Politécnica del Ejército y la Universidad Técnica de Ambato, durante el año 2015.

En vista de que la población a investigar es mínima, no es necesario calcular la muestra, es decir, se considerará la población en su totalidad.

Tabla 2. 1: POBLACIÓN Y MUESTRA

APLICACIÓN DE ENCUESTAS	MUESTRA
Ingenieros de la UTC	10
Ingenieros de la ESPE	6
Ingenieros de la UTA	4
TOTAL	20

Elaborado por: Grupo investigador.

2.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Para realizar la tabulación e interpretación de resultados se tomó los datos obtenidos en las encuestas realizadas a los ingenieros mecánicos y electromecánicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Escuela Politécnica del Ejército y Universidad Técnica de Ambato, durante el año 2015, tomando en cuenta el criterio profesional de cada uno, la información recolectada permitió dar la debida solución al problema planteado que se tenía en el laboratorio de materiales, donde se obtuvo los resultados que se detallan en el siguiente análisis.

2.6.1. Encuesta

Las encuestas aplicadas a la población de este proyecto, contienen un cuestionario de preguntas cerradas.

Ver ANEXO 1.

2.6.2. Resultados obtenidos de las encuestas aplicadas.

1.- ¿Considera usted que la metalografía es importante para el diseño y construcción de máquinas a nivel industrial?

Tabla 2. 2: Porcentaje de la Pregunta 1

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	19	95%
NO	1	5%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 1: Representación Gráfica Pregunta 1



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

Como se observa en el gráfico 2.1, el 95 % de los profesionales encuestados considera que es importante la metalografía para el diseño y construcción de máquinas y el 5 % restante opinó que no es de mucha importancia.

Interpretación

Estos datos indican que es importante tener conocimientos sobre la metalografía, ya que es una ciencia que estudia el comportamiento microestructural de los metales y de esa manera predecir su comportamiento frente a esfuerzos y cargas.

2. ¿Está usted de acuerdo que en el laboratorio de resistencia de materiales de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se realicen exámenes metalográficos?

Tabla 2. 3: Porcentaje de la Pregunta 2

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	20	100%
NO	0	0%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 2: Representación Gráfica Pregunta 2



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

El 100 % de los profesionales encuestados están de acuerdo que se realicen exámenes metalográficos en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Interpretación

Esto enseña que para tener una buena formación académica, es importante saber combinar la práctica con la teoría, ya que esto ayuda a la adquirir conocimientos en función de la experiencia y esto únicamente se puede lograr con la práctica en los laboratorios.

3.- ¿Conoce usted los procedimientos y técnicas que se realizan antes de ejecutar un examen metalográfico?

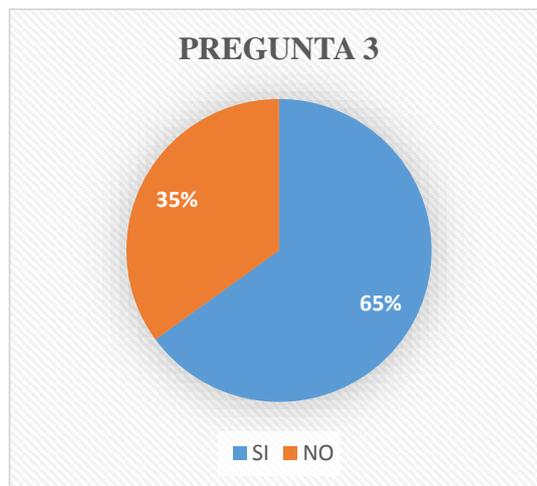
Tabla 2. 4: Porcentaje de la Pregunta 3

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	13	65%
NO	7	35%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 3: Representación Gráfica Pregunta 3



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

Como se puede observar en la gráfica 2,3 el 65 % de los encuestados conocen los procedimientos y técnicas que se efectúan para realizar un examen metalográfico, mientras que el 35 % desconoce del tema.

Interpretación

Las personas que poseen mayor conocimiento sobre la preparación de muestras metalográficas son los ingenieros mecánicos.

4.- ¿Conoce usted las características que debe tener un microscopio para realizar un examen metalográfico?

Tabla 2. 5: Porcentaje de la Pregunta 4

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	11	55%
NO	9	45%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 4: Representación Gráfica Pregunta 4



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

De los profesionales encuestados el 55 % conoce las características que debe tener un microscopio metalográfico mientras que el 45 % desconoce por completo.

Interpretación

De los datos obtenidos en las encuestas todos los ingenieros mecánicos y algunos electromecánicos tienen conocimiento sobre un microscopio metalográfico.

5.- ¿Considera usted importante que los estudiantes, conozcan y analicen las transformaciones que sufren los aceros en su microestructura al realizar un tratamiento térmico, de forma práctica?

Tabla 2. 6: Porcentaje de la Pregunta 5

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	20	100%
NO	0	0%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 5: Representación Gráfica Pregunta 5



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

Como se observa en la gráfica 2.5 el 100 % de las personas encuestadas consideran importante que los estudiantes reconozcan y analicen las transformaciones que sufren los aceros en su microestructura al ser sometidos a un tratamiento térmico.

Interpretación

Todos los expertos que están relacionados con el tema consideran que es de mucho interés conocer las microestructuras de un metal en especial del acero ya que es uno de los materiales de mayor uso en el campo de la ingeniería.

6.- ¿Cree usted importante estudiar los cambios que sufre las aleaciones del acero en el diagrama hierro- carbono?

Tabla 2. 7: Porcentaje de la Pregunta 6

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	18	90%
NO	2	10%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 6: Representación Gráfica Pregunta 6



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

En la gráfica 2.6 se observa que el 90 % de los encuestados consideran importante estudiar las aleaciones del acero en el diagrama hierro carbono y un 10 % opina que no es muy necesario.

Interpretación

De los datos obtenidos en las encuestas, la mayoría está de acuerdo que es un tema de mucho interés, ya que, de las aleaciones de hierro-carbono se pueden tener diferentes clases de microestructura con diferentes fases y tamaños de grano.

7.- ¿Considera necesario saber diferenciar las microestructuras de un acero de bajo carbono que ha sufrido un tratamiento térmico, con otro que no ha sido sometido a ningún tratamiento térmico?

Tabla 2. 8: Porcentaje de la Pregunta 7

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	19	95%
NO	1	5%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 7: Representación Gráfica Pregunta 7



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

El 95 % de los encuestados considera necesario que los estudiantes puedan diferenciar las microestructuras de un acero, con respecto a otro, que ha sufrido un tratamiento térmico; mientras que el 5 % consideran que no es necesario.

Interpretación

De los datos obtenidos se demuestra que la mayoría de los encuestados consideran que es necesario saber identificar y diferenciar los tratamientos térmicos que ha sufrido un acero, mediante el análisis de su microestructura.

8.- ¿Cree usted que es necesario saber seleccionar materiales para el diseño y construcción de máquinas y elementos mecánicos?

Tabla 2. 9: Porcentaje de la Pregunta 8

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	20	100%
NO	0	0%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 8: Representación Gráfica Pregunta 8



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

El 100 % de los encuestados responde que es importante saber seleccionar materiales para el diseño y construcción de máquinas y elementos mecánicos.

Interpretación

Según los datos obtenidos en la gráfica 2.8 se observa que todos los profesionales consideran necesario saber seleccionar los materiales y elementos adecuados, debido a que cada parte de una maquina o estructura está sometida a diferentes esfuerzos y cargas.

9.- ¿Cree usted que es importante relacionar las microestructuras de un metal o aleación con sus propiedades físicas o mecánicas?

Tabla 2. 10: Porcentaje de la Pregunta 9

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	17	85%
NO	3	15%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 9: Representación Gráfica Pregunta 9



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

De los sujetos encuestados el 85 % considera que es importante relacionar la microestructura de un metal con sus propiedades físicas mecánicas, mientras que el 15 % restante opina que no es muy importante.

Interpretación

La mayoría de expertos, considero que las propiedades físicas mecánicas de un metal como son la dureza, fragilidad, etc., de un elemento mecánico está íntimamente relacionada con su microestructura.

10.- ¿Está usted de acuerdo que se construya un banco metalográfico para la preparación de muestras y exámenes metalográficos en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica?

Tabla 2. 11: Porcentaje de la Pregunta 10

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	20	100%
NO	0	0%
TOTAL	20	100%

Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Gráfico 2. 10: Representación Gráfica Pregunta 10



Fuente: Aplicación de encuestas a los ingenieros

Elaborado por: Grupo investigador

Análisis

Como se muestra en la gráfica 2.10 el 100 % de los profesionales encuestados están de acuerdo que se construya un banco metalográfico para la preparación de muestra y exámenes metalográficos.

Interpretación

Esto ratifica la importancia y la necesidad que se tiene en la Universidad Técnica de Cotopaxi, de contar con un banco metalográfico para conocer y estudiar las características microestructurales que poseen los metales, en especial del acero y sus aleaciones.

2.7. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.7.1. Hipótesis

Mediante el diseño y construcción de un banco metalográfico permitirá la observación y el reconocimiento de las microestructuras de los distintos materiales y sus aleaciones en la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.7.1.1. Variable independiente

Diseño y construcción de un banco metalográfico.

2.7.1.2. Variable dependiente

Observar y reconocer la microestructura de distintos materiales y aleaciones.

2.7.2. Planteo de Hipótesis

- *Hipótesis alternativa*

Al diseñar y construir un banco metalográfico para la observación y el reconocimiento de las microestructuras de los distintos materiales y sus aleaciones, se aportará al laboratorio de resistencia de materiales de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

- *Hipótesis nula*

No es necesaria el diseño y construcción de un banco metalográfico para la observación y el reconocimiento de las microestructuras de los distintos materiales y sus aleaciones, en el laboratorio de resistencia de materiales de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 2. 12: TABLA DE FRECUENCIAS

Preguntas	SI	NO	Total
1	19	1	20
2	20	0	20
3	13	7	20
4	11	9	20
5	20	0	20
6	18	2	20
7	19	1	20
8	20	0	20
9	17	3	20
10	20	0	20
Total	177	23	200

Elaborado por: Grupo Investigador.

Con la siguiente fórmula se encuentra la frecuencia esperada tanto del SÍ como del NO:

$$Fe = \frac{Tf \times Tc}{Tg}$$

Donde:

- *Fe*: frecuencia esperada
- *Tf*: encuestados frecuencia (SÍ o NO)
- *Tc*: total encuestados
- *Tg*: total de las preguntas

Calculo del SI:

$$Fe = \frac{177 \times 20}{200} = 17,7$$

Calculo del NO:

$$Fe = \frac{23 \times 20}{200} = 2,3$$

Para el cálculo del CHI-cuadrado se aplica la siguiente fórmula:

$$X^2 = \frac{(O_1 - e_1)^2}{e_1}$$

Tabla 2. 13: CHI-CUADRADO

Preguntas	Frecuencia Observada		Frecuencia Esperada		Chi-cuadrado		TOTAL
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	19	1	18	2	0.05	0.5	0.55
2	20	0	18	2	0.22	2	2.22
3	13	7	18	2	1.38	12.5	13.88
4	11	9	18	2	2.72	24.5	27.22
5	20	0	18	2	0.22	2	2.22
6	18	2	18	2	0	0	0
7	19	1	18	2	0.05	0.5	0.55
8	20	0	18	2	0.22	2	2.22
9	17	3	18	2	0.05	0.5	0.55
10	20	0	18	2	0.22	2	2.22
TOTAL							51.63

Elaborado por: Grupo Investigador.

Nivel de significancia, ver ANEXO 2.

- 0.05
- 0.01

Sabiendo que $h = 10$, y $k = 2$, por tener diez preguntas y dos opciones, calculamos los grados de libertad que es igual a:

$$V = (h - 1) (k - 1)$$

$$V = (10 - 1) (2 - 1)$$

$$V = 9$$

Donde:

v =grados de libertad

h =números de preguntas

k =números de opciones

- El valor χ_{95}^2 para 0.05 niveles de significancia es 16.9. Por lo tanto, como $51.63 > 16.9$ se acepta la hipótesis planteada y se rechaza la nula.
- El valor χ_{99}^2 para 0.01 niveles de significancia es 21.7. Por lo tanto, como $51.63 > 21.7$, se acepta la hipótesis planteada y se rechaza la nula.

CONCLUSIÓN:

De conformidad con lo establecido en la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir, se confirma que al diseñar y construir un banco metalográfico para la observación y el reconocimiento de las microestructuras de los distintos materiales y aleaciones; se aportará al laboratorio

de resistencia de materiales de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Una vez realizada el análisis completo del **CAPÍTULO 2** del presente proyecto, el grupo investigador verifico la hipótesis planteada, en función de las prácticas realizadas en el banco metalográfico.

CAPITULO III

3. PROPUESTA

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se desarrolló el diseño y selección de elementos eléctricos y mecánicos, que se utilizaron para la construcción de un banco metalográfico, el cual permitió observar las diferentes microestructuras y fases en los distintos tipos de aceros, mediante un microscopio metalográfico.

3.2. PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En la Carrera de Ingeniería Electromecánica, uno de sus perfiles académicos se enfoca al diseño, construcción de máquinas y elementos mecánicos; garantizando su seguridad y funcionamiento lo cual se ha venido efectuando desde hace mucho tiempo mediante la elaboración de tesis y proyectos de grado, donde se observó problemas en la selección de materiales metálicos para la implementación de máquinas y equipos en los laboratorios. Para lo cual es indispensable tener sólidos conocimientos en el manejo y criterio sobre selección de materiales para la construcción de los mismos.

Mediante un análisis realizado al perfil de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, se ha visto grandes falencias en el conocimiento sobre metales, en especial de las aleaciones hierro-carbono.

Por estas razones se planteó construir un banco metalográfico, el mismo que ayudará a reconocer y observar las estructuras cristalinas de los aceros y sus principales fases, ya que este es uno de los metales de mayor uso en el campo de la ingeniería mecánica, civil, marítima, espacial, etc. Debido a que puede tener

diversas combinaciones microestructurales, variando cada una de sus fases y microconstituyentes de acuerdo con el porcentaje de hierro-carbono que contenga la muestra.

3.3. OBJETIVO DE LA PROPUESTA

Diseñar y construir los equipos que conforman un banco metalográfico que permita realizar el análisis de las microestructuras de los metales, mediante los procesos de desbaste, pulido y observación metalográfica.

3.4. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

3.4.1. Factibilidad Técnica

Para realizar el análisis metalográfico es necesario preparar la muestra, siendo indispensable contar con un banco de desbaste, pulido y ataque químico, para su posterior observación en el microscopio metalográfico, esta última ayuda a identificar las fases en que se encuentra la muestra mediante la ayuda del programa ToupView.

3.4.2. Factibilidad Económica

Los recursos financieros utilizados en el proyecto son por cuenta de los autores, la construcción del banco metalográfico para el laboratorio de materiales se realizó con elementos que se pueden adquirir con gran facilidad, excepto el microscopio metalográfico que tiene aumentos desde 40x-80x-100x-200x-400x-800x-1000x y 2000x, adquirido en USA, el cual incluye un programa, el ToupView que permite transmitir directamente la imagen de la microestructura a la computadora.

3.4.3. Factibilidad Operacional

El grupo investigador considera que este proyecto es factible ya que en el mercado existen materiales y los elementos necesarios para la construcción del banco metalográfico, acorde con la tecnología actual, a la vez se cuenta con la colaboración de nuestro tutor y autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.5.1. Diseño esquemático del banco metalográfico para el laboratorio de materiales.

Se parte desde el diseño hasta concluir en su construcción e instalación de elementos mecánicos y eléctricos, para ello se considera dividir al banco metalográfico en dos estructuras, que asumirá características que permitan a los usuarios realizar los procedimientos de desbaste y pulido de las probetas, para su posterior observación en un microscopio metalográfico, las mismas que deberán ser ejecutadas de acuerdo con el manual de prácticas elaborado por el equipo de trabajo.

Previo al desarrollo del banco metalográfico se realizó un estudio de los diferentes materiales abrasivos, reactivos químicos y elementos para la construcción de los equipos de desgaste, pulido y ataque químico.

3.6. PARÁMETROS DE DISEÑO

Para comenzar el diseño, es preciso partir de valores específicos que influirán directamente en el dimensionamiento de los equipos, selección de materiales y sistemas a emplear, de esta manera, se asegurará que el diseño cumpla con los requerimientos del usuario, así como las exigencias propias para la preparación de las probetas.

3.6.1. Materiales seleccionados para la construcción

El material con el cual está fabricado cada elemento que compone el banco de desbaste se seleccionó teniendo en cuenta sus propiedades mecánicas, además de su propósito dentro del equipo.

3.6.2. Ángulos Estructurales: ASTM A-36

- **Descripción y Usos:** producto de sección transversal formada por dos alas en ángulo recto, que se obtiene por laminado en caliente hasta 250°C. Se emplea en estructuras metálicas de todo tipo: carrocerías, torres de alta

tensión, elementos estructurales en uso arquitectónico, construcción de puertas, soportes, muebles, sillas, mesas, entre otros.

- **Propiedades Mecánicas:**

Norma Técnica	Límite de Influencia (kg/mm ²)	Resistencia la Tracción (Kg/mm ²)	Alargamiento (%)
ASTM A-36	24 min	41 min	12.5-19

3.6.3. Plancha de acero: ASTM A-36

- **Descripción y Usos:** Acero estructural de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y uso en general.
- **Propiedades Mecánicas:**

Norma Técnica	Límite de Influencia mínimo	Alargamiento en 50mm	Doblado
ASTM A-36	2,110–3,510(kg/cm ²)	25,0% mínimo	A 180°

3.7. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROBETAS

El tamaño de la muestra debe ser tal que su manejo no encierre dificultad en la operación. Generalmente el tamaño de la muestra no debe exceder 12 a 25 milímetros si es cuadrado el material, o aproximadamente 12 a 25 mm de diámetro si el material es redondo y el peso de la muestra debe ser lo suficientemente conveniente para su manipulación en especial en la etapa del pulido. (Norma ASTM E3).

La preparación de la probeta consiste, en general, obtener primero una superficie plana y semipulida, y revelar los constituyentes y estructuras de los metales y sus aleaciones por medio del uso de microscopios ópticos o electrónicos.

Gráfico 3. 1: PROBETAS



Fuente: Grupo investigador

3.8. ESTRUCTURA DEL BANCO DE DESBASTE

3.8.1. Banco de desbaste

Este equipo es utilizado para dar un desbaste superficial, mediante la utilización de papeles abrasivos número 80, 150, 220, 320 400 y 600 micras. En donde se consigue poner al descubierto la superficie del material, eliminando todo aquello que pudiera obstaculizar su análisis, además se debe obtener una superficie completamente plana y con una baja rugosidad.

Dentro del análisis metalográfico se pueden considerar tres tipos de desbaste, (NORMA ASTM E3).

- ***Desbaste grueso:*** durante el desbaste se utilizan papeles abrasivos con tamaños de grano que van desde el 80 hasta 150.
- ***Desbaste intermedio:*** en este paso se deben utilizar papeles abrasivos desde el número 220 hasta 320.
- ***Desbaste final:*** en el desbaste final se utilizan papeles abrasivos que van desde el número 400, 600 y de menor tamaño de grano.

Cada vez que se cambie de abrasivo debe girarse la probeta 90° a fin que desaparezcan las rayas que deja la lija anterior, lavando siempre con abundante agua corriente llegando casi a obtener una superficie tipo espejo.

Gráfico 3. 2: BANCO DE DESBASTE



Fuente: Grupo investigador

El banco diseñado y construido es una desbastadora manual de lijas abrasivas, bajo lineamientos de las normas técnicas ASME E3, el sistema de sujeción se detallara en el gráfico 3.5.

3.8.2. Estructura

Para la estructura del banco de desbaste, se utilizó ángulo de acero de 2 pulgadas por $\frac{1}{4}$ y plancha de acero de 8 mm de espesor, este material presenta propiedades mecánicas adecuadas.

3.8.3. Sistemas de humectación

Está construida por medio de dos sistemas de refrigeración: un tubo de acero $\frac{1}{2}$ pulgada horizontal con 11 agujeros de un diámetro $\frac{3}{16}$ (pulg) y una llave angular flexible la cual se encuentra conectada a una llave de paso.

El proceso debe realizarse en húmedo para evitar posibles calentamientos que pueden modificar la estructura del material.

Gráfico 3. 3: SISTEMA DE HUMECTACIÓN



Fuente: Grupo investigador

3.8.4. Sistemas de drenaje

Consta de un tubo de acero de 1 pulgada de diámetro, con un canal que permite el drenaje del líquido refrigerante a un desagüe principal, sujeta en la estructura del banco de desbaste.

Gráfico 3. 4: SISTEMA DE DRENAJE



Fuente: Grupo investigador

3.8.5. Sistema de sujeción de las lijas

Consta de platinas de acero de 1 pulgada por 1/8 de espesor, fijado con pernos de 1/4 x 1/2 pulg rosca UNC, en la base de la estructura que presiona al papel abrasivo.

Gráfico 3. 5: SISTEMA DE SUJECIÓN DE LAS LIJAS



Fuente: Grupo investigador

3.8. BANCO DE PULIDO

3.9.1. Estructura del banco de pulido

Para esta estructura se utilizó ángulo de acero de 2 pulgadas por $\frac{1}{4}$ y plancha de acero de 8 mm de espesor, este material presenta propiedades mecánicas adecuadas para soportar el peso, sobre el cual van ensamblados los demás elementos.

Gráfico 3. 6: ESTRUCTURA DEL BANCO DE PULIDO



Fuente: Grupo investigador

3.9.2. Máquina pulidora

Se utiliza para el pulido mecánico de las probetas, después de que han sido desbastadas, consiste en un sistema en el cual el pulido se realiza mediante el movimiento rotatorio de un disco en el cual se coloca paños de billa y el movimiento a través de un motor en donde se sujeta un disco y sobre él se coloca paños.

Gráfico 3. 7: BANCO DE PULIDO



Fuente: Grupo investigador

3.9.3. Motor eléctrico

Transforma la energía eléctrica en mecánica, el mismo que trasmite el movimiento al disco, cuya velocidad puede ser regulable mediante un variador de frecuencia.

Tabla 3. 1: ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

MOTOR TRIFÁSICO	
Marca	Weg
RPM	1.720 rpm
Voltaje	220/440
Hz	60
Amperaje	3.02 A
Potencia	1 hp

Fuente: Grupo investigador

3.9.4. Base del disco

La base está construida de una plancha de acero de 8 mm, soldada a un acople que une al motor mediante dos prisioneros de 5/16 x 1/2 pulg rosca UNC.

Gráfico 3. 8: BASE DEL DISCO



Fuente: Grupo investigador

3.9.5. Disco

El disco está fabricado de duralón, que tiene la cara superior perfectamente plana y sobre él se coloca los paños de billa.

La velocidad de giro del disco varía entre 400 y 600 RPM (de acuerdo con recomendaciones técnicas de varios autores), revoluciones apropiadas para la perfecta manipulación de la probeta dependiendo el material que vaya a ser pulido y reguladas mediante un variador de frecuencia, el pulido sobre este disco se lo realiza contrario al sentido de giro.

Gráfico 3. 9: DISCO

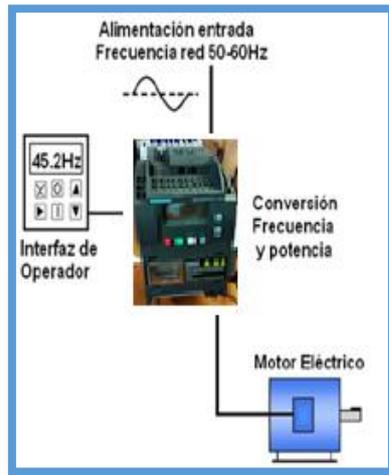


Fuente: Grupo investigador

3.9.6. Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Gráfico 3. 10: VARIADOR DE FRECUENCIA

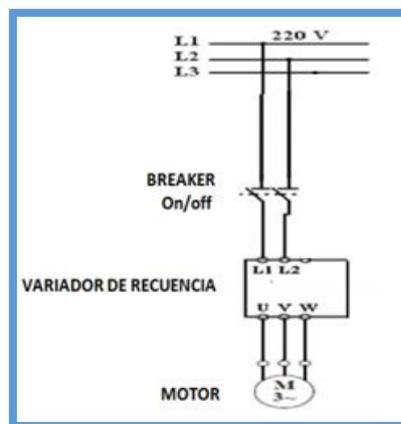


Fuente: Grupo investigador

3.9.7. Sistema de control

El diseño del sistema eléctrico está compuesto por un motor trifásico de 1 HP, 1 variador de frecuencia, 1 breaker, cable #12 y un enchufe trifásico distribuidos en la estructura según el requerimiento del diseño.

Gráfico 3. 11: SISTEMA DE CONTROL



Fuente: Grupo investigador

3.9.8. Paños

Los paños de pulido vienen con respaldo liso para el montaje en el disco sujetado con un anillo de acero el cual se coloca a presión, el mismo que se utilizan para pulir una amplia variedad de materiales.

Gráfico 3. 12: PAÑO



Fuente: Grupo investigador

3.9.9. Alúmina

Es el óxido de aluminio (Al_2O_3), es el abrasivo más satisfactorio y universal desde el punto de vista metalográfico. La alúmina en polvo de una ($1 \mu\text{m}$) ayuda a pulir los aceros (esta se mezcla con agua en una proporción de 10 a 1).

Gráfico 3. 13: ALÚMINA



Fuente: Grupo investigador

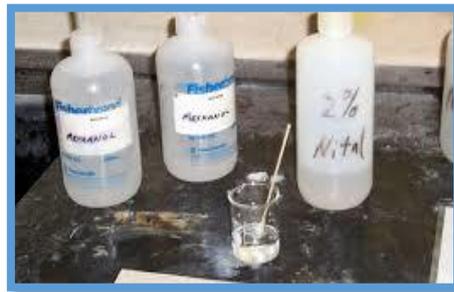
3.10. REACTIVOS PARA EL ATAQUE QUÍMICO

El propósito del ataque químico es hacer visible las características estructurales del metal o aleación, esto se logra mediante el reactivo (nital que tiene una

concentración del 2 %), apropiado que somete a la superficie pulida a una acción química, el tiempo de ataque del metal puede oscilar entre 5 a 10 segundos.

El ataque puede hacerse sumergiendo la muestra en nital con la cara pulida hacia arriba o por aspersion, luego se lava la probeta con agua y se seca en una corriente del aire.

Gráfico 3. 14: NITAL



Fuente: Grupo investigador

3.10.1. Reactivo

Tabla 3. 2: REACTIVO

Reactivo de ataque	Composición	Uso	Recomendaciones
Ácido nítrico (nital)	-Ácido nítrico 5% -Alcohol etílico 95% (En 100cm ³ de alcohol etílico 95% agregar 5 cm ³ de NO ₃ H concentrado).	Para la gran mayoría de los metales ferrosos. En aceros al carbono: -El nital oscurece la perlita. -Para revelar fronteras de la perlita. -Ferrita y cementita blancos y perlita más oscura. -Para diferenciar la ferrita de la martensita.	-Evitar el contacto con la piel y los ojos, en caso de contacto lavar cuidadosamente con abundante agua. -Para la manipulación utilizar mandil y guantes quirúrgicos. -Por ningún motivo ingerir el reactivo, si fuera el caso acudir al médico inmediatamente.

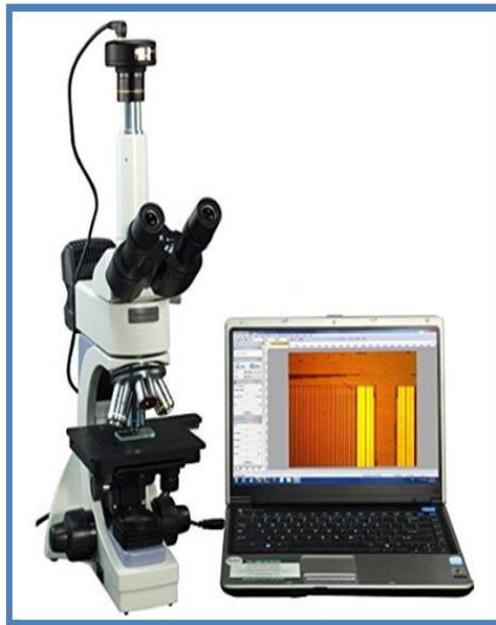
Elaborado por: Grupo Investigador.

3.11. MICROSCOPIO METALOGRÁFICO

El microscopio metalográfico es la parte primordial del proyecto ya que permite observar la superficie y el análisis óptico de los metales, tiene aumentos que va desde los: 40x-80x-100x-200x-400x-800x-1000x y 2000x.

Este microscopio puede ser ampliamente utilizado para metalografía e investigación, ya que cuenta con placas polarizantes acoplables e incluye una cámara digital de 14 M píxeles, con un cable USB. El microscopio utiliza un sistema de iluminación EPI (técnica de iluminación el rayo de luz incide de manera oblicua sobre la muestra) para reflejar la luz fuera de la muestra a través de los objetivos, lo que permite la observación de muestras opacas.

Gráfico 3. 15: MICROSCOPIO METALOGRÁFICO



Fuente: Grupo investigador

3.11.1. Cámara digital

La cámara digital de 14 M píxeles capturan fotografías, graba videos y puede ajustar en diferentes resoluciones simultáneamente, estas imágenes se transmiten a la computadora mediante un puerto USB y a través el programa ToupView, compatible con Windows XP / Vista / 7/8.

Gráfico 3. 16: CÁMARA DIGITAL



Fuente: Grupo investigador

3.11.2. Oculares

Los oculares tienen 30 grados de inclinación con respecto a su base, poseen un amplio campo de visión WF10x / 20 y WF20x, ajustable a los iris del ojo humano.

Gráfico 3. 17: OCULARES



Fuente: Grupo investigador

3.11.3. Sistema de iluminación

Este sistema tiene incorporadas ranuras para filtro de color; 2 ranuras polarizadas, iluminación transmitida, bombilla halógena de 6 V / 30 W, e intensidad regulable. Con un mecanismo de acople a la base y a los oculares.

Gráfico 3. 18: SISTEMA DE ILUMINACIÓN



Fuente: Grupo investigador

3.11.4. Pie o soporte

Está constituido por una fuente de alimentación de 110 V - 60Hz, tiene un revolver cuádruple giratoria de 360° en donde se acoplan los lentes de 4x, 10x, 40x, 100x.

Gráfico 3. 19: PIE O SOPORTE



Fuente: Grupo investigador

En esta base presenta 2 tornillos de enfoque situados en la parte inferior de la misma, que permiten desplazar la muestra sobre la platina en sentido longitudinal y transversal respectivamente.

3.11.5. Aumentos

Son piezas cilíndricas que se acoplan a una base giratoria denominada revolver para visualizar las imágenes o muestras a diferentes resoluciones que permitan analizar de acuerdo con el número de aumento que se requiera, por lo tanto se hallan cerca de las probetas.

Gráfico 3. 20: AUMENTOS



Fuente: Grupo investigador

3.11.6. Filtros

Los filtros son los que se colocan en el sistema de iluminación, permitiendo obtener una mejor visualización de imágenes opacas, cambiando la resolución de las muestras mediante las ranuras de color y las ranuras polarizadas.

Gráfico 3. 21: FILTROS



Fuente: Grupo investigador

3.11.7. Software ToupView

Es uno de los mejores software de gestión ampliamente utilizado en el campo de la microscopia, proporciona funciones para controlar y complementar la cámara obteniendo imágenes de alta calidad, además el software ToupView contiene una gran variedad de herramientas útiles para aplicaciones específicas tales como control de exposición, balance de blancos, mediciones, composición de imágenes, profundidad de campo, anotaciones, composición de color, procesamiento de imágenes, etc.

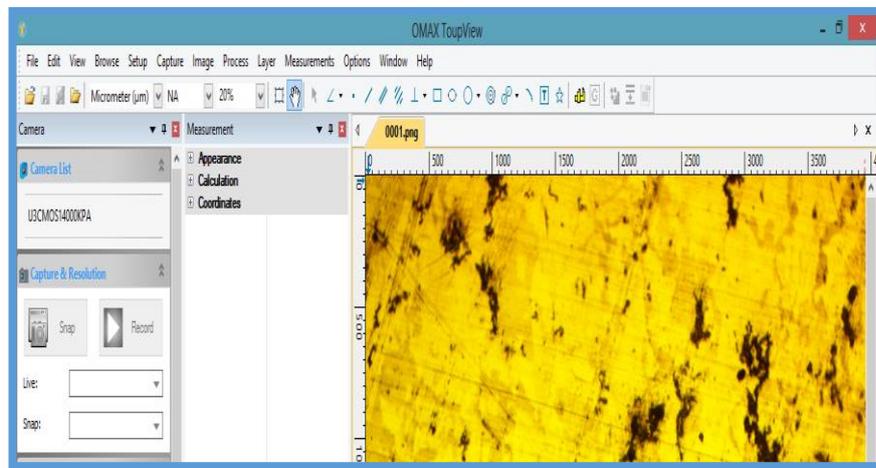
Gráfico 3. 22: SOFTWARE ToupView



Fuente: Grupo investigador

El programa consta de tres barras de herramientas las cuales ayudan al usuario a obtener imágenes nítidas de alta resolución para capturar la imagen, como se indica en el gráfico 3.25.

Gráfico 3. 23: BARRAS DE HERRAMIENTAS

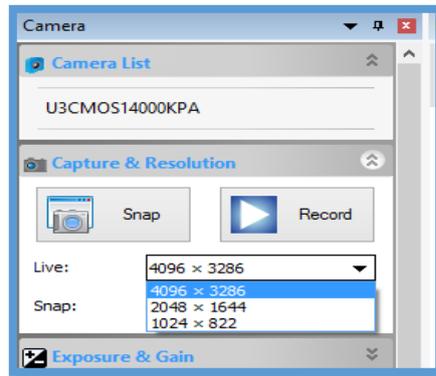


Fuente: Grupo investigador

3.11.7.1. Capturar la imagen

Para abrir el software, doble clic en el icono del programa una vez abierto **ToupView** seleccionamos la cámara en este caso será la U3CMOS14000KPA, la cual va a permitir capturar la imagen que se observa a través del microscopio, escogemos el icono que se muestra en el siguiente grafico para modificar la resolución de la imagen.

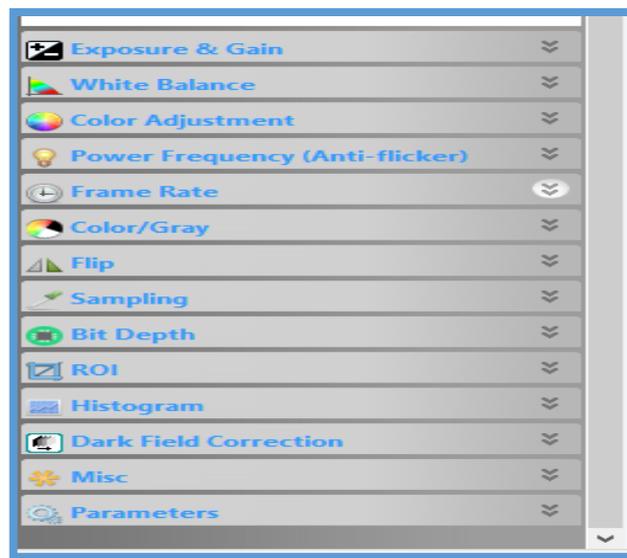
Gráfico 3. 24: CAPTURAR LA IMAGEN



Fuente: Grupo investigador

Una vez capturada la imagen podemos realizar modificaciones mediante el panel de control de la imagen, con valores ya establecidos en la barra de herramientas que se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 3. 25: PANEL DE CONTROL DE LA IMAGEN



Fuente: Grupo investigador

3.11.7.2. Principales herramientas del software

Posee una gran variedad de herramientas útiles para aplicaciones específicas, como: control de exposición, balance de blanco, mediciones, composición de imágenes, profundidad de campo, anotaciones, composición del color, procesamiento de imágenes, como se detalla en el siguiente gráfico. Ver ANEXO 3.

CONCLUSIONES:

1. La norma encargada para el análisis metalográfico es el ASTM E3, la cual establece los procesos de desbaste, pulido, ataque químico y observación metalográfica.
2. Al realizar el proceso de pulimentado se debe realizar a velocidades que varíen entre 400 y 600 RPM según la norma ASTM E3, para conseguir una superficie especular, libre de cualquier impureza.
3. Mediante las encuestas realizadas se llegó a la comprobación de la hipótesis planteada y se ratifica la necesidad de diseñar y construir un banco metalográfico.
4. De los datos obtenidos a la población encuestada, consideran que es de gran importancia conocer las fases y las microestructuras de los aceros.
5. Para la preparación del reactivo químico (NITAL), se debe emplear la norma ASTM E 407 la cual establece las cantidades exactas de ácido nítrico y etanol dependiendo del metal o aleación.
6. El tiempo empleado para el ataque químico en probetas de acero, se lo efectúa bajo la norma ASTM 407, la cual indica que se debe realizar de 5 a 10 segundos.
7. Con los datos obtenidos mediante la observación y análisis metalográfico, se logró verificar que tipo de microestructura y la fase que se encuentra un acero SAE A36.
8. Un acero SAE 1020 posee fase constituida de ferrita con una microestructura cristalina cúbica centrada en las caras.
9. Con los datos obtenidos en el análisis metalográfico de un acero SAE 1040, se observó que este tipo de acero tiene mayor cantidad de carbono que en acero SAE A 36.
10. En una fundición gris se puede apreciar una matriz de perlita con incrustaciones de grafito, esto ocasiona que las fundiciones grises sean frágil y poco resistente a la tracción.
11. La construcción del banco metalográfico, permitió realizar la preparación, observación y reconocimiento de las microestructuras en los aceros, según indica la norma ASTM E3 y ASTM E407.

RECOMENDACIONES:

1. Realizar el análisis metalográfico en aceros o aleaciones de mayor uso en el campo de la ingeniería mecánica.
2. En la realización del proceso de pulimentado es recomendable que la probeta no se presione con mucha fuerza y se mantenga humectado el paño con la alúmina ya que esto puede ocasionar distorsión de la imagen.
3. La norma ASTM E 407, al momento de realizar el ataque químico no exponer por demasiado tiempo a la probeta ya que esta se puede opacar y dificultar la visibilidad de la microestructura.
4. Para tener una imagen con una resolución nítida es importante regular el brillo y la intensidad luminosa mediante los filtros de colores que incluye el microscopio metalográfico que indica la norma ASTM E3.
5. Realizar ensayos metalográficos con otros materiales para observar su microestructura e identificar sus propiedades físicas y mecánicas.
6. Estudiar al fondo lo concerniente a estructuras cristalinas de los metales y metalografía en general.
7. Implantar un software que permita calcular el porcentaje y tamaño de grano de las microestructuras.
8. Investigar otro reactivo químico para realizar análisis metalográfico de materiales no ferrosos como: aluminio, cobre y bronce.
9. Es necesario tener mucho cuidado al momento de manipular la probeta sobre el banco de pulido, ya que un mal pulimentado impedirá su plena observación en el microscopio.
10. Construir equipos para realizar prácticas sobre tratamientos térmicos de los aceros y así comprobar los cambios que ocurre en su microestructura.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía citada:

- AVNER, Sydney “Introducción a la metalurgia física” [fecha de consulta: 09 julio 2015]. Disponible en.
http://es.slideshare.net/Alva_Ruiz/introduccion-a-la-metalurgia-fisicaavner-2-ed-pdf Pág. 252.
- ASHBY. Michael y JONES. David. “Introducción a la metalurgia” [fecha de consulta: 23 diciembre 2015]. Pág. 137.
- BERNAU R. L “Introducción a la metalografía 2” [fecha de consulta: 17 agosto 2015]. Pág. 13.
- CASTRO Guillermo “Acero departamento de ingeniería mecánica F.I.U.B.A” [fecha de consulta: 04 junio 2015]. Disponible en.
http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Aceros.pdf Pág. 106.
- GARAVITO. Julio “Ciencia de los materiales I” [fecha de consulta: 21 agosto 2015]. Pág. 17.
- MORRAL F. JIMERO. E y MOLERA. P “Metalurgia general” [fecha de consulta: 21 diciembre 2015]. Disponible en.
<http://www.belliscovirtual.com> Pág. 697, 698, 699.
- NEFF David. “Diseño de máquinas” [fecha de consulta: 22 julio 2015]. Pág. 211.
- RUBEN G. Frade “Practicas de elementos amovibles y fijos no estructurales” [fecha de consulta: 17 julio 2015]. Disponible en.
<https://fradeblogs.wordpress.com/2014/02/01/los-aceros/> Pág. 163.
- SIERRA R. Horacio. “Fundamentos de la practica metalográfica” ” [fecha de consulta: 23 diciembre 2015]. Pág. 142.

- SMITH F. William. “Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales.” México. 3 ed. McGraw Hill, 1998. Pág. 177.
- ZAPATA Jorge “Diseño de elementos de máquinas” [fecha de consulta: 23 diciembre 2015]. Pág. 05.

Bibliografía consultada:

- METAL, Handbook; “Microestructuras”; volumen N° 7.
- Donald R Askeland; “La ciencia e ingeniería de los materiales”; 3ª Edición, Editorial International Thomson, México 1998.
- UNIVERSIDAD DE SEVILLA; “Técnicas de laboratorio para pruebas de materiales”; primera edición mayo 2010
- METALS Handbook Ninth Edition, Volume 9, American Society for Metals.
- APRAIZ BARREIRO José. Fundiciones. Madrid. 6 ed. Dossat, Limusa. 2000.
- VALENCIA Asdrúbal. Tecnología del Tratamiento Térmico de los Metales. Medellín. 2 ed. Ed. Universidad de Antioquia, 1992.
- ASM HANDBOOK Vol 1. Metallography and Microstructures. United States of America. 1 ed. ASM International, 1998.

Bibliografía electrónica:

- Definición del acero. [Fecha consultada: 10 julio 2015]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/tecnologia/acero.php>
- http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/MANUAL_AHMSA_2013.pdf fecha 17 de junio de 2015

- Metalografía de los aceros. [Fecha consultada: 19 julio 2015]. Disponible en: <http://www.utp.edu.co/~publio17/aceros.htm#ferrita>
- Metalografía, Fractografía y Analisis in Situ. [Fecha consultada: 23 noviembre 2015]. Disponible en: <http://metalografiainsitu.blogspot.com/>
- Preparación de muestras. [Fecha consultada: 28 agosto 2015]. Disponible en: <http://www.cuadernodelaboratorio.es/metalografia.html>
- Principales componentes de los aceros. [Fecha consultada: 18 agosto 2015]. Disponible en: http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm.
- Tratamientos térmicos de los aceros. [Fecha consultada: 21 noviembre 2015]. Disponible en: <file:///I:/clase9ttteoria.pdf>

ANEXOS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Cuestionario dirigido a los docentes mecánicos y electromecánicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Escuela Politécnica del Ejército y la Universidad Técnica de Ambato, las preguntas fueron revisadas y validadas por el Ing. Jorge Paredes, Dr. Galo Terán e Ing. Segundo Cevallos.

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO METALOGRAFICO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

INSTRUCCIONES: Conteste las siguientes preguntas con responsabilidad y honestidad de acuerdo a las experiencias que ha vivido como docente en este establecimiento.

1.- ¿Considera usted que la metalografía es importante para el diseño y construcción de máquinas a nivel industrial?

Si ()

NO ()

2. ¿Está usted de acuerdo que en el laboratorio de resistencia de materiales de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se realicen exámenes metalográficos?

Si ()

NO ()

3.- ¿Conoce usted los procedimientos y técnicas que se realizan antes de ejecutar un examen metalográfico?

Si () NO ()

4.- ¿Conoce usted las características que debe tener un microscopio para realizar un examen metalográfico?

Si () NO ()

5.- ¿Considera usted importante que los estudiantes, conozcan y analicen las transformaciones que sufren los aceros en su microestructura al realizar un tratamiento térmico, de forma práctica?

Si () NO ()

6.- ¿Cree usted importante estudiar los cambios que sufre las aleaciones del acero en el diagrama hierro- carbono?

Si () NO ()

7.- ¿Considera necesario saber diferenciar las microestructuras de un acero de bajo carbono que ha sufrido un tratamiento térmico, con otro que no ha sido sometido a ningún tratamiento térmico?

Si () NO ()

8.- ¿Cree usted que es necesario saber seleccionar materiales para el diseño y construcción de máquinas y elementos mecánicos?

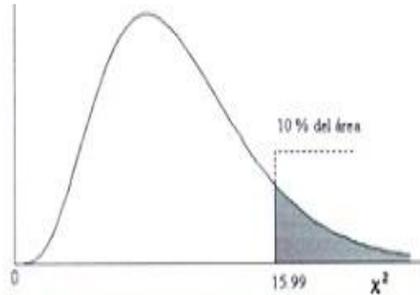
Si () NO ()

9.- ¿Cree usted que es importante relacionar las microestructuras de un metal o aleación con sus propiedades físicas o mecánicas?

Si () NO ()

10.- ¿Está usted de acuerdo que se construya un banco metalográfico para la preparación de muestras y exámenes metalográficas en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Electromecánica?

Si () NO ()



Ejemplo:
Para $\phi = 10$ grados de libertad

$$P[\chi^2 > 15.99] = 0.10$$

Grados de libertad

$\frac{\pi}{\phi}$	alfa												$\frac{\pi}{\phi}$	
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01		0.005
1	3.93E-05	1.57E-04	9.82E-04	3.93E-03	1.58E-02	0.102	0.455	1.323	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88	1
2	1.00E-02	2.01E-02	6.06E-02	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60	2
3	7.17E-02	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.37	4.11	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84	3
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.36	5.39	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86	4
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	2.67	4.35	6.63	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75	5
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.20	3.45	5.35	7.84	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55	6
7	0.989	1.239	1.690	2.17	2.83	4.25	6.35	9.04	12.02	14.07	16.01	18.48	20.3	7
8	1.344	1.647	2.18	2.73	3.49	5.07	7.34	10.22	13.36	15.51	17.53	20.1	22.0	8
9	1.735	2.09	2.70	3.33	4.17	5.90	8.34	11.39	14.68	16.92	19.02	21.7	23.6	9
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	6.74	9.34	12.55	15.99	18.31	20.5	23.2	25.2	10
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	7.58	10.34	13.70	17.28	19.68	21.9	24.7	26.8	11
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	8.44	11.34	14.85	18.55	21.0	23.3	26.2	28.3	12
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	9.30	12.34	15.98	19.81	22.4	24.7	27.7	29.8	13
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	10.17	13.34	17.12	21.1	23.7	26.1	29.1	31.3	14
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	11.04	14.34	18.25	22.3	25.0	27.5	30.6	32.8	15
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	11.91	15.34	19.37	23.5	26.3	28.8	32.0	34.3	16
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	12.79	16.34	20.5	24.8	27.6	30.2	33.4	35.7	17
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	13.68	17.34	21.6	26.0	28.9	31.5	34.8	37.2	18
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	14.56	18.34	22.7	27.2	30.1	32.9	36.2	38.6	19
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	15.45	19.34	23.8	28.4	31.4	34.2	37.6	40.0	20
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	16.34	20.3	24.9	29.6	32.7	35.5	38.9	41.4	21
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	17.24	21.3	26.0	30.8	33.9	36.8	40.3	42.8	22
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	18.14	22.3	27.1	32.0	35.2	38.1	41.6	44.2	23
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	19.04	23.3	28.2	33.2	36.4	39.4	43.0	45.6	24
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	19.94	24.3	29.3	34.4	37.7	40.6	44.3	46.9	25
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	20.8	25.3	30.4	35.6	38.9	41.9	45.6	48.3	26
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	21.7	26.3	31.5	36.7	40.1	43.2	47.0	49.6	27
28	12.46	13.56	15.31	16.90	18.94	22.7	27.3	32.6	37.9	41.3	44.5	48.3	51.0	28
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	23.6	28.3	33.7	39.1	42.6	45.7	49.6	52.3	29
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.6	24.5	29.3	34.8	40.3	43.8	47.0	50.9	53.7	30
40	20.7	22.2	24.4	26.5	29.1	33.7	39.3	45.8	51.8	55.8	59.3	63.7	66.8	40
50	28.0	29.7	32.4	34.8	37.7	42.9	49.3	56.3	63.2	67.5	71.4	76.2	79.5	50
60	35.5	37.5	40.5	43.2	46.5	52.3	59.3	67.0	74.4	79.1	83.3	88.4	92.0	60
70	43.3	45.4	48.8	51.7	55.3	61.7	69.3	77.6	85.5	90.5	95.0	100.4	104.2	70
80	51.2	53.5	57.2	60.4	64.3	71.1	79.3	88.1	96.6	101.9	106.8	112.3	116.3	80
90	59.2	61.8	65.6	69.1	73.3	80.6	89.3	98.6	107.6	113.1	118.1	124.1	128.3	90
100	67.3	70.1	74.2	77.9	82.4	90.1	99.3	109.1	118.5	124.3	129.8	135.8	140.2	100
Z_{α}	-2.58	-2.33	-1.96	-1.64	-1.28	-0.674	0.000	0.674	1.282	1.645	1.96	2.33	2.58	Z_{α}

Fuente: <http://www.mdp.edu.ar/exactas/index.php>

The logo for microscopiadigital features the word "microscopiadigital" in a blue, sans-serif font. The letter "o" in "micro" is replaced by a stylized blue and black circular icon that resembles a microscope lens or a camera lens.

Software Toup View para microscopía.



Software Toup View / Toup Cam.

ToupView es el más conocido software de gestión para cámaras digitales fabricado por TOUPTÉK PHOTONIC. Proporciona funciones para controlar completamente la cámara y obtener imágenes de vídeo mediante el sistema Ultra Fine™ Color Engine de alta velocidad, que procesa los datos para obtener imágenes de alta calidad. Además, el software ToupView contiene gran variedad de herramientas útiles para aplicaciones específicas; tales como **control de exposición, balance de blanco, mediciones, composición de imágenes, profundidad de campo, anotaciones, composición del color, procesamiento de imágenes** y mucho más.

Disponible en los siguientes idiomas: **Inglés, Francés, Alemán, Japonés, Ruso, Chino y Turco.**

ToupView es totalmente compatible con toda la gama de cámaras digitales ToupCam. A través de una licencia autorizada, el software de ToupView es compatible con otras cámaras digitales mediante **Twain o DirectShow.**

Incluye interfaz de programación de aplicaciones **Windows/Linux/Mac OS SDKs/Native C++.**

Actualmente, el uso del software ToupView está ampliamente utilizado en el campo de la microscopía de análisis médico, en los procesos de control de calidad en industria, en aplicaciones de visión artificial, etc. ToupView es uno de los mejores softwares en el sector de las cámaras digitales y es recomendado por el departamento de educación de los EEUU.

Contacto: comercial@microscopiadigital.es / info@microscopiadigital.es

microscopiadigital

Diseño de fácil uso "friendly".

- Menús organizados mediante barras de herramientas que asegurando una rápida operatividad.
- El diseño único con 5 barras de herramientas; Cámara, Carpetas, Deshacer/Rehacer, Capas y Mediciones ordenadamente clasificadas.
- Práctico método operativo; doble clic o botón derecho.
- Detallado manual de instrucciones



Panel de control profesional.

Exposición & Brillo: Auto exposición preestablecido o en modo manual; Los parámetros de exposición pueden ser introducidos manualmente.

Balance de blancos: Ajuste de balance de blancos con un avanzado y único "clic inteligente". Temperatura y color pueden ser ajustados manualmente.

Ajuste de color: Saturación, brillo, contraste, gama, valores pre-establecidos, etc.

Control de "Frame per second": Ajuste de la velocidad de fotogramas disponible para distintas configuraciones de ordenadores.

Ajuste Frecuencia de alimentación: Luz natural/DC, AC 50 HZ, AC60 HZ

Función "Anti-flicker": Elimina completamente el parpadeo de las imágenes de video.

Función "Flip": Permite corregir la posición de la muestra horizontalmente y verticalmente.

Modo Skin o Modo Bin: El modo Bin permite obtener imágenes con un bajo nivel de ruido" El modo Skip obtiene imágenes más nítidas.

Parámetros disponibles: Cargar, guardar, anotaciones, importar, exportar parámetros autodefinidos del panel de control de la cámara (incluye la información de calibración, exposición y la información de ajuste del color)

Contacto: comercial@microscopiadigital.es / info@microscopiadigital.es



Funciones prácticas y buenos resultados.

Funciones de Video	Varias funciones profesionales: Video reproducción; Captura instantánea; Grabación de video; Anotaciones en video; Mover anotaciones; Rotar anotaciones ; Compartir Video; Video mediciones; Video calibraciones, Balance de grises; Video EDF; Composición de imágenes; Video escalas, fecha, etc.
Proceso de Imágenes	Control y ajuste de imagen por contraste, ruido, gran variedad de filtros; rotación de imágenes, escalas, impresión
Mediciones 2D	Fácil calibración de video e imagen. Distintas mediciones disponibles para video e imágenes como área, perímetro, ángulo etc. Las mediciones pueden ser controladas mediante las preferencias y ajustes definidos.
Composición de Imágenes	Esta función genera automáticamente una sola imagen mediante la combinación de una secuencia de imágenes obteniendo una perfecta imagen de grandes dimensiones.
EDF(Extensa Profundidad de Foco)	Permite generar una nítida imagen con la combinación de una secuencia de imágenes capturadas previamente a distinto nivel de foco.
Segmentación & Conteo	Avanzado sistema de segmentación de hasta 6 imágenes y sistema de conteo. Permite la segmentación en modo manual para garantizar la completa segmentación de las imágenes. Los resultados del sistema de conteo pueden ser fácilmente exportados en formato Microsoft Excel para posteriores evaluaciones y análisis.
Color Composite	Color composite añade el matiz de color apropiado para imágenes mono-cromáticas de fluorescencia.
Requisitos Hardware	CPU: IntelCore2 2.8GHz o superior 2GB de memoria mínimo Conexión USB: 2.0 o 3.0 Pantalla de 17" o superior CD-Rom

Contacto: comercial@microscopiadigital.es / info@microscopiadigital.es





Indura 6010

Clasificación AWS: E-6010

- Electrodo para acero al carbono
- Con hierro en polvo
- Toda posición
- Corriente continua. Electrodo positivo

- Revestimiento: Rojo
- Aprobado por el Lloyd's Register of Shipping, American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Germanischer Lloyd y Det Norske Veritas.

Descripción

Electrodo con polvo de hierro en el revestimiento, que permite una velocidad de depósito mayor y una aplicación más fácil, junto con propiedades mecánicas sobresalientes. La estabilidad del arco y el escudo protector que da el revestimiento ayudan a dirigir el depósito reduciendo la tendencia a socavar. Está diseñado según los últimos adelantos técnicos para lograr óptimos resultados prácticos.

Usos

Este electrodo tiene un campo de aplicación muy amplio, en especial cuando es necesario soldar en toda posición.

Aplicaciones típicas

- Estanques
- Tuberías de presión
- Estructuras
- Cañerías

- Planchas corrientes
 - Barcos y galvanizadas
- Procedimiento para soldar

Para obtener los mejores resultados, se recomienda un arco de longitud mediana que permita controlar mejor la forma y aspecto del cordón.

Para soldadura de filletes planos y horizontales, se recomienda mantener el electrodo a 45° con cada plancha, oscilándolo en el sentido del avance. El movimiento adelante tiene por objeto obtener buena penetración y el movimiento hacia atrás controla la socavación y la forma del cordón.

En la soldadura vertical se recomienda llevar el electrodo en un ángulo de casi 90°, inclinándolo ligeramente en el sentido de avance. Se debe llevar un movimiento de vaivén, alargando el arco para no depositar metal en el movimiento hacia arriba y luego acortándolo para depositar en el cráter y así controlar las dimensiones del depósito y la socavación.

Composición química (típica del metal depositado):

C 0,12%; Mn 0,60%; P 0,01%; S 0,020%; Si 0,24%

Características típicas del metal depositado:

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte (según norma AWS: A5.1-91):		Requerimientos según norma AWS: A5.1-91:
Resistencia a la tracción :	72.500 lb/pulg ² (500 MPa)	60.000 lb/pulg ² (414 MPa)
Límite de fluencia :	64.000 lb/pulg ² (441 MPa)	48.000 lb/pulg ² (331 MPa)
Alargamiento en 50 mm. :	26%	22%

Amperajes recomendados:

Diámetro pulg.	Electrodo mm.	Longitud pulg.	Electrodo mm.	Amperaje		Electrodos x kg. aprox.
				min.	max.	
3/32	2,4	12	300	60	90	75
1/8	3,2	14	350	80	110	35
5/32	4,0	14	350	110	160	24
3/16	4,8	14	350	150	200	17

Indura 7018 - AR

Clasificación AWS: E-7018

- Electrodo para acero al carbono
- Con hierro en polvo
- Toda posición
- Corriente continua. Electrodo positivo
- Revestimiento: Gris

- Aprobado anualmente por el Lloyd's Register of Shipping, American Bureau of Shipping, Bureau Veritas, Germanischer Lloyd y Det Norske Veritas.

Descripción

El electrodo 7018-AR es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición. Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja.

Usos

El 7018-AR es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías. Por sus buenas propiedades físicas es ideal para ser usado en astilleros.

Aplicaciones típicas

- Aceros Cor-Ten, Mayari-R
- Luker 45 y 50
- Yolo y otros aceros estructurales de baja aleaci-n.

Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filares horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, se debe usar un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En la soldadura en posición de sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

Composición química (típica del metal depositado):

C 0,06%; Mn 1,00%; P 0,012%; S 0,015%; Si 0,48%

Características típicas del metal depositado:

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte (según norma AWS: A5.1-91):

Requerimientos según norma AWS: A5.1-91:

Resistencia a la tracción : 73.000 lb/pulg² (453 MPa)
 Límite de fluencia : 63.300 lb/pulg² (384 MPa)
 Alargamiento en 50 mm. : 30%

70.000 lb/pulg² (414 MPa)
 58.000 lb/pulg² (331 MPa)
 22%

Amperajes recomendados:

Diámetro pulg.	Electrodo mm.	Longitud pulg.	Electrodo mm.	Amperaje		Electrodos x kg. aprox.
				min.	max.	
3/32	2,4	12	300	70	120	65
1/8	3,2	14	350	120	150	32
5/32	4,0	14	350	140	200	19
3/16	4,8	14	350	200	275	14
1/4	6,4	18	450	275	400	7

Fuente: <https://www.yumpu.com/>

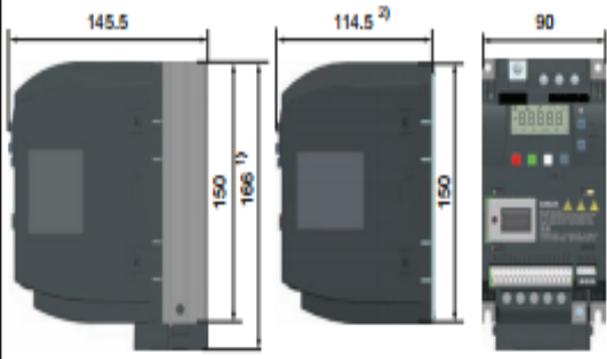
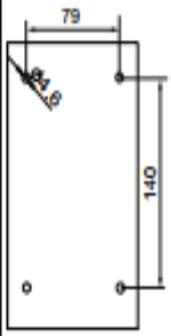
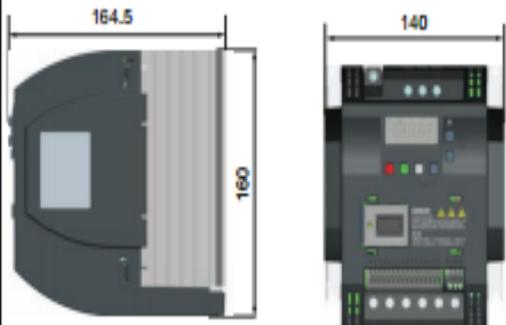
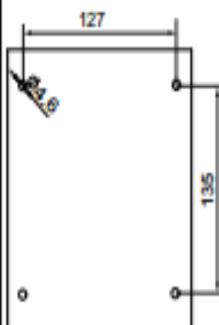
3.2 Montaje en panel de armario (tamaños de bastidor de A a D)

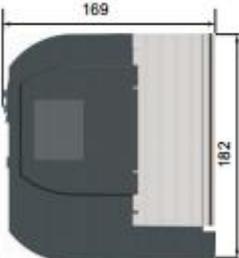
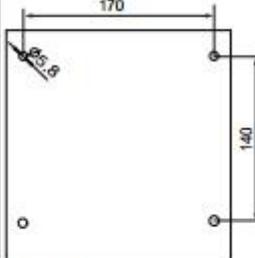
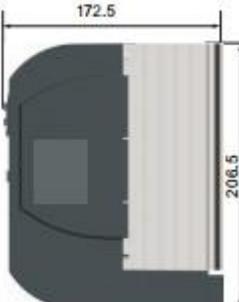
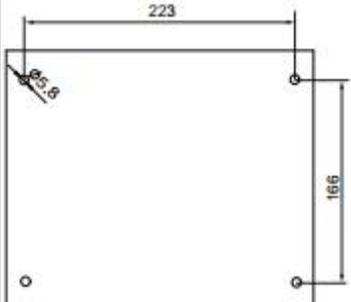
El convertidor se puede montar directamente en la superficie del panel del armario.

También se dispone de un método de montaje adicional para distintos tamaños de bastidor. Para obtener más detalles, consulte la sección siguiente:

- Montaje atravesado (tamaños de bastidor de B a D) (Página 24)

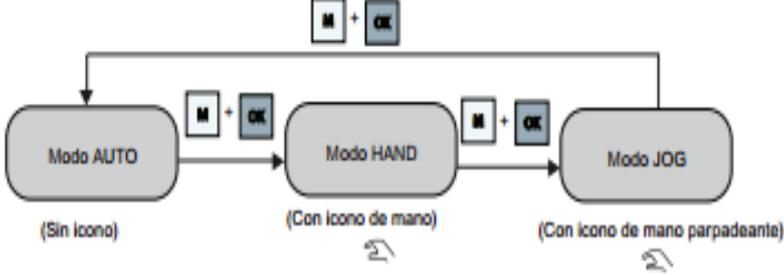
Dimensiones exteriores y plantilla de taladros

Dimensiones (mm)	Plantilla de taladros (mm)
<p>Tamaño de bastidor A</p>  <p>¹⁾ Altura del tamaño de bastidor A con ventilador ²⁾ Profundidad del convertidor de placa plana (solo variante de 400 V, 0,75 kW)</p>	 <p>Fijaciones: 4 x tornillos M4 4 x tuercas M4 4 x arandelas M4 Par de apriete: 1,8 Nm ±10%</p>
<p>Tamaño de bastidor B</p> 	 <p>Fijaciones: 4 x tornillos M4 4 x tuercas M4 4 x arandelas M4 Par de apriete: 1,8 Nm ±10%</p>

Dimensiones (mm)		Plantilla de taladros (mm)
Tamaño de bastidor C		
		
		Fijaciones: 4 x tornillos M5 4 x tuercas M5 4 x arandelas M5 Par de apriete: 2,5 Nm \pm 10%
Tamaño de bastidor D		
		
		Fijaciones: 4 x tornillos M5 4 x tuercas M5 4 x arandelas M5 Par de apriete: 2,5 Nm \pm 10%

Funciones de los botones

	Detiene el convertidor	
	Una pulsación	Reacción parada OFF1: El convertidor hace que el motor pase a una parada en el tiempo de deceleración definido en el parámetro P1121. Nota: Si está configurado para que sea una parada OFF1, este botón está inactivo en el modo AUTO.
	Pulsación doble (<2 s) o pulsación larga (>3 s)	Reacción parada OFF2: El convertidor permite que el motor haga una parada natural sin emplear ningún tiempo de deceleración.

	<p>Arranca el convertidor</p> <p>Si el convertidor arranca en modo HAND/JOG, se muestra el icono de convertidor en funcionamiento ().</p> <p>Nota:</p> <p>Este botón está inactivo si el convertidor está configurado para el control desde bornes (P0700 = 2, P1000 = 2) y está en modo AUTO.</p>				
	<p>Botón multifunción</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="499 584 703 734">Pulsación breve (<2 s)</td> <td data-bbox="711 584 1315 734"> <ul style="list-style-type: none"> • Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente. • Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado. • Si se pulsa dos veces en la edición dígito a dígito, vuelve a la pantalla anterior sin cambiar el elemento que se está editando. </td> </tr> <tr> <td data-bbox="499 745 703 824">Pulsación larga (>2 s)</td> <td data-bbox="711 745 1315 824"> <ul style="list-style-type: none"> • Vuelve a la pantalla de estado. • Entra en el menú de configuración. </td> </tr> </table>	Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente. • Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado. • Si se pulsa dos veces en la edición dígito a dígito, vuelve a la pantalla anterior sin cambiar el elemento que se está editando. 	Pulsación larga (>2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Vuelve a la pantalla de estado. • Entra en el menú de configuración.
Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente. • Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado. • Si se pulsa dos veces en la edición dígito a dígito, vuelve a la pantalla anterior sin cambiar el elemento que se está editando. 				
Pulsación larga (>2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Vuelve a la pantalla de estado. • Entra en el menú de configuración. 				
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="499 835 703 949">Pulsación breve (<2 s)</td> <td data-bbox="711 835 1315 949"> <ul style="list-style-type: none"> • Cambia entre los valores de estado. • Entra en el modo de edición de valores o cambia al dígito siguiente. • Borra los fallos. </td> </tr> <tr> <td data-bbox="499 960 703 987">Pulsación larga (>2 s)</td> <td data-bbox="711 960 1315 987"> <ul style="list-style-type: none"> • Edición rápida de valores o números de parámetro. </td> </tr> </table>	Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Cambia entre los valores de estado. • Entra en el modo de edición de valores o cambia al dígito siguiente. • Borra los fallos. 	Pulsación larga (>2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Edición rápida de valores o números de parámetro.
Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Cambia entre los valores de estado. • Entra en el modo de edición de valores o cambia al dígito siguiente. • Borra los fallos. 				
Pulsación larga (>2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Edición rápida de valores o números de parámetro. 				
	<p>Hand/Jog/Auto</p> <p>Se debe pulsar para cambiar entre los distintos modos:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph LR AUTO[Modo AUTO (Sin icono)] -- "M + OK" --> HAND[Modo HAND (Con icono de mano)] HAND -- "M + OK" --> JOG[Modo JOG (Con icono de mano parpadeante)] JOG -- "M + OK" --> AUTO </pre> </div> <p>Nota:</p> <p>El modo Jog solo está disponible si el motor está detenido.</p>				
	<ul style="list-style-type: none"> • Al desplazarse por un menú, mueve la selección hacia arriba por las pantallas disponibles. • Al editar un valor de parámetro, aumenta el valor mostrado. • Cuando el convertidor está en modo RUN, aumenta la velocidad. • La pulsación larga (>2 s) de la tecla sirve para desplazarse rápidamente hacia arriba por números, índices o valores de parámetros. 				
	<ul style="list-style-type: none"> • Al desplazarse por un menú, mueve la selección hacia abajo por las pantallas disponibles. • Al editar un valor de parámetro, reduce el valor mostrado. • Cuando el convertidor está en modo RUN, reduce la velocidad. • La pulsación larga (>2 s) de la tecla sirve para desplazarse rápidamente hacia abajo por números, índices o valores de parámetros. 				
	<p>Invierte la dirección de rotación del motor. Al pulsar las dos teclas una vez activa la rotación inversa del motor. Al pulsar las dos teclas otra vez desactiva la rotación inversa del motor. El icono de reserva () de la pantalla indica que la velocidad de salida es opuesta a la consigna.</p>				

5.5.1.2 Configuración de datos del motor

Funciones

Este menú se ha diseñado para la configuración sencilla de los datos nominales de la placa de características del motor.

Menú de texto

Si establece P8553 en 1, los números de los parámetros de este menú se sustituyen por un texto breve.

Configuración de parámetros

Nota

En la tabla siguiente, "*" indica que el valor de este parámetro se debe introducir según la placa de características del motor.

Parámetro	Nivel de acceso	Función	Menú de texto (si P8553 = 1)
P0100	1	Selección de 50/60 Hz =0: Europa [kW], 50 Hz (valor predeterminado de fábrica) =1: Norteamérica [hp], 60 Hz =2: Norteamérica [kW], 60 Hz	 (EU - US)
P0304[0] *	1	Tensión nominal del motor [V] Tenga en cuenta que la entrada de los datos de la placa de características tiene que corresponder con el cableado del motor (en estrella/triángulo).	 (MOT V)
P0305[0] *	1	Corriente nominal del motor [A] Tenga en cuenta que la entrada de los datos de la placa de características tiene que corresponder con el cableado del motor (en estrella/triángulo).	 (MOT A)
P0307[0] *	1	Potencia nominal del motor [kW/hp] Si P0100 = 0 o 2, unidad de potencia del motor = [kW] Si P0100 = 1, unidad de potencia del motor = [hp]	P0100 = 0 o 2:  (MOT P)
			P0100 = 1:  (MOT HP)

Parámetro	Nivel de acceso	Función	Menú de texto (si P8553 = 1)
P0308[0] *	1	Factor de potencia nominal del motor (cosφ) Visible solamente cuando P0100 = 0 o 2	 (M COS)
P0309[0] *	1	Eficiencia nominal del motor [%] Visible solamente cuando P0100 = 1 El ajuste 0 produce el cálculo interno del valor.	 (M EFF)
P0310[0] *	1	Frecuencia nominal del motor [Hz]	 (M FREQ)
P0311[0] *	1	Velocidad nominal del motor [RPM]	 (M RPM)
P1900	2	Selección de la identificación de datos del motor = 0: Deshabilitada = 2: Identificación de todos los parámetros en parada	 (MOT ID)

I

Reset de fábrica del variador:

- 1 P0003 en 3
- 2 P0010 en 30
- 3 P0970 en 21

Privilegios

P0003 = 4 servicio técnico

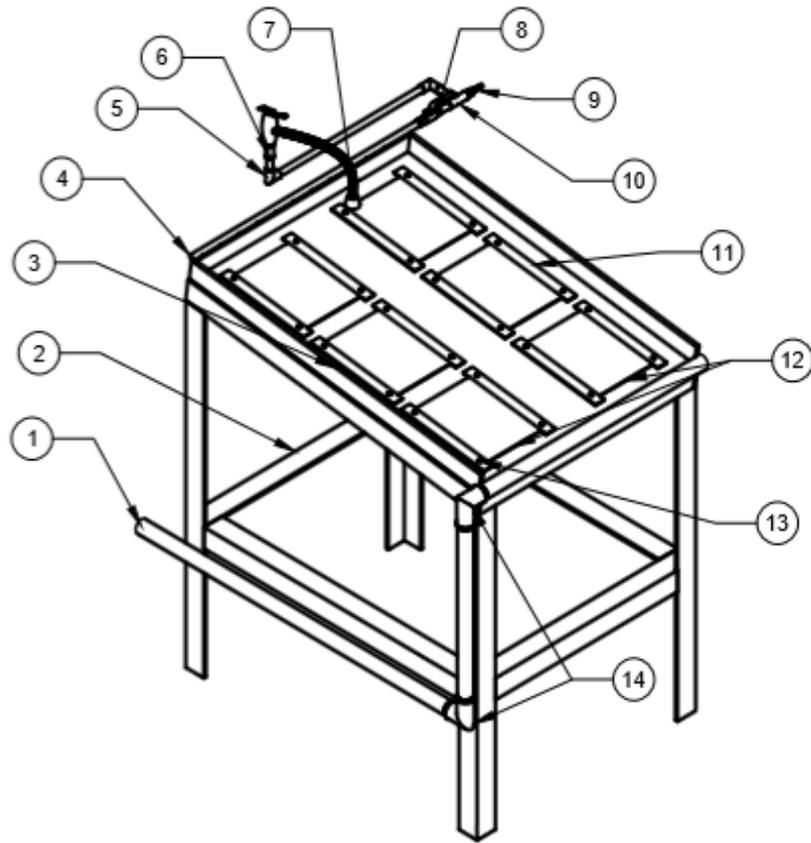
Valores del motor:

- 1 P0304 = tensión nominal del motor (230v)
- 2 P0305 = corriente nominal del motor (0.73A)
- 3 P0307 = potencia nominal del motor (0.12kw)
- 4 P0308 = cosφ (0.75)
- 5 P0310 = frecuencia nominal del motor (50hz)
- 6 P0311 = velocidad nominal del motor (1350rpm)
- 7 P1900 = selección de la identificación del motor (2)
- 8 P0100 = Europa / Norteamérica (0)

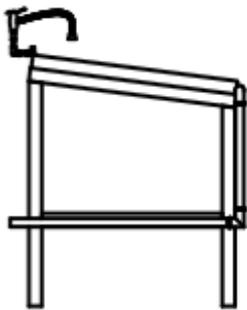
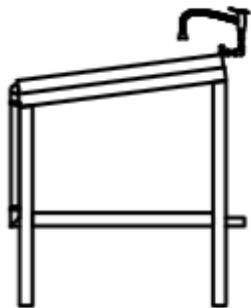
Fuente: file:///D:/v20_OPI_es-SP_es-ES.pdf

**PLANOS MECÁNICOS DEL
BANCO DE DESBASTE Y
PULIDO**

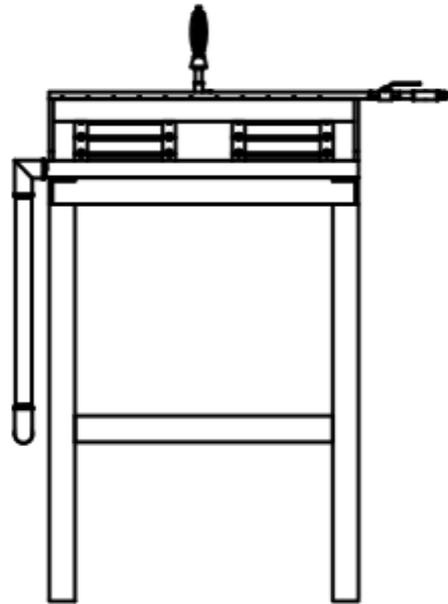
MODULO DE DESBASTE



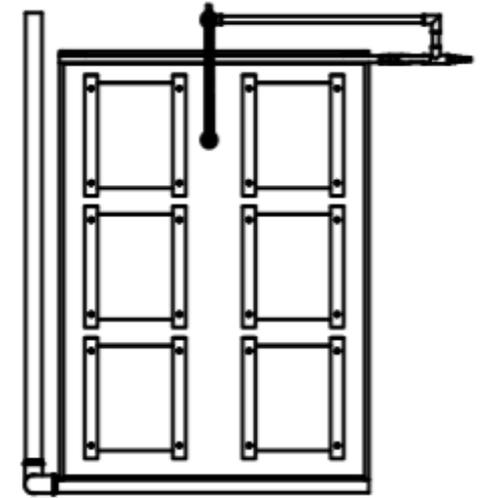
Vista Lateral



Vista Frontal



Vista Superior

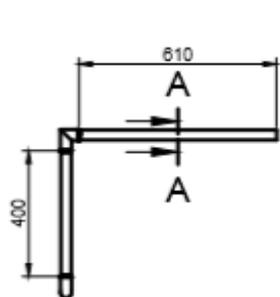


2	Unión en codo	C-4	14	Acero AISI 1008	1	Ø=1"1/4	
24	Pernos	C-4	13	Acero AISI 1045	0.05	1/4"	
6	Lijas	B-4	12	-	0.07	-	
18	Sujetador de lijas	B-4	11	ASTM A - 36	2	∠1" e=1/8	
1	Unión e "T"	B-3	10	Acero AISI 1008	0.3	Ø=1/2"	
1	Entrada de agua	B-3	9	Plástico	-	Ø=1/2"	
1	Llave de paso	A-3	8	Ac. Inox. 304	0.4	Ø=1/2"	
1	Tubería flexible	A-2	7	Ac. Inox. 304	2	-	
1	Unión para tubería	A-1	6	Acero AISI 1008	0.2	Ø=1/2"	
2	Unión en codo	A-1	5	Acero AISI 1008	0.2	Ø=1/2"	
1	Tubería goteo de agua	B-1	4	Acero AISI 1008	5	Ø= 1/2"	
1	Base soporte de lijas	B-1	3	ASTM A - 36	15	e=8mm	
1	Estructura metálica	B-1	2	ASTM A - 36	20	∠ 2"	
1	Tubería de salida de agua	C-1	1	Acero AISI 1008	5	Ø=1"1/4	
Nº de pieza	Denominación	No de Norma / Dibujo	No del modelo	No de orden	Material	Peso Kg/pieza	Observaciones

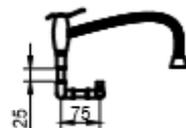
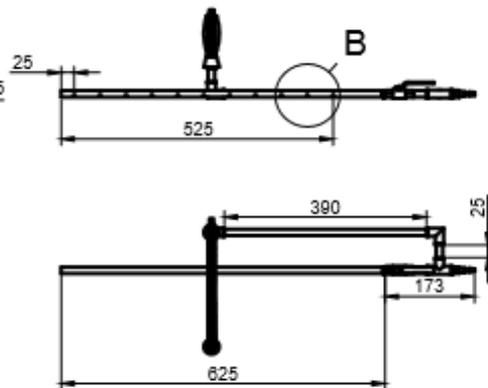
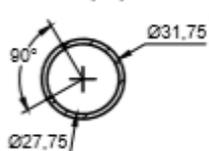
Tolerancia: +/- 0.5		Peso: 52 Kg		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA ELECTROMEQUÍNICA	
Fecha Dib:	08/10/15	Nombre:	Lumiquinga W.	Módulo de desbaste	Escala: 1:10
Rev:	18/12/15	Nombre:	Quispe J.		
Aprob:	29/12/15	Nombre:	Ing. Paredes J.		
Edición		Modificación		UTC CIYA	
Fecha		Nombre		100	
SUSTITUYE A:					

DIMENSIONES DE LA TUBERÍA

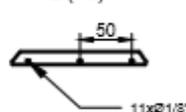
Tubería de salida de agua



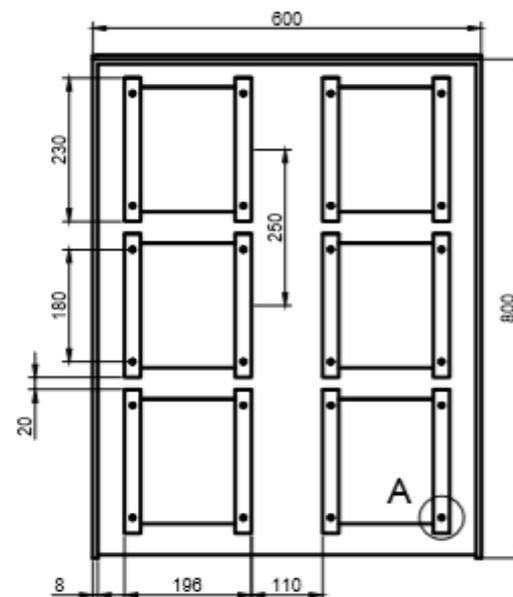
Sección A-A (1:2)



Detalle B (1:5)

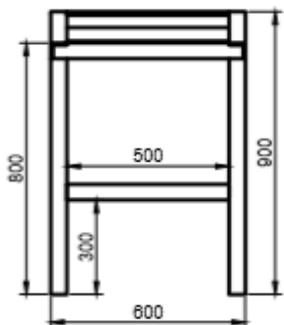


Vista Superior de las lijas

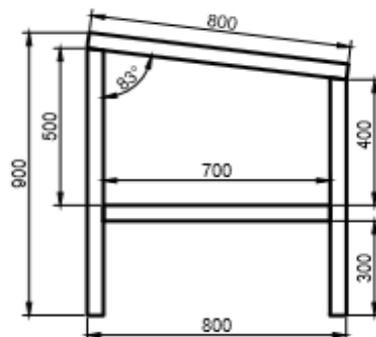


DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA

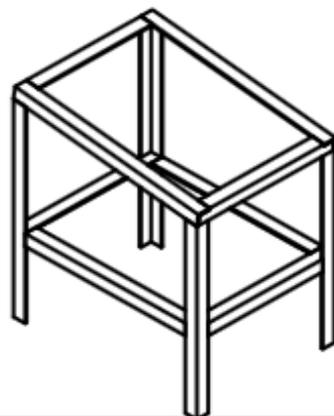
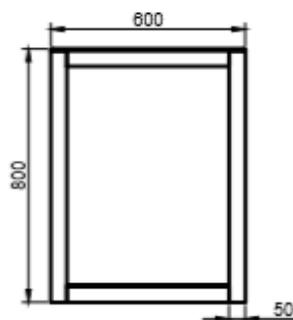
Vista Frontal



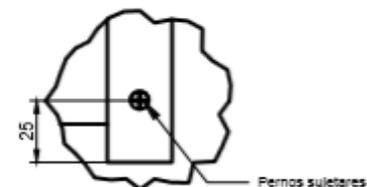
Vista Lateral Izquierda



Vista Superior

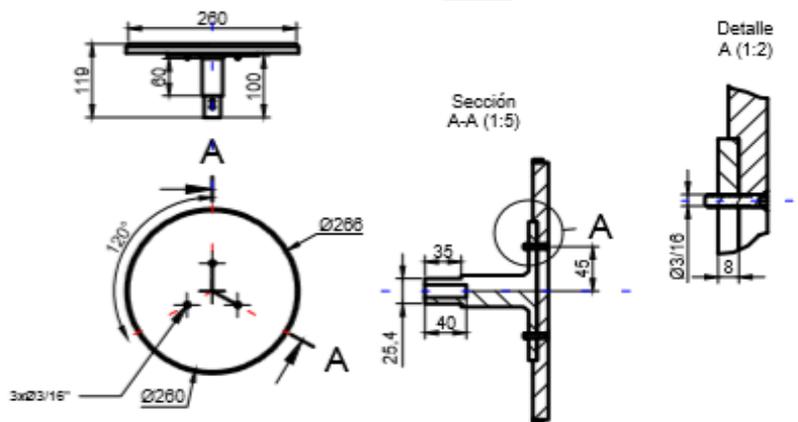


Detalle A (1:2)

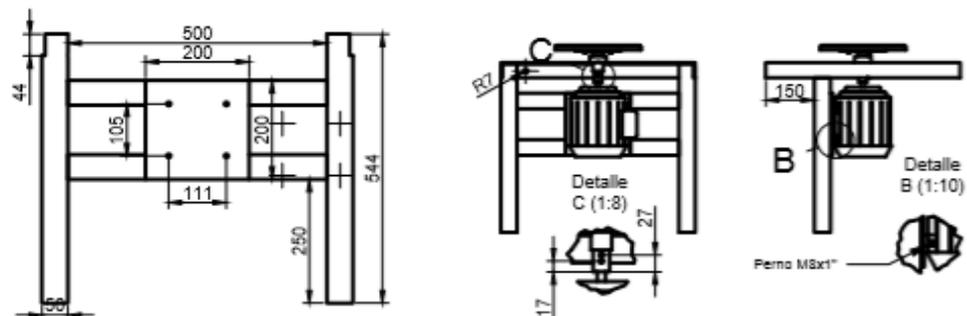


Nº de pieza	Denominación	No de Norma / Dibujo	No del modelo	No de orden	Material	Peso Kg/pieza	Observaciones
		Tolerancia: +/- 0.5	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
		Fecha	Nombre	Dimensiones			Escala: 1:10
		Dib: 08/10/15	Lumiquinga W.	100-101			
		Rev: 18/12/15	Qutspe J.	BUSTIUYE A:			
		Aprob: 28/12/15	Ing. Faredes J.	UTC CIYA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

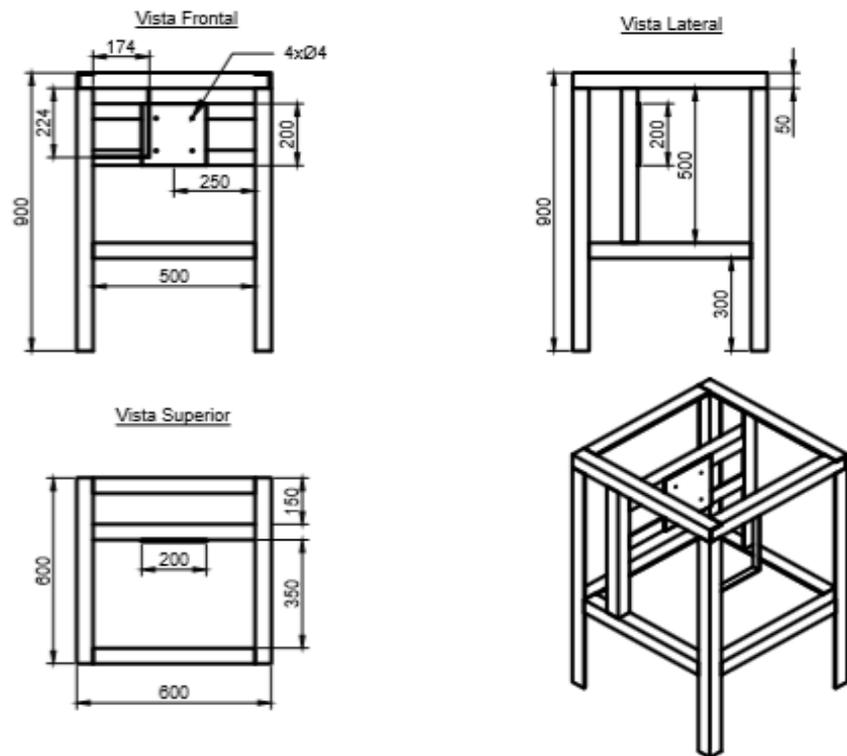
DIMENSIONES DE LA BASE DE PULIDO



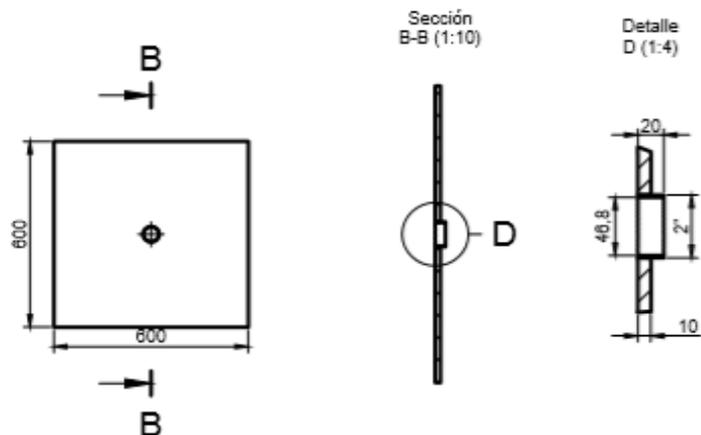
DIMENSIONES DE LA BASE DEL MOTOR



DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA



DIMENSIONES DE LA CUBIERTA SUPERIOR



Nº de pieza	Denominación	No de Norma / Dibujo	No del modelo	No de orden	Material	Peso Kg/pieza	Observaciones	
		Tolerancia: +/- 0.5	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA				
		Fecha: 08/10/15	Nombre: Lumiquinga W.	Dimensiones				Escala: 1:10
		Rev: 18/12/15	Nombre: Quispe J.					
		Aprob: 29/12/15	Ing. Paredes J.					
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTC CIYA		200-201		
				SUSTITUYE A:				

MANUAL DE USUARIO DEL BANCO METALOGRÁFICO

MANUAL DE USUARIO

Este manual está elaborado y destinado a los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de las Universidad Técnica de Cotopaxi.

INTRODUCCIÓN

El presente documento está dirigido a entregar las pautas de operación de todo el equipo del banco metalográfico.

Esta guía de usuario contiene un conjunto de cuidados que se desarrolla para el buen funcionamiento del banco metalográfico, detallando con claridad cada uno de los pasos que conlleva al perfecto funcionamiento del equipo.

OBJETIVOS

Identificar los diferentes tipos de microestructura en los aceros, mediante la preparación de probetas, empleando un microscopio metalográfico.

PROGRAMA

1. Manejo y cuidado de los medios.
2. Preparación de probetas.
3. Análisis Metalográfico.
4. Reconocimiento de las muestras (Acero, Fundición, Aleación)
5. Prácticas de Fotografía.

DESARROLLO

En el laboratorio de Electromecánica de la Universidad de la Universidad Técnica de Cotopaxi, le ofrecemos información para los estudiantes y docentes.

Para ello contamos con los siguientes equipos.

- Banco de desbaste.
- Banco de pulido.
- Microscopio metalográfico.

REGLAS DE SEGURIDAD DEL BANCO METALGRÁFICO

Para evitar accidentes ocasionados por su mal uso, es necesario que siga las siguientes reglas de seguridad que a continuación se describen.

Banco de desbaste

Este equipo es utilizado para dar un desbaste superficial a las probetas mediante la utilización de papeles abrasivos.

Funcionamiento: Para este ensayo es necesaria la preparación previa de la muestra como se explica a continuación:

Desbaste grueso: la muestra se desbasta con papel de lija que van desde la 80, 150 y 220 micras, además tienen incorporado una llave de paso y otra flexible, para dispersar un refrigerante, comúnmente agua.

El desbaste se lo realiza en un solo sentido durante 2 minutos o el tiempo necesario y luego perpendicular o girar la muestra 90° para que en la superficie desbastada se forme cuadrículas, este procedimiento se debe realizar en cada uno de los papeles abrasivos.

Imagen 1. PAPEL ABRASIVO



Fuente: Grupo Investigador

Desbaste fino: el desbaste se lo realiza en las mismas condiciones que el desbaste grueso con la diferencia que el número de lija sea 320, 400 y 600 micras, de tal forma que la superficie plana quede como menos ralladuras por el tamaño de grano de la lija.

Imagen 2. BANCO DE DESBASTE



Fuente: Grupo Investigador

Recomendaciones

- Usar guantes quirúrgicos, lentes y mandil para realizar las prácticas en el laboratorio.
- Cumplir el plan de reparación y mantenimiento.
- Investigación previa sobre metalografía.

BANCO DE PULIDO

Funcionamiento: una vez que la maquina esté en funcionamiento, seleccionamos la velocidad de trabajo entre 400 y 600 rpm, colocamos la cara desbastada de las probetas sobre el paño de billar el cual debe ser humectado cada minuto con un atomizador que contiene la solución de alúmina, este procedimiento se lo realiza hasta conseguir un acabado tipo espejo.

Imagen 3. BANCO DE PULIDO



Fuente: Grupo Investigador

Esta es la última aproximación a una superficie plana libre de ralladuras se obtiene mediante el disco giratorio húmedo, es recomendable pulir en dos veces de 2.5 minutos.

Variador de frecuencia

Una vez suministrada energía al banco de pulido se deberá manipular los botones de encendido y apagado que se muestra en el panel y en cuanto a los parámetros de velocidad del disco deberán ser regulados mediante los botones que se indica con las flechas en direcciones opuestas, cabe destacar que la velocidad nos regula en Hz. Para esto se deberá hacer la transformación mediante formula o por regla de tres en caso que se amerite aclaras las RPM.

Recomendaciones

- Revisar alimentación.
- Al momento de realizar cualquier ajuste o mantenimiento al equipo, es necesario que se desconecte la fuente de alimentación.

- Verificar que el paño este bien sujetado con el tambor.
- Tener cuidado al momento de humedecer los paños con la alúmina, se puede añadir accidental mente dentro del motor.

Imagen 4. VARIADOR DE FRECUENCIA



Fuente: Grupo Investigador

ATAQUE QUÍMICO

Este procedimiento se lo realiza con el propósito de revelar las características microestructurales del metal o aleación, para ello se emplea nital 2, reactivo químico indicado para aceros.

Imagen 5. NITAL



Fuente: Grupo Investigador

Una vez que se consiga un acabado especular o tipo espejo en el pulimentado, tomamos la probeta y la sumergimos la superficie pulida en la charola que se encuentra en la mesa del microscopio con el reactivo químico, por un tiempo de 10 a 30 segundos, tomamos la muestra y procedemos a lavarla con agua y la secamos con la secadora de cabello.

Recomendaciones

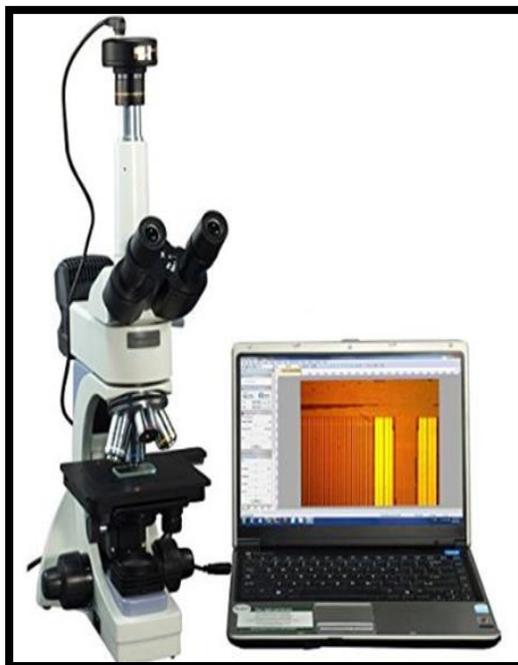
- Evitar cualquier contacto directo con la piel y los ojos.
- Evitar la inhalación.
- Prevenir cualquier derrame sobre el alcantarillado.
- No botar el reactivo químico, ya que se puede utilizar para futuras prácticas.

MICROSCOPIO METALOGRAFICO

Funcionamiento: una vez preparadas la probeta están en condiciones de ser observada en el microscopio, para lo cual seguimos las siguientes instrucciones.

1. Colocamos la probeta sobre la base del microscopio.
2. Seleccionamos los lentes con los cuales se realizara la observación.
3. Ajustamos la resolución de la imagen mediante los tornillos de enfoque.
4. Regulamos la intensidad de luz y brillo mediante los filtros de colores que vienen en el microscopio.

Imagen 6. MICROSCOPIO METALOGRAFICO



Fuente: Grupo Investigador

Para transmitir la imagen a la computadora seguimos las siguientes instrucciones.

1. Conectar el cable USB de la cámara a la computadora.
2. Abrimos el software ToupView.
3. Seleccionar en la pantalla la opción U3CMOS14000KPA.
4. Clic izquierdo en el icono snap.

Recomendaciones

- Jamás toque los lentes con las manos.
- Nunca forcé los tornillos de enfoque.
- Conservar limpia y seca la platina de observación.
- Es recomendable limpiar y revisar el microscopio después de una práctica.
- Después de una práctica primero apague el microscopio y luego desconecte la fuente de energía donde se alimenta.
- Cuando no se utilice el microscopio hay que mantenerlo cubierto con el protector o a su vez desmontarlo para evitar que se ensucie y dañe los lentes.
- Si no se utiliza de forma prolongada es necesario mantenerlo guardado dentro del mueble.

SOFTWARE TOUPVIEW 3.7

A continuación se detallan los iconos del software que mayor uso e importancia y la función que realiza.

- **Exposición & Brillo:** Auto exposición preestablecido o en modo manual, los parámetros de exposición pueden ser introducidos manualmente.
- **Balance de blancos:** Ajuste de balance de blancos con un avanzado y único "clic inteligente".
- **Temperatura y color:** Pueden ser ajustados manualmente.
- **Ajuste de color:** Saturación, brillo, contraste, gama, mediante valores ya pre-establecidos, etc.
- **Control de "Frame per second":** Ajuste de la velocidad de fotogramas disponible para distintas configuraciones de ordenadores.

- **Ajuste Frecuencia de alimentación:** Luz natural/DC, AC 50 HZ, AC60 HZ
- **Función "Anti-flicker":** Elimina completamente el parpadeo de las imágenes de video. **Función "Flip":** Permite corregir la posición de la muestra horizontalmente y verticalmente.
- **Modo Skin o Modo Bin:** El modo Bin permite obtener imágenes con un bajo nivel de ruido".
- **El modo Skip:** Obtiene imágenes más nítidas.
- **Parámetros disponibles:** Cargar, guardar, anotaciones, importar, exportar parámetros autodefinidos del panel de control de la cámara (incluye la información de calibración,
- **Funciones de Video Varias funciones profesionales:** Video reproducción; Captura instantánea; Grabación de video; Anotaciones en video; Mover anotaciones; Rotar anotaciones; Compartir Video; Video mediciones; Video calibraciones, Balance de grises; Video EDF; Composición de imágenes; Video escalas, fecha, etc.

Proceso de Imágenes Control y ajuste de imagen por contraste, ruido, gran variedad de filtros; rotación de imágenes, escalas, impresión.

Mediciones 2D Fácil calibración de video e imagen distintas mediciones disponibles para video e imágenes cómo área, perímetro, ángulo etc.

Las mediciones puedes ser controlada mediante las preferencias y ajustes definidos. Composición de Imágenes Esta función genera automáticamente una sola imagen mediante la combinación de una secuencia de imágenes obteniendo una perfecta imagen de grandes dimensiones.

- **EDF (Extensa Profundidad de Foco):** Permite generar una nítida imagen con la combinación de una secuencia de imágenes capturadas previamente a distinto nivel de foco.
- **Segmentación y Conteo:** Avanzado sistema de segmentación de hasta 6 imágenes y sistema de conteo. Permite la segmentación en modo manual

para garantizar la completa segmentación de las imágenes. Los resultados del sistema de conteo pueden ser fácilmente exportados en formato Microsoft Excel para posteriores evaluaciones y análisis.

- **Color Composite:** Añade el matiz de color apropiado para imágenes monocromáticas de fluorescencia.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Mantenimiento del bando de desbaste

Es recomendable cambiar los papeles abrasivos cada cierto periodo de tiempo, de acuerdo a las horas de uso que se tenga. Para cambiar esto se tiene aflojar los pernos que se tiene en las platinas con un destornillador estrella.

Nota: Es necesario revisar que no exista ninguna fuga de agua tanto en el sistema de humectación como en el de drenaje.

Mantenimiento del banco de pulido.

Motor trifásico.- el motor eléctrico necesita ser identificado y tratado como una máquina motriz cuyas características envuelven determinados cuidados, de los cuales depende su óptimo funcionamiento y su vida útil.

Para realizar el mantenimiento de este motor se debe inspeccionar periódicamente lo que se indica a continuación:

1. La carcasa debe mantenerse limpia, sin acumulamiento de aceite o polvo en su parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio.
2. Niveles de aislamiento.
3. La elevación de temperatura.
4. Cambio de los rodamientos anualmente (en caso que el banco este en frecuente trabajo).
5. Examinar eventualmente el ventilador.
6. Niveles de vibraciones de la estructura.

Variador de frecuencia: no cambiar los parámetros del motor en el variador, en caso de haberlo por error, revisar el manual de variador que puede encontrar en los anexos de la Tesis.

Mantenimiento del microscopio metalográfico

Este tipo de equipos en la industria son muy utilizados y por ende se recomienda tener un cuidado estricto para lo cual es recomendable.

- ***Limpieza de lentes:*** para realizar la limpieza de los lentes use un paño suave empapado en alcohol o éter, limpie el objeto que se utilizó al final de cada jornada de uso y el resto de lentes límpielos si están notoriamente sucios.
- ***Cambio de bombillo:*** Desenchufe el equipo del suministro eléctrico antes de hacer cualquier operación de mantenimiento, afloje el seguro y retire el bombillo del zócalo.

Nota: Si accidentalmente tocó el bombillo nuevo con los dedos, límpiela con un algodón humedecido con alcohol.