



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE PROYECTO DE CREACIÓN DE UN CENTRO
DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TRIBOLÓGICO DENTRO
LA FACULTAD DE MECÁNICA EN LA ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORA:

GABRIELA NICOLE MIRANDA MORENO

Riobamba-Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE PROYECTO DE CREACIÓN DE UN CENTRO
DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TRIBOLÓGICO DENTRO
LA FACULTAD DE MECÁNICA EN LA ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

Trabajo de integración curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORA: GABRIELA NICOLE MIRANDA MORENO

DIRECTOR: ING. JOSÉ ANTONIO GRANIZO Ph.D

Riobamba-Ecuador

2021


© 2020, Gabriela Nicole Miranda Moreno

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Gabriela Nicole Miranda Moreno, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de diciembre de 2021

**Gabriela Nicole
Miranda
Moreno**  Firmado digitalmente
por Gabriela Nicole
Miranda Moreno
Fecha: 2022.02.21
13:32:54 -05'00'

Gabriela Nicole Miranda Moreno

C.C. 171519064-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular; tipo: Proyecto Técnico; “**PROPUESTA DE PROYECTO DE CREACIÓN DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TRIBOLÓGICO DENTRO LA FACULTAD DE MECÁNICA EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”, realizado por la señorita: **GABRIELA NICOLE MIRANDA MORENO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Marco Haro PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 MARCO ANTONIO HARO MEDINA Firma electrónica	2021-08-05
Dr. José Antonio Granizo PhD. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: JOSE ANTONIO	2021-08-05
Ing. Manuel Morocho MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MANUEL MOROCHO AMAGUAYA	2021-08-05

DEDICATORIA

A Dios, por ser bueno conmigo y permitirme culminar un paso más de mi formación profesional pese a los tiempos que vivimos. A mi madre, Lupe Cecilia Moreno Aguirre por enseñarme con su ejemplo a no rendirme, incluso en los tiempos más oscuros y forjar mi carácter, por su amor y recorrer este trayecto a mi lado siendo el apoyo y pilar principal de mi vida para seguir adelante. A mi padre, Ángel Mesías Miranda Casco por brindarme palabras de aliento y consejos siempre que las necesitaba, a mis familiares, por siempre brindarme su apoyo y cariño incondicional siendo parte de mi formación.

Gabriela

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme salud, vida y entendimiento, a mis padres por estar siempre presentes apoyándome y brindándome todo a su disposición para que pueda culminar una anhelada meta, a mi familia cercana por haber contribuido con su granito de arena para hoy poder culminarla.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, sobre todo a la escuela de Ingeniería en Mantenimiento Industrial juntamente con sus docentes, por abrirme las puertas para comenzar a dar los pasos dentro de mi vida profesional, al director y al asesor de este trabajo por guiarme con paciencia en cada paso del desarrollo de este trabajo de tesis, a todas las personas que he conocido y me han apoyado durante el transcurso de esta etapa

Gabriela

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE GRAFICOS.....	xiv
INDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Justificación y actualidad	3
1.3. Problema	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
1.5. Consideraciones técnicas y tecnológicas	6
1.6. Resultados a alcanzar	6

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	7
2.1. La tribología y sus aplicaciones	7
2.1.1. La tribología	7
2.1.1.1. <i>Fricción</i>	7
2.1.1.2. <i>Lubricación</i>	7
2.1.1.3. <i>Desgaste</i>	7
2.1.1.4. <i>Ciencia de los materiales</i>	8
2.1.1.5. <i>Química</i>	8
2.1.1.6. <i>Mecánica de sólidos</i>	9
2.1.1.7. <i>Mecánica de fluidos</i>	9
2.1.1.8. <i>Tribología sustentable</i>	9

2.1.1.9.	<i>Nanotribología</i>	9
2.1.1.10.	<i>Biotribología</i>	10
2.1.1.11.	<i>Geotribología</i>	10
2.1.1.12.	<i>Tribología espacial</i>	10
2.2.	Los comités de tribología	11
2.1.1.	Definición de Comité	11
2.1.2.	Qué son los comités de tribología	11
2.1.3.	Cómo se forman los comités de tribología	12
2.1.4.	Comités de tribología y sus estudios relevantes	12
2.1.4.1.	<i>Imperial College London</i>	12
2.1.4.2.	<i>Universidad privada del norte de Perú</i>	16
2.1.4.3.	<i>Instituto de materiales polímeros en la academia de ciencias de Bielorrusia</i>	17
2.1.4.4.	<i>LTDS de Francia (Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes</i>	18
2.2.	La tribología en el Mantenimiento	20
2.2.1.	Prácticas tribológicas para el buen mantenimiento industrial	21
2.2.1.1.	<i>Análisis de aceites lubricantes</i>	21
2.2.1.2.	<i>Ensayo de desgaste mediante el contacto y rozamiento de dos materiales entre sí, planes tribológicos</i>	24
2.2.1.3.	<i>Máquinas para ensayos de fricción y desgaste</i>	26
2.2.1.4.	<i>Ejemplos de tribómetros</i>	30
2.2.1.5.	<i>Objetivos de la tribología en el mantenimiento</i>	32
2.3.	Proyectos tribológicos	33
2.3.1.	Estudio de mercado	33
2.3.2.	Estudio técnico	33
2.3.3.	Estudio administrativo y legal	34
2.3.4.	Estudios ambientales	35
2.3.5.	Estudio financiero	35

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLOGICO Y RESULTADOS	36
3.1.	Laboratorios y centros de tribología	36
3.1.1.	Laboratorios técnicos	36
3.1.2.	Laboratorios de tribología	37
3.1.2.1.	<i>Laboratorios de docencia</i>	37
3.1.2.2.	<i>Laboratorios de desarrollo e investigación tribológica</i>	37
3.1.2.3.	<i>Laboratorios de servicios tribológicos</i>	37

3.1.3.	Servicios que brindan los laboratorios de tribología	38
3.1.3.1.	Área de Lubricación	38
3.1.3.2.	Área de Desgaste	40
3.1.3.3.	Área de Fricción	41
3.1.4.	Servicio de carácter empresarial	42
3.1.5.	Análisis de la situación actual del laboratorio de Tribología de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH	43
3.1.5.1.	Activos físicos	44
3.1.5.2.	Equipos	44
3.1.6.	Análisis F.O.D.A del laboratorio actual	45
3.1.6.1.	Objetivo	45
3.1.6.2.	Amenazas	45
3.1.6.3.	Oportunidades	45
3.1.6.4.	Fortalezas	46
3.1.6.5.	Debilidades	46
3.1.6.6.	Matriz	47
3.1.7.	Propuesta de creación del centro tribológico	48
3.1.8.	Misión del proyecto	49
3.1.9.	Visión del Proyecto	49
3.2.	Estudio técnico del proyecto	49
3.2.1.	Infraestructura	49
3.2.1.1.	Layout propuesto	49
3.2.2.	Áreas Componentes	50
3.2.3.	Equipos	51
3.2.3.1.	Analizador de aceites para partículas bajo ISO 4406:99	51
3.2.3.2.	Tribómetro	53
3.2.3.3.	Rugosímetro	56
3.2.3.4.	Viscosímetro	58
3.2.3.5.	Microscopio metalográfico	60
3.2.4.	Elementos consumibles	62
3.2.5.	Herramientas	62
3.2.5.1.	Maquina pulidora para metales	62
3.2.5.2.	Balanza de precisión	63
3.2.5.3.	Pie de rey digital	64
3.2.5.4.	Caja de dados	66
3.2.6.	Listado de ensayos propuestos para el centro tribológico	66
3.2.7.	Recurso Humano	72

3.2.7.1.	<i>Líder del grupo</i>	72
3.2.7.2.	<i>Técnico de laboratorio N°1</i>	73
3.2.7.3.	<i>Miembro del comité científico N°1</i>	74
3.2.7.4.	<i>Miembro del comité tribológico N°2</i>	75
3.2.7.5.	<i>Miembro del comité tribológico N°3</i>	76
3.2.7.6.	<i>Secretaria</i>	77
3.3.	Estudio administrativo y legal del proyecto	77
3.3.1.	<i>Estructura Organizacional</i>	77
3.4.	Análisis Ambiental del proyecto	79
3.4.1.	<i>Medidas de Seguridad</i>	79
3.4.1.1.	<i>Equipos de protección personal (EPP)</i>	80
3.4.1.2.	<i>Buenas prácticas de un centro tribológico</i>	82
3.4.1.3.	<i>Normas personales para el laboratorio</i>	82
3.4.2.	<i>Medidas ambientales</i>	82
3.4.2.1.	<i>Recuperación de los aceites</i>	84
3.4.2.2.	<i>Reciclaje de los aceites</i>	84
3.4.2.3.	<i>Valorización energética</i>	84
3.4.2.4.	<i>Procedimientos ambientales recomendados para el centro tribológico en el área de lubricación</i>	85
3.5.	Aspectos financieros del proyecto	86
3.5.1.	<i>Inversiones del proyecto</i>	86
3.5.1.1.	<i>Acondicionamiento de áreas</i>	86
3.5.1.2.	<i>Señalética de seguridad</i>	88
3.5.2.3.	<i>Gastos de producción</i>	88
3.5.2.4.	<i>Gastos administrativos</i>	89
3.5.2.5.	<i>Gastos de ventas</i>	90
3.5.2.6.	<i>Rubros de inversión</i>	91
3.5.2.	<i>Beneficios o ingresos del proyecto</i>	91
3.5.2.1.	<i>Proyección de demanda de servicios de análisis de lubricante</i>	91
3.5.2.2.	<i>Hoja de costos y gastos</i>	93
3.5.2.3.	<i>Flujo neto de caja</i>	93
3.5.3.	<i>Evaluación del proyecto</i>	94
3.5.3.1.	<i>Valor actual neto (VAN)</i>	94
3.4.5.2.	<i>Tasa Interna de retorno (TIR)</i>	95
3.4.5.3.	<i>Período de recuperación de la inversión (PRI)</i>	96
3.4.5.4.	<i>Relación beneficio/costo</i>	96

CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Comité principal del laboratorio de investigación Imperial College London	13
Tabla 2-2:	Consejo científico del laboratorio de la academia de ciencias de Bielorrusia	17
Tabla 3-2:	Grupo de tribología y fatiga de materiales del laboratorio LTDS (TFM).....	19
Tabla 4-2:	Grupo de tribología: superficie, fricción, vibración (SFV)	19
Tabla 5-2:	Grupo de comprensión de fenómenos elementales en tribología (ComPETe)	20
Tabla 1-3:	Recopilación de oferta de ensayos para lubricantes, su normativa y precio aproximado.	39
Tabla 2-3:	Recopilación de oferta de ensayos para desgaste de materiales y su normativa...	41
Tabla 3-3:	Recopilación de oferta de ensayos de fricción y su normativa.....	41
Tabla 4-3:	Empresas con laboratorios de análisis de lubricantes en Ecuador	42
Tabla 5-3:	Elementos consumibles básicos para el centro tribológico	62
Tabla 6-3:	Listado de ensayos y normativa	67
Tabla 7-3:	Tabla de definición de equipo de protección personal	81
Tabla 8-3:	Tabla de acondicionamiento de áreas	86
Tabla 9-3:	Tabla de mobiliario y equipo secretaria	87
Tabla 10-3:	Tabla de mobiliario y equipo líder del grupo	87
Tabla 11-3:	Tabla de mobiliario y equipo área técnica	87
Tabla 12-3:	Tabla de mobiliario y equipo área de herramientas y limpieza	87
Tabla 13-3:	Sueldos de técnico de laboratorio.....	88
Tabla 14-3:	Tabla de materiales-reactivos para prestación de servicio.....	88
Tabla 15-3:	Tabla de sueldos de personal administrativo del centro	89
Tabla 16-3:	Tabla de servicios básicos.....	89
Tabla 17-3:	Tabla de materiales de limpieza.....	89
Tabla 18-3:	Tabla de depreciaciones	90
Tabla 19-3:	Tabla de gastos de ventas.....	90
Tabla 20-3:	Tabla de inversiones del proyecto.....	91
Tabla 21-3:	Tabla de proyecciones de demanda de servicios y venta de aceites lubricantes desde el año 2019.....	92
Tabla 22-3:	Tabla de proyecciones de demanda insatisfecha	92
Tabla 23-3:	Tabla de ingresos anuales y sus proyecciones.....	92
Tabla 24-3:	Tabla de costos y gastos del proyecto	93
Tabla 25-3:	Tabla de flujo neto de caja.....	94
Tabla 26-3:	Tabla de VAN (Valor actual neto del 4%).....	95
Tabla 27-3:	Tabla de valor actual neto 6%.....	95

Tabla 28-3: Tabla de ingresos y costos actualizados96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Extracción de muestra por medio de válvula.....	23
Figura 2-2:	Bomba de vacío para muestra de aceites lubricantes	24
Figura 3-2:	Esquemas de ensayos de desgaste	26
Figura 4-2:	Bosquejo de tornillo sobre mesa oscilante.....	27
Figura 5-2:	Bosquejo de deslizamiento sobre superficie plana	27
Figura 6-2:	Bosquejo de tornillo sobre buje.....	28
Figura 7-2:	Bosquejo de Cilindros cruzados	28
Figura 8-2:	Bosquejo de Cilindros cruzados	28
Figura 9-2:	Bosquejo de máquina de cuatro bolas	29
Figura 10-2:	Esquema de la máquina de ensayos de abrasión según norma ASTM G-65.....	29
Figura 11-2:	Bosquejo de tornillo sobre disco	30
Figura 12-2:	Tribómetro TRB3 tipo perno en disco.....	30
Figura 13-2:	Tribómetro universal UMT TriboLab	31
Figura 14-2:	Tribómetro TRIBO-technic tipo deslizamiento sobre superficie plana.....	31
Figura 1-3:	Edificio de laboratorios de la facultad de mecánica de la ESPOCH.....	43
Figura 2-3:	Laboratorio de tribología actual	44
Figura 3-3:	Análisis F.O.D.A. del laboratorio de tribología actual	47
Figura 4-3:	Layout del centro tribológico	50
Figura 5-3:	Analizador de aceites para partículas Pamas SBSS	51
Figura 6-3:	Tribómetro universal con módulos intercambiables	53
Figura 7-3:	Rugosímetro PCE-RT 2300-ICA	56
Figura 8-3:	Viscosímetro Viscolite d21	58
Figura 9-3:	Características generales que puede poseer un microscopio metalográfico	60
Figura 10-3:	Microscopio metalográfico Delphi.....	60
Figura 11-3:	Características del microscopio metalográfico Delphi	61
Figura 12-3:	Pulidora de metales PlanarMetTM 300 Series	62
Figura 13-3:	Balanza de precisión Kern PLS 1200-3A.....	63
Figura 14-3:	Pie de rey digital Mahr	65
Figura 15-3:	Juego de dados marca Stanley	66
Figura 16-3:	Organigrama del centro tribológico.....	78

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-3: Análisis F.O.D.A. del laboratorio de tribología actual	47
--	----

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Equipos del laboratorio actual de tribología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ANEXO B: Ensayo de abrasión según NORMA ASTM G-65

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto técnico es proponer la creación de un Centro de Investigación y Desarrollo Tribológico en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el trabajo se resaltó la importancia de la existencia de un centro tribológico en el país, con la finalidad de realizar investigaciones dentro del campo y reforzar conocimientos de los estudiantes que toman la asignatura de Tribología en la Carrera de Mantenimiento Industrial, se realizó un diagnóstico de la realidad actual de la Tribología en el país, su desarrollo y avance, dejando entrever que el Ecuador es uno de los pocos países que no posee un centro de tales características. Se propuso que el centro cuente con enfoques dirigidos a la investigación, docencia y oferta de servicios para la industria ecuatoriana, basado en la determinación de los sectores industriales, sus necesidades de servicios y demanda mediante análisis de mercado; los equipos, materiales, herramientas, personal afín al centro, y ensayos, los cuales se encuentran estandarizados con normas internacionales como la ASTM, DIN e ISO; además de la realización de análisis financieros, medio ambientales, gestión de activos para equipos y herramientas de laboratorio, etc. Esta propuesta de centro tribológico pretende crear desarrollo, análisis e implementación de los logros de la tribología en el país, enfocándose de manera primordial en ámbitos investigativos y de docencia. Pese a que la tribología es una ciencia no muy reconocida dentro del país, abarca en sus diferentes áreas casi al 75% de la industria y sus sectores con lubricación, fricción o desgaste como áreas básicas.

Palabras clave: <INDUSTRIA> <INVESTIGACIÓN> <DOCENCIA> <CENTRO TRIBOLÓGICO> <DESARROLLO TRIBOLÓGICO>



Firmado electrónicamente por:
**ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA**



0191-DBRA-UPT-2022

SUMMARY

The objective of this technical project is to propose the creation of a Tribological Researcher and Development Center into the Mechanics Faculty at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. The work emphasized the importance of the existence of a tribological center in the country, to carry out research in this field and reinforce the students' knowledge who take the Tribology subject at Industrial Maintenance Career. A diagnosis was made about the current reality of tribology in the country, its development and progress, showing that Ecuador is one of the few countries that does not have a center of these characteristics. It is proposed that the center has approaches aimed at researching, teaching and offering services for the Ecuadorian industry, based on the identification of the industrial sectors, service needs and demand through market analysis; the equipment, materials, tools, and personnel related to the center, and tests which are standardized with international standards such as ASTM, DIN and ISO. In addition to carrying out financial and environmental analyses, asset management for the laboratory equipment and tools, etc. This tribological center proposal aims to create development, analysis, and implementation of the achievements of tribology in the country, focusing primarily on research and teaching areas. Even though tribology is a science that is not widely recognized within the country, in its different areas it covers almost 75% of the industry and its sectors with lubrication, friction or wear as basic areas

Keywords: <INDUSTRY> <RESEARCH> <TEACHING> <TRIBOLOGICAL CENTER>
<TRIBOLOGICAL DEVELOPMENT>

SANDRA
PAULINA
PORRAS
PUMALEMA

Firmado
digitalmente por
SANDRA PAULINA
PORRAS PUMALEMA
Fecha: 2022.02.08
17:26:03 -05'00'

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se busca implementar el estudio de la tribología como parte de enseñanza, mediante el desarrollo e implementación de un laboratorio que permita adquirir nuevos conocimientos de como la fricción, el desgaste y la lubricación, los cuales tienen una función fundamental en la vida de los elementos de las máquinas, tales como por ejemplo las pistas de rodamiento en ejes son sometidas a fricción que desemboca en un desgaste. Para lo cual se va a empezar definiendo que la tribología es la ciencia que estudia la interacción entre superficies en movimiento relativo, siendo así que se encarga del estudio de la mecánica de contacto modificaciones de superficies, fricción, mecanismos de daño superficial y lubricación. Además, toma en consideración como ayuda para llegar a resolver problema en la maquinaria, procesos industriales con la presencia de equipos tales como en motores de combustión y eléctricos, rolado, turbinas, forja, compresores, entre otros.

Los pioneros de usar con fines técnico-económicos los conceptos de tribología fueron los ingleses los cuales determinaron un plan de trabajo basado en el estudio de la fricción, permitiendo reducir la fricción y con ello el consumo de energía en la maquinaria. Gracias a su rentabilidad se empezó a desarrollar hasta incrementara la productividad. Las maquinas son las herramientas más fuertes creadas por el ser humano, por lo cual es necesario que tengan las mejores cualidades en sus materiales que lleguen a garantizar la calidad del trabajo y las piezas tengan una mayor durabilidad, siendo necesario el conocimiento de las condiciones que están sometidos. Para lo cual, se desea crear una propuesta de proyecto de creación de un centro de investigación y desarrollo tribológico en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. El trabajo de titulación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Contiene el abordaje inicial del proyecto, es decir, los antecedentes, planteamiento del problema, justificación, el objetivo general y específicos del proyecto.

Capítulo II: Este capítulo contiene toda la conceptualización que se considera necesaria para un correcto entendimiento de la metodología de desarrollo que se utiliza, herramientas informáticas, conceptos generales de interés, entre otros complementos.

Capítulo III: Siendo este capítulo, el marco metodológico, describe el tipo del proyecto que se está realizando, los métodos y técnicas que se utilizarán, así como las actividades del plan de trabajo para desarrollar, así como obtener los resultados, y tener en consideración el análisis económico para su implementación.

Capítulo IV: En este capítulo, por otro lado, se evidencia las conclusiones resultantes del proyecto. Además de mostrar las recomendaciones para la creación del centro de investigación y desarrollo de tribológico.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

“La tribología surgió en el Reino Unido, en respuesta a la necesidad de incrementar la eficacia de los procedimientos y métodos industriales, frente a la avalancha de problemas económicos” (Espuñes, 1987)

La tribología, la cual se ha venido desarrollado de manera abrupta desde el año 1966 en la cual la Comisión del Ministerio de Educación y Ciencia de Gran Bretaña la reconoce como una nueva disciplina científica en la cual se involucran otras ciencias como la física, química, metalurgia, materiales, Etc. Al percatarse que con una correcta implementación de esta ciencia se puede economizar desde materias primas hasta materiales energéticos es donde nace su potencial, lo cual estimuló a países considerados potencias mundiales a comenzar investigaciones acerca de la fricción, lubricación, desgaste y fatiga principalmente, llegando a datos estadísticos que tan solo el desgaste y la fatiga son los responsables de alrededor del 95% de la salida de servicio de la maquinaria dentro de grandes y versátiles industrias (Pérez, 2002) , excluyendo a la maquinaria que continua trabajando con fallos pero a su vez con una significativa perdida de eficiencia al desempeñar la función requerida.

“La mayoría de las consecuencias de la fricción y el desgaste se consideran negativas, tales como el consumo de energía y la causa de las fallas mecánicas, sin embargo, existen beneficios fundamentales de la fricción y el desgaste.” (Linares, 2010)

Con estos avances se ha tenido en cuenta que para un desarrollo e implementación garantizada dentro de la industria es necesaria la complementación del trabajo investigativo, y experimental lo cual lo sustenta el punto de vista Baconiano dentro de la educación para poder llegar a un conocimiento que sea catalogado como verídico, y dentro del ámbito industrial para poder observar el comportamiento de los materiales y de sus superficies con y sin lubricantes, sus beneficios y perjuicios a nivel macroscópico y microscópico, por lo que es necesario complementar la teoría con la práctica para desarrollar nuevas estrategias, métodos, e implementar una cultura tribológica basada en datos, hechos científicos y comprobables y no simplemente guiada por manuales y llevada de manera empírica como se lo sigue haciendo en varias industrias dentro del país.

1.2. Justificación y actualidad

En el Ecuador la tribología todavía tiene un desarrollo limitado, como ciencia y técnica pluridisciplinaria y multisectorial que debería desarrollarse y aplicarse dentro de industrias pesadas y medianas como herramienta fundamental para prolongar la vida útil de la maquinaria, con reducción de costos de producción. En la industria se maneja un conocimiento empírico sobre la tribología, en la mayoría de los casos el encargado del mantenimiento se guía por los manuales del fabricante; de esta manera se le brinda una mínima importancia a esta disciplina, así como el avance y desarrollo de la misma.

Dentro del campo de la ingeniería en las universidades, está siendo incluida como una asignatura obligatoria en las mallas curriculares, principalmente en el área de la ingeniería mecánica y del mantenimiento industrial. Una de las principales razones para que la tribología sea designada como asignatura obligatoria se debe a que se encuentra ligada con ramas que mueven la economía como son: el ahorro energético, la lubricación, el estudio de nuevos materiales y aleaciones de los mismos con mejores propiedades mecánicas y físico-químicas, aplicaciones tribológicas en el diseño de pares y sistemas tribotécnicos, mantenimiento industrial, entre otras.

La tribología después de ser una ciencia de rápido desarrollo, actualmente ha encontrado mucho campo e impulso en el área del mantenimiento industrial, ya que se estudia el desgaste de los elementos causados por fuerzas externas para reducir los problemas de los elementos mecánicos que conforman la maquinaria, como son fricción, desgaste y fatiga, las cuales son unas de las principales causantes de la disminución de rendimiento que debería cumplir la maquinaria, “El monitoreo del control del desgaste constituye ahora uno de los principales objetivos, tanto en el diseño mecánico como en las operaciones de mantenimiento” (Diseño de una máquina tribológica para caracterizar desgaste adhesivo , 2015). Lo cual nos da como resultado un trabajo con menor eficiencia de la esperada, con el tiempo esto conllevaría averías, fallos y en el peor de los casos una pérdida total de la pieza.

El impacto de la tribología en el mantenimiento industrial, se debe al estudio de los fenómenos de la fricción, ya que muchos de los mecanismos en la maquinaria pueden desplazarse, fijarse, frenarse, entre otros gracias a este fenómeno entre superficies en contacto, sin embargo, esto implica desgaste de las mismas. La lubricación ayuda a que dicho desgaste se reduzca gracias a la película protectora que se crea entre superficies si se tiene una lubricación adecuada, con una buena frecuencia y tipo de lubricante.

1.3. Problema

Desde el año 1966 que la tribología fue reconocida como una ciencia por Reino Unido, han existido varios países como Estados Unidos de América (USA), la misma Gran Bretaña e incluso la antigua Unión Soviética que han dado o dieron paso en su momento para el desarrollo y avance de la tribología, con investigaciones más profundas lo cual ayudo al desarrollo de sus industrias y economía. Grandes investigadores de la tribología como Williams, determino que un tercio del consumo de energía total se va a perder en el rozamiento de elementos de maquinaria. (Martínez Pérez, 2002, pp. 9-10)

A lo largo de estos años, la tribología se ha extendido de manera global y se ha dado a conocer como ciencia en el mundo entero por sus aportes, ha llegado paulatinamente y de forma lenta a países de Sudamérica trayendo beneficio a las industrias y mejorando la confiabilidad de la maquinaria para producir de una manera eficiente y disminuyendo los costos de producción en la industria, sin embargo no existe una real implementación de la misma, donde se puedan elaborar planes tribológicos, hasta cálculos de lubricación y selección correcta de lubricantes según las condiciones de operación de los elementos de máquinas.

Si analizamos casos de laboratorios donde la tribología va de la mano con el mantenimiento industrial como es el caso de España, Reino Unido, Canadá, o Estados Unidos, se puede observar una situación distinta al Ecuador, sin embargo del estudio realizado se observa que en los países vecinos como Colombia cuenta con varios laboratorios de tribología, el primero se encuentra ubicado en la ciudad de Cali-Colombia en la Universidad del Valle que se especializa en investigaciones sobre fricción, lubricación y desgaste, además realiza practicas con los estudiantes de las diferentes carreras, otro ubicado en la ciudad de Medellín dentro de la Universidad Nacional de Colombia, y que colabora de manera continua con la “Revista Colombiana de Materiales”, sin embargo en el caso de Ecuador a la tribología no se le ha considerado como una ciencia de gran importancia y fundamental dentro de las empresas, tampoco dentro del campo educacional.

En la ESPOCH desde 1985 en la Facultad de Mecánica, carrera de Mantenimiento Industrial y actualmente en sus postgrados, se imparte esta asignatura, sin embargo el conocimiento teórico necesita ser complementado con prácticas para una mejor comprensión y desarrollo de la idea o teoría aprendida o planteada., como indica Pérez Gill en su obra “hacer activo el proceso de asimilación en la clase supondría más trabajo (dirigido) de los alumnos y más tiempo propio para éstos, aproximando así la asimilación a la construcción de conocimiento” (Pérez, 1993, p. 200).

Si se habla de industrias grandes ecuatorianas por ejemplo cementeras, emparadoras, camaroneras, etc. se puede constatar que en los planes de mantenimiento preventivo-predictivo no se toma en cuenta los principios tribológicos, en la mayoría de los casos el mantenimiento se basa en los manuales del fabricante, en conclusión esto nos da a entender que el conocimiento que se posee en la industrias es empírico o dictado por manuales valga la redundancia pese a que los análisis de aceite y otros procesos tribológicos están considerados como herramientas del mantenimiento predictivo según la ISO 18436-4. “el diseño, construcción y operación de máquinas y equipos sin tener en cuenta esta interacción disciplinaria (tribología) lleva a la obtención de sistemas mecánicos caracterizados por considerables pérdidas de energía, grandes períodos de tiempo improductivos, alto consumo de materiales y piezas de repuesto, costosos trabajos de reparación y mantenimiento. Lo anterior trae como resultado máquinas y equipos de baja eficiencia, productividad, durabilidad y fiabilidad.” (Castillo, y otros, 2019).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Proponer un proyecto de creación del centro de investigación y desarrollo tribológico en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1.4.2. Objetivos específicos

Realizar un estudio de las investigaciones tribológicas que se desarrollan en diferentes centros de tribología.

Determinar el alcance del centro de investigación y desarrollo tribológico, misión y visión dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Definir el campo de operación del centro de investigaciones.

Definir y establecer los activos físicos e intelectuales del proyecto según la normativa establecida.

Definir el campo de acción del centro tribológico.

Realizar el estudio administrativo legal del proyecto.

Elaborar el estudio y evaluación ambiental y financiera del proyecto de acuerdo a los requerimientos encontrados como, proveedores, recurso humano, adquisición de herramientas tecnológicas, equipos de laboratorio, materiales de laboratorio, etc.

1.5. Consideraciones técnicas y tecnológicas

En el proyecto de creación de un centro de investigación y desarrollo tribológico, el cual se desarrollará en el laboratorio de Tribología y Materiales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se utilizarán normativas para la determinación y propuesta de equipos.

1.6. Resultados a alcanzar

Al culminar el presente trabajo se pretende alcanzar los siguientes resultados:

- Identificar instrumentos, maquinaria, equipos, herramientas y normas con los que cuenta la Facultad de Mecánica en la actualidad dentro de la temática propuesta.
- Realizar una evaluación sobre las características técnicas que presentan cada uno de los activos físicos.
- Proponer maquinaria, equipos, herramientas y normas que permitan alcanzar los objetivos planteados.
- Proponer la formación de un comité investigador que planteen soluciones en el campo de la fricción, el desgaste y la lubricación.
- Determinar la viabilidad del proyecto.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. La tribología y sus aplicaciones

2.1.1. La tribología

La tribología está definida como la ciencia y técnica de las superficies en contacto y en movimiento relativo de acuerdo a *P. Josh*, y representa una disciplina científica que permite la investigación y variación de los procesos que surgen en las superficies en contacto y movimiento relativo, de acuerdo a lo determinado por *G. Fleisher* además es una disciplina que investiga la fricción, el desgaste y la lubricación, aspectos vitalmente importantes en el mantenimiento industrial. Esta ciencia se aplica con la finalidad de disminuir la fricción y por ende, el desgaste y la reducción del consumo energético en la industria.

2.1.1.1. Fricción

El concepto de fricción es usado para describir la pérdida de energía cinética cuando las superficies de sustancias o cuerpos tengan un movimiento relativo entre ellas. Se puede definir a la fricción como la resistencia que presenta un cuerpo cuando existe desplazamiento con otro. La fricción aerodinámica se produce entre un sólido y un gas, fricción líquida entre un sólido y un líquido, fricción interna cuando existe la pérdida de energía.

2.1.1.2. Lubricación

Estudio de los materiales lubricantes que son aplicados a la zona de fricción entre dos superficies con movimiento relativo, como se comporta su entorno y las consecuencias que tendrían estos materiales por el mismo, con la finalidad que no provoque daño en las superficies.

2.1.1.3. Desgaste

El desgaste se describe como un proceso complejo que se produce en la superficie de los cuerpos debido a la fricción que existe con otro cuerpo o medio que se encuentre en contacto con el antes mencionado, trayendo por consecuencia la variación de la micro y macro geometría superficial

de la estructura y de las propiedades mecánicas físicas del material con o sin pérdida del mismo.
(José Granizo, GOST 23.002.78, Material curso de tribología carrera de Mantenimiento Industrial, 2019)

El desgaste como fenómeno directo de la fricción constituye una de las partes principales del estudio de la tribología ya que se encuentra establecido que entre el 80 y 90% de los elementos de máquinas se sustituyen producto del desgaste, lo que demuestra la importancia de su estudio para el ingeniero de mantenimiento.

2.1.1. *Aplicaciones*

2.1.1.1. *Aplicaciones en la industria*

La tribología se caracteriza por ser una disciplina que tiene base en varias ciencias por lo cual es considerada como multidisciplinaria y utilizada en varias ramas de especialización principalmente en las ramas relacionadas a la ingeniería, el estudio de la tribología abarca desde grandes escalas hasta medidas nanométricas, sin embargo dentro de la industria en la mayoría de los casos se concentra mayoritariamente en transporte y manufactura, sin embargo a lo largo de las décadas de desarrollo se puede dividir en diversos campos:

2.1.1.4. *Ciencia de los materiales*

El incremento de la resistencia al desgaste de los diferentes órganos y piezas de máquinas, es de gran importancia en la actualidad debido al agotamiento de las diferentes fuentes naturales de materia prima y la sustitución por materiales alternativos que presenten excelentes propiedades tribológicas.

Durante el mantenimiento correctivo por recargue metálico tiene gran importancia, una selección adecuada de los materiales de aporte, en la actualidad se da relevancia a los recubrimientos por capas pulverizadas.

2.1.1.5. *Química*

En química de acuerdo a la investigación bibliográfica revisada se denota que no se encuentra del todo definida las reacciones químicas que se llevan a efecto durante la operación de los sistemas tribológicos.

2.1.1.6. Mecánica de sólidos

En la mecánica de sólidos es importante tomar en cuenta que los procesos tribológicos dependen en gran escala de sus superficies, aquí se debe tener en cuenta las características macro y micro geométricas de los cuerpos en contacto, así como las propiedades mecánicas de las capas superficiales.

2.1.1.7. Mecánica de fluidos

La mecánica de fluidos al estudiar el comportamiento de los lubricantes y su interacción con las variantes morfológicas en superficies deslizantes contribuyen un aporte a la tribología. Esta disciplina se esfuerza en realizar simulaciones y modelos de lo que ocurre en las interfaces que se deslizan con las superficies para los casos de películas finas, también se ha estudiado la influencia de la temperatura, rugosidad y reología de estas mismas películas al entrar en contacto.

2.1.1.8. Tribología sustentable

La tribología sustentable o conocida como tribología verde es aquella que busca el desarrollo de la ciencia sin consecuencias desagradables al planeta, la naturaleza y salud de la sociedad, pero sin que la ciencia pierda sus beneficios principales como son el ahorro energético, de materiales, etc. (A. López, 2017, p. 3)

2.1.1.9. Nanotribología

También es conocida como tribología molecular ya que estudia los fenómenos tribológicos y sus variantes en una escala molecular, con esto se refiere a estructuras con una escala de longitud aplicable a todo lo referente a la nanotecnología que ha llegado a su apogeo dentro de la última década, porque aquí la investigación se centra en fenómenos y procesos dependientes de la interacción entre moléculas y átomos

A la Nanotribología se le puede llamar el renacimiento de la fricción, en nano escala los enlaces atómicos y moleculares tiene un comportamiento diferente al estudiar la fricción; la superficie y el área si son factores que determinan el coeficiente de fricción y desgaste. (Cifuentes Castillo, 2017, p 1)

2.1.1.10. Biotribología

La tribología es una ciencia que estudia la fricción, desgaste y lubricación de superficies, pese a que es un término reconocido en el primer mundo, para muchas personas es un término nuevo, la biotribología abarca y estudia los mismos temas con la diferencia que este estudio está enfocado a sistemas biológicos, Cuando las superficies que interactúan pertenecen al cuerpo humano o animales, incluidas las articulaciones artificiales. (Di Puccio y Mattei 2015)

2.1.1.11. Geotribología

El estudio de lubricación, fricción, desgaste y adhesión para las agrupaciones de territorios que muestren características orográficas y paisajistas de manera homogéneas, debido a la participación de determinados procesos determinados como geodinámicos, en la actualidad o en el pasado, lo que da lugar a la existencia de determinados elementos geológicos (o combinación de los mismos) que caracterizan o definen el sistema. (Carcavilla Urqui et al., 2016, p. 18)

2.1.1.12. Tribología espacial

La tribología espacial está enfocada en analizar los sistemas tribológicos con capacidad de operar en las severas condiciones ambientales del espacio exterior, particularmente debido a las variaciones extremas de temperaturas. (Pilar, 2019)

La tribología espacial resulta ser una de las tantas ramas del campo de la lubricación, que juega un papel importante en satélites y naves espaciales en su confiabilidad en condiciones extremas (incluida la estación espacial). Abarca toda la gama de métodos tribológicos y regímenes, incluida la lubricación elastohidrodinámica, límite, y lubricación mixta.

Los lubricantes para los mecanismos de las naves espaciales se han elegido en base a condiciones espaciales en lugar de utilizar tecnología de punta o los mejores materiales disponibles. Al principio del programa espacial, esta estrategia casi siempre dio sus frutos, porque la vida útil de la misión y los ciclos de trabajo de los mecanismos eran mínimos. Cuando la vida útil de la misión se extendió, otros componentes de la nave espacial, como los componentes electrónicos, baterías y computadoras, fallaron antes que los sistemas de lubricación, sin embargo, en la última década, estos mismos componentes del mecanismo auxiliar de la nave se han mejorado de manera considerable y los sistemas tribológicos se han convertido en el factor limitante de la fiabilidad y el rendimiento de las naves espaciales. Aunque los componentes tribológicos representan solo

una pequeña fracción del costo de la nave espacial, a menudo son fallas de un solo punto que pueden hacer que un satélite costoso sea totalmente inútil. (Jansen & Jones Jr, 2000, p. 1)

2.2. Los comités de tribología

2.1.1. Definición de Comité

“Órgano representativo de los trabajadores de una empresa o centro de trabajo para la defensa de sus intereses.” (ASALE, 2014)

2.1.2. Qué son los comités de tribología

Los comités de tribología son grupos de investigadores situados dentro de laboratorios o instituciones ya sea gubernamentales, públicas o privadas especializados y dedicados al análisis, investigación y desarrollo, tienen como fin, llegar a la única solución de mitigar los efectos negativos del desgaste y la fricción, aportando un punto de vista más fundamental y un análisis más meticuloso del origen de estos daños brindando al mismo tiempo soluciones aplicables y efectivas.

En ocasiones los comités que son grupos privados, ofrecen el servicio de su especialización mediante cursos especializados o investigaciones dependiendo del país de origen, ofrecen además herramientas o maquinaria recomendada para la aplicación de la tribología dentro de la industria o en otros sectores de interés privado o gubernamental. Los que más resaltan de acuerdo a la investigación bibliográfica realizada, sobre todo en Latinoamérica son el sector automotriz, de manufactura y energético.

En la actualidad existen diferentes tipos de comités de tribología, los cuales persiguen objetivos similares, entre los principales tenemos:

- Comités tribológicos internacionales
- Comités tribológicos gubernamentales
- Comités tribológicos de universidades
- Comités tribológicos privados

2.1.3. Cómo se forman los comités de tribología

Dado que la tribología es una ciencia multidisciplinar, que abarca y recopila conocimientos de diferentes campos, es complicado que exista un tribólogo con la preparación adecuada para liderar comités, como líder del mismo. “Las tareas del especialista en tribología (tribólogo) son las de reducir la fricción y desgaste para conservar y reducir energía, lograr movimientos más rápidos y precisos, incrementar la productividad y reducir el mantenimiento”(Echemendia Martínez, 2013, p. 2)

Las personas que generalmente conforman los comités de tribología, suelen tener especialidades variadas, y representan grupos multidisciplinarios, habiéndose orientado posteriormente hacia la tribología, con un enfoque determinado por el comité creado y sus miembros.

2.1.4. Comités de tribología y sus estudios relevantes

Alrededor del mundo existen diferentes centros de especialización y desarrollo de la tribología, enfocados en diferentes especialidades, distinta formación de comités y diferente visión del desarrollo de esta ciencia, se ha realizado una investigación del campo de desempeño de comités de tribología que han sido creados en diferentes países, algunos de ellos se citan a continuación y en los anexos se incluyen otros de gran importancia.





2.1.4.1. Imperial College London





El Grupo de Tribología del Imperial College de Londres es uno de los grupos de investigación en tribología más grandes y reconocidos del mundo actual. Su investigación está fuertemente respaldada por empresas de Europa, Estados Unidos y el Lejano Oriente y colabora con muchas universidades de todo el mundo.

Este grupo está compuesto actualmente por seis académicos y más de 50 asistentes de investigación y estudiantes de doctorado a tiempo completo.

Personal responsable:

Tabla 1-2: Comité principal del laboratorio de investigación Imperial College London

Identificación	Detalles Personales	Intereses de búsqueda
	<p>Profesor Daniele Dini/ Director del grupo de tribología/Profesor de tribología</p>	<p>Nanotribología, biotribología, mecánica de contacto, fatiga y fricción, mecanismos de daño y mecánica de fracturas, lubricación, tribología molecular, dinámica molecular, dinámica de fluidos computacional (CFD), modelado multiescala / multifísica</p>
	<p>Profesor Hugh Spikers/ profesor de tribología</p>	<p>Tribología molecular, lubricación de límites, lubricación elastohidrodinámica (EHL), aditivos lubricantes, triboquímica, mecanoquímica, activación térmica aumentada por estrés (SATA), fricción y desgaste</p>
	<p>Dr. Amri Kadiric/ Profesor</p>	<p>Tribología de transmisiones mecánicas, mecánica de contacto, rodamientos, recubrimientos, procesos de falla y daño tribológico, grietas de grabado blanco</p>
	<p>Dr. Marc Masen / Profesor titular</p>	<p>Biotribología, tribología de tejidos humanos, fricción cutánea, contacto suave, mecanismos de desgaste, lubricación a alta temperatura, grasas</p>
	<p>Dr. Tom Reddyhoff / Profesor titular</p>	<p>Lubricación hidrodinámica y elastohidrodinámica (EHL), sistemas micro electromecánicos (MEMS) y sistemas nano electromecánicos (NEMS) tribología, triboquímica, triboemisión, superficies texturizadas, métodos de medición en contacto</p>

	<p>Dr. Janet Wong / Profesor titular</p>	<p>Nanotribología, fluorescencia en contacto, fosforescencia en contacto, aditivos lubricantes, fenómenos de interfaz sólido-lubricante, estructura y dinámica de fluidos confinados, corrosión, adsorción superficial y deposición</p>
	<p>Profesora Philippa Cann / Investigadora principal</p>	<p>Biotribología, articulaciones artificiales, lubricación de cartílago, tribología alimentaria, lubricación con grasa, espectroscopia en contacto</p>
	<p>Profesor Andrew Olver / Distinguido investigador principal</p>	<p>Transmisiones, materiales tribológicos, revestimientos, fricción y desgaste</p>
	<p>Dr. Richard Sayles / Investigador Senior de Investigación</p>	<p>Topografía de superficie, confiabilidad, modelado de contacto de superficie rugosa</p>

Fuente: (Imperial College of London 2021)

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

Investigaciones relevantes:

- Adsorción de modificadores de fricción orgánicos a superficies de óxido desde los primeros principios.
- Comportamiento de los fluidos complejos en contactos lubricados elastohidrodinámicos (EDH).
- Caracterización de tribofilms anti-desgaste sin cenizas.

- Modelado de dinámica de fluidos computacional (CFD) de lubricación elastohidrodinámicos (EHL).
- Efecto del deslizamiento en seco sobre polímeros de alto rendimiento.
- Formación de película y fricción en contactos lubricados con grasa con especial atención a la operación a baja velocidad.
- Modificadores de fricción suministrados por combustibles y su impacto en la fricción y el desgaste.
- Interacciones combustible-lubricante en la cámara de combustión.
- Mejora de la tecnología de los rodamientos mediante la colaboración europea en investigación (IBETTER).
- Mejora la eficiencia del motor mediante sistemas de cojinetes de chumaceras de dilución por cizalladura de polímero.
- Aceites de baja viscosidad de alto rendimiento.
- Influencia de la composición de la grasa sobre la fricción en los contactos elastohidrodinámicos.
- Influencia de las características de rugosidad en la fricción en contactos deslizantes nominalmente secos.
- Influencia de la microestructura y composición del acero en la formación y eficacia de las capas límites de lubricantes.
- Influencia de los modificadores de la viscosidad en la fricción hidrodinámica.
- Vinculación de los modelos y experimentos en tribología.
- Modelado de la dinámica de la formación de espuma y la anti espuma.
- Lubricación de pistones en motores Diésel.
- Triboemisión – Interacciones de lubricantes.
- Triboemisión – Mecanismos.
- Formación de tribofilms de aceite que contienen ZDDP.
- Modelado tribológico de cojinetes lubricados por agua para reactores nucleares.
- Tribología de los rodamientos de elementos rodantes.
- Una nueva técnica de lubricación para MEMS.
- Modelado avanzado de lubricación elastohidrodinámicos.
- Aplicación de técnicas electroquímicas a sistemas de aceite lubricante para metales.
- Comportamiento de aditivos lubricantes en superficies no ferrosas.
- Modelado CFD de lubricación elastohidrodinámico.
- Propiedades elastohidrodinámicas y de contorno de mezclas de fluidos base.
- Hidrogeno en contactos de aceros lubricados.
- Estudios infrarrojos de lubricantes en contacto EHD.
- Investigación sobre la lubricación de juntas de velocidad constante.

- Aditivos anti desgaste bajos y nulos “SAPS”.
- Lubricación de micro máquinas de alto deslizamiento.
- Lubricación elastohidrodinámica en estado no estacionario.
- Estudio de la película lubricante de contorno mediante Microscopia de Fuerza Atómica.
- Estudio de películas delgadas de lubricación mediante espectroscopia Raman.
- Temperatura y reología de lubricantes en contactos EHD.
- Las propiedades de viscosidad y formación de película del índice de viscosidad mejoran los aceites.
- Películas ultra finas elastohidrodinámicas.

2.1.4.2. Universidad privada del norte de Perú

El grupo de investigación en el área de tribología y superficies, está constituido de la siguiente manera:

Personal responsable

- Decano: Augusto Cáceres Rosell
- Asesor: Ing. Johnny David Arrustico Loyola
- Decano de la facultad de ingeniería: Gustavo Kato Ishizawa

Laboratorios con los que trabajan

- Laboratorio de ensayos no destructivos
- Laboratorio de análisis de lubricantes
- Laboratorio de análisis de superficies

Investigaciones relevantes

- “Implementación del programa de tribología centrada en la confiabilidad para mejorar la productividad de las palas pc4000 en la minera Miski Mayo” -Guadalupe Esmeralda Tello, Castro, Edwin Jonathan Espinoza Villaorduña (2016).
- Comportamiento tribológico de un par rodante-deslizante lubricado bajo condiciones de funcionamiento de sistemas ferroviarios.
- Implementación del sistema de gestión de lubricación para mejorar la confiabilidad de las máquinas en las líneas de producción de la planta Mondelez Perú en el año 2017. Gil Padilla, Johnny Paul (Universidad Privada del Norte, 2018).

- Implementación de un sistema de lubricación en las máquinas circulares para incrementar la producción en la empresa textil San Ramón. Laureano Mendoza, Alan Danilo (Universidad Privada del Norte, 2018)

2.1.4.3. Instituto de materiales polímeros en la academia de ciencias de Bielorrusia

En la actualidad, en Bielorrusia existe un complejo académico científico y técnico, que incluye cinco departamentos dedicados a la investigación, la oficina editorial de las revistas "*Friction and Wear*" y "*Polymer Materials and Technologies*". El número de empleados es de 116 personas, incluyendo 1 académico, 6 médicos y 24 Ph.D.

La investigación fundamental y aplicada se lleva a cabo en dos direcciones científicas principales aprobadas por el Presidente de la Academia Nacional de Ciencias de Bielorrusia

- Fundamentos físicos y químicos para el desarrollo de materiales compuestos basados en polímeros orgánicos e inorgánicos
- Física, química y mecánica de superficies, análisis de interacciones de contacto, fricción, desgaste y lubricación en sistemas técnicos y biológicos.

Personal responsable

Tabla 2-2: Consejo científico del laboratorio de la academia de ciencias de Bielorrusia

Identificación	Cargo
Grigoriev A.Ya.	Presidente, Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Director de IMMS NAS de Bielorrusia
Tseluev M.Yu.	Vicepresidente, Candidato de Ciencias Técnicas, Director Adjunto de Investigación
V. V. Konchits	Secretario Científico del Consejo, Candidato de Ciencias Técnicas, Profesor Asociado, Secretario Científico del Instituto
Aderikha V.N.	Candidato de Ciencias Químicas, Profesor Asociado, Jefe de Sector
Ermakov S.F.	Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Jefe de Laboratorio
Ivanov L.F.	candidato de ciencias técnicas, jefe de departamento
Myshkin N.K.	Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Académico de la Academia Nacional de Ciencias de Bielorrusia, Jefe de Departamento

Pesetsky S.S.	Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Miembro Correspondiente de la Academia Nacional de Ciencias de Bielorrusia, Jefe de Departamento
Sergienko V.P.	Candidato de Ciencias Técnicas, Profesor Asociado, Jefe de Departamento
Tolstopyatov E.M.	Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Asociado, Investigador Jefe
Shapovalov V.M.	Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Jefe de Departamento
Shilko S.V.	Candidato de Ciencias Técnicas, Profesor Asociado, Jefe de Laboratorio
Vinidiktova N.S.	candidato de ciencias técnicas, presidente del comité sindical
Tuleyko A.S	Presidente del Consejo de Jóvenes Científicos, Investigador

Fuente: (Bielorrusia 2021)

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

2.1.4.4. LTDS de Francia (*Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes*)

El LTDS es una Unidad de Investigación Mixta del CNRS (INSIS) ubicada en tres escuelas de ingeniería: la *École Centrale de Lyon* (Centrale Lyon), la *École Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne* (ENISE) y la *Escuela Nacional de Obras Públicas del Estado* (ENTPE).

Equipos de investigación para laboratorios

El laboratorio está compuesto por cuatro equipos de investigación cada uno con su propio comité formado por responsables del comité e investigadores, sin embargo, solo brindaremos los nombres y cargos del comité de tribología, físico-química y dinámica de interfaces.

- *DySCo*: Dinámica de Sistemas Complejos
- *GCD*: Geo-materiales y Construcciones Durables
- *MMP*: Mecánica de Materiales y Procesos
- *TPCDI*: Tribología, Físico-Química y Dinámica de Interfaces

Laboratorio de TPCDI: Tribología, Físico-Química y Dinámica de Interfaces

El equipo está formado por tres grupos de investigación

- *COMPETe*: Comprensión de fenómenos elementales en
- *SFV*: Tribología: Superficie, Fricción, Vibración
- *TFM*: Tribología y Fatiga de Materiales

Personal responsable de tribología y Fatiga de materiales

Tabla 3-2: Grupo de tribología y fatiga de materiales del laboratorio LTDS (TFM)

Identificación	Cargo
B. Berthel (MDC-ECL)	Responsable del laboratorio
V. Fridrici (MDC-ECL)	Responsable del laboratorio
S. Fouvry (DR-CNRS)	Miembro del Laboratorio
P. Kapsa (DR-CNRS)	Miembro del Laboratorio
G. Guillonneau (MDC-ECL)	Miembro del Laboratorio
M. Salvia (MDC-ECL)	Miembro del Laboratorio
JC Abry (IE-CI)	Miembro del Laboratorio
G. Bouvard (IE-CI)	Miembro del Laboratorio
O. Graton (IE-ECL)	Miembro del Laboratorio
T. Malhomme (IE-ECL)	Miembro del Laboratorio
JM Vernet (Th-ECL)	Miembro del Laboratorio

Fuente: (Gallitre 2017)

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Personal responsable de tribología: Superficie, fricción, vibración (SFV)

Tabla 4-2: Grupo de tribología: superficie, fricción, vibración (SFV)

Identificación	Cargo
Stéphane Benayoun (PR-ECL)	Responsable del laboratorio
Davy Dalmas (CR-CNRS / HDR)	Responsable del laboratorio
Juliette Cayer-Barrioz (DR-CNRS)	Miembro del Laboratorio
Elise Degrandi-Contraires (MCF-ECL)	Miembro del Laboratorio
Alain Le Bot (DR-CNRS)	Miembro del Laboratorio
Denis Mazuyer (PR-ECL)	Miembro del Laboratorio
Nazario Morgado (IR-CNRS)	Miembro del Laboratorio
Joel Perret- Liaudet (MCF-ECL / HDR)	Miembro del Laboratorio
Emmanuel Rigaud (MCF-ECL / HDR)	Miembro del Laboratorio
Julien Scheibert (CR-CNRS / HDR)	Miembro del Laboratorio
Guy Stremstoerfer (PR-ECL emérito)	Miembro del Laboratorio
Stéphane Valette (MCF-ECL / HDR)	Miembro del Laboratorio

Fuente: (Gallitre 2017)

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Personal responsable de comprensión de fenómenos elementales en tribología (ComPETe)

Tabla 5-2: Grupo de comprensión de fenómenos elementales en tribología (ComPETe)

Identificación	Cargo
Fabrice Dassenoy (PR-ECL)	Responsable del laboratorio
Julien Fontaine (CR-CNRS)	Responsable del laboratorio
Jean-Luc Loubet (DR-CNRS)	Miembro del Laboratorio
Manuel Cobian (MCF-ECL)	Miembro del Laboratorio
Franck Dahlem (MCF-ECL)	Miembro del Laboratorio
Maria-Isabel De Barros (MCF-ECL)	Miembro del Laboratorio
Clotilde Minfray (MCF-ECL)	Miembro del Laboratorio
Michel Belin (IR CNRS)	Miembro del Laboratorio
Thierry Le Mogne (IR-CNRS)	Miembro del Laboratorio
Sophie Pavan (IE-CI)	Miembro del Laboratorio
Béatrice Vacher (IE-CNRS)	Miembro del Laboratorio

Fuente: (Gallitre 2017)

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

2.2. La tribología en el Mantenimiento

El desgaste físico de la maquinaria durante su operación es un proceso continuo, este desgaste físico que se produce en todos los elementos constructivos bajo la acción de cargas y otras condiciones de operación que soportan los elementos es necesario tomar en cuenta durante el mantenimiento predictivo, así como correctivo.

Uno de los principales estudios que están relacionados con la utilización de la tribología es el desarrollado por el Profesor. Dr. Ernest Rabinowicz. En este trabajo, fueron analizadas las causas de pérdida de utilidad de elementos de máquinas en diferentes sectores industriales y se llegó a la conclusión que el desgaste de las superficies era responsable de más de la mitad de la pérdida o baja de eficiencia y utilidad de la maquinaria.

Como se había mencionado antes la tribología es una ciencia multidisciplinaria que recoge conocimientos de varias disciplinas como lubricación, estudio de superficies, física y química, resistencia de materiales, bioquímica, nanomateriales por mencionar algunas, para prolongar y obtener un ciclo de vida útil más prolongado. Por medio de la tribología es posible optimizar el mantenimiento aplicando una serie de buenas prácticas tribológicas (DYNA 2006).

2.2.1. Prácticas tribológicas para el buen mantenimiento industrial

La confiabilidad de los activos físicos se encuentra relacionada directamente con la tribología en cuanto se refiere al análisis de aceite, al estudio de la vida útil, análisis tribológico, rediseño de maquinaria, reducción de fallas e incremento de la confiabilidad a través de nuevos métodos de lubricación y tipos de lubricante, por lo antes mencionado no es posible generalizar una práctica para todas y cada uno de los activos físicos, sin embargo existen lineamientos, estudios y análisis recomendados para seguir tomando en cuenta lo previamente mencionado.

2.2.1.1. Análisis de aceites lubricantes

El análisis de lubricante es una herramienta de mantenimiento predictivo ampliamente empleada desde el siglo XX y en la industria moderna. A partir de los diferentes ensayos de determinación de los parámetros físicos-químicos del aceite es posible constituir el grado de deterioro del fluido del lubricante, así como de la máquina que fue lubricada, que es determinada principalmente a partir de los metales de desgaste, el monitoreo de condición de lubricantes es primordial para los equipos por estas y varias razones. Esta información es significativa con el fin principal de poder encontrar la causa raíz de una eventual o potencial falla que se pueda desarrollar. (Ing et al., 2016, p. 259)

Para los aceites de uso industrial los parámetros inicialmente cuantificados eran viscosidad, presencia de agua, presencia de insolubles, color del aceite, tendencia a la formación de espumas y medida de metales con los métodos anteriormente descritos, sin embargo en la actualidad, se han introducido equipos modernos como cromatógrafos los cuales se utilizan para la medición de combustible en el aceite, espectrómetros infrarrojos que son capaces de determinar el deterioro químico del aceite o la presencia de contaminantes orgánicos. La cuantificación de partículas de contaminación se puede realizar mediante contadores láser y la medida de estos metales se ha ampliado a 21 elementos donde, además del desgaste y contaminación, se evalúa el contenido de aditivos organometálicos que contiene el lubricante (Bersheh, 2012, pp. 4-5).

Actualmente el análisis de lubricante es reconocido por la Norma ISO 18436-4 como una técnica oficial del mantenimiento predictivo, y es mayormente aplicada en los siguientes sectores:

- Flota de maquinaria pesada
- Flotas de vehículos livianos
- Aerogeneradores
- Equipos de minería

- Unidades hidráulicas
- Cajas reductoras
- Extrusores de plástico
- Sector Ferroviario
- Transporte aéreo
- Ingeniería marina
- Ingeniería petrolera

Métodos de extracción de muestras

Existen diversos métodos para la extracción de muestras de aceite, los más utilizados son mencionados a continuación.

Como recomendación el motor del cual va a ser extraído el aceite debe de haber trabajado al menos 30 minutos previos a la extracción del mismo.

Extracción por válvula de toma de muestras

- “Abrir completamente la válvula de toma de muestra.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Descartar los primeros 500 ml de fluido.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Sin cerrar la válvula llenar la botella de 250 ml.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Enjuagarla con el mismo fluido, luego desecharlo.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Volver a llenar la botella hasta un 80% aproximadamente.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Cerrarla con tapa hermética.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Cerrar la válvula de toma de muestra.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Rotular el recipiente una vez limpio el exterior.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)



Figura 1-2: Extracción de muestra por medio de válvula

Fuente: (Aguado [sin fecha])

Nota: Se debe descartar los primeros 500 ml, debido a que al incluir este paso estamos asegurando que se limpian todas las impurezas que, por la recolección de muestra, puedan haberse acumulado en el orificio de la válvula, si esto llegase a suceder, los resultados de nuestro análisis nos darían una lectura incorrecta. (Sanmarco et al., 2016, p. 6)

Extracción por vacío

- “Acoplar la botella a la bomba de vacío manual.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Conectar la manguera a la bomba de vacío manual.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Introducir la manguera hasta el nivel medio del tanque.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Hacer vacío con la bomba hasta que el fluido llene la botella.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Enjuagar la botella con el mismo fluido, luego descartarlo.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Tomar la muestra, llenando la botella hasta el 80% aproximadamente.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Sacar la manguera del tanque y de la bomba.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Desacoplar la botella de la bomba.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Cerrarla con tapa hermética.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)
- “Rotularla correctamente.” (Sanmarco et al., 2016, p. 6)



Figura 2-2: Bomba de vacío para muestra de aceites lubricantes
Fuente: (Vimaroni [sin fecha])

“Nota: Cabe destacar que, en este caso, con una preparación previa de la botella, pueden evitarse algunos pasos como el de enjuagar la botella”. (Sanmarco et al., 2016, p. 7)

Extracción por inmersión

- “Sumergir la botella en el fluido para realizar el llenado.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)
- “Enjuagarla con el fluido ingresado y desecharlo.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)
- “Volver a sumergir para tomar la muestra.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)
- “Llenar hasta un 80 % aproximadamente y retirar.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)
- “Cerrarla con tapa hermética.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)
- “Limpiar el exterior con solvente.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)
- “Rotular.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)

“Nota: Se recomienda que se introduzca la botella en una zona central del depósito, lo más alejado de las paredes posible y sin llegar al fondo de este.” (Sanmarco et al., 2016, p. 7)

2.2.1.2. Ensayo de desgaste mediante el contacto y rozamiento de dos materiales entre sí, planes tribológicos

“La predicción del desgaste es difícil porque no es una propiedad intrínseca del material, sino que depende de todo el tribosistema con el que interacciona el cuerpo que se desgasta.” (Marulanda Arévalo et al., 2009, p. 2)

Uno de los grandes problemas que las máquinas presentan generalmente es el desgaste abrasivo, este es un factor a tener en cuenta en el diseño de una máquina, es decir, debemos de conocer la resistencia a la fricción y al desgaste de los materiales a ser utilizados. Este tipo de ensayos deben ser muy tomados en cuenta en el diseño, rediseño o mantenimiento modificativo de la maquinaria

ya que la resistencia del material y la correcta selección de estos es importante, por lo que debemos realizar ensayos, con lo que se pueden determinar los materiales óptimos a utilizar, y alargar la vida útil de las piezas.

Las configuraciones constructivas para desarrollo de máquinas de fricción y desgaste bajo diferentes tipos de esquemas los cuales se pueden realizar según indicaciones de varias normas como ASTM , DIN, ISO las cuales varían las condiciones en las cuales se realizarán los ensayos, las variantes de los mismos pueden ir desde abrasiones con cierto tipo de sustancias, arenas, presiones extremas, con o sin lubricación dependiendo del resultado que se quiera obtener con el ensayo o el material que se utilizara en el mismo.

En todos los casos previamente ejemplificados, por efecto del deslizamiento, se genera una huella de desgaste sobre la probeta de material, ya sea sobre un disco o sobre una placa para poder observar los resultados.

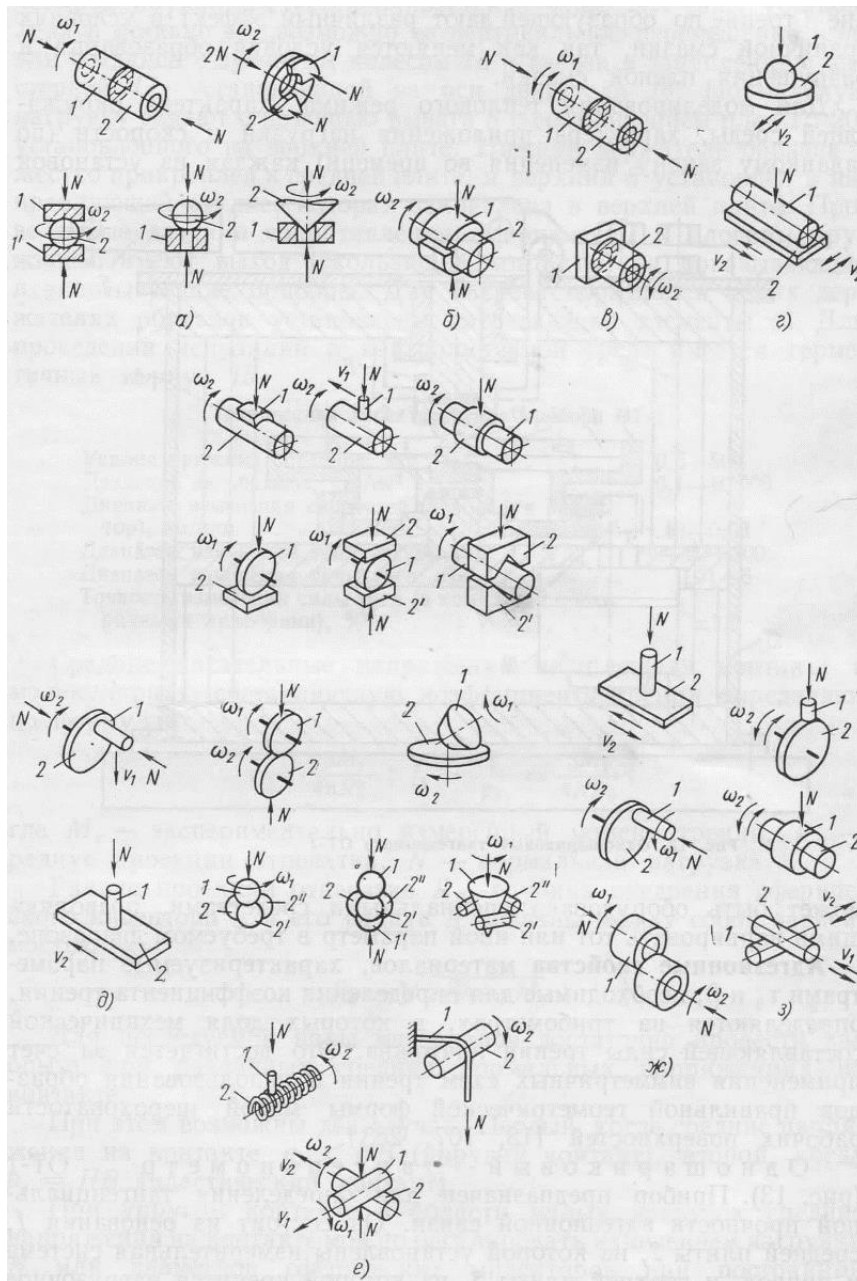


Figura 3-2: Esquemas de ensayos de desgaste

Fuente: (Kragelski-Fundamentos de cálculo de fricción y desgaste (traducción del idioma ruso), 1977, p. 87)

2.2.1.3. Máquinas para ensayos de fricción y desgaste

Las máquinas de ensayos de fricción y desgaste (tribómetros) que en la actualidad se utilizan mayoritariamente son:

- *Tornillo sobre mesa oscilante:* Este equipo se encuentra constituido por los siguientes elementos: una superficie plana capaz de moverse en las direcciones de la flecha, la espiga, la cual está fijada en un anillo, la carga normal se aplicará por medio del tornillo y ésta se evalúa por la deflexión del anillo, posee un brazo horizontal que se encuentra de manera fija

a una suspensión bifilar está también fijo al anillo y el arrastre friccional provoca una deflexión que se puede medir.

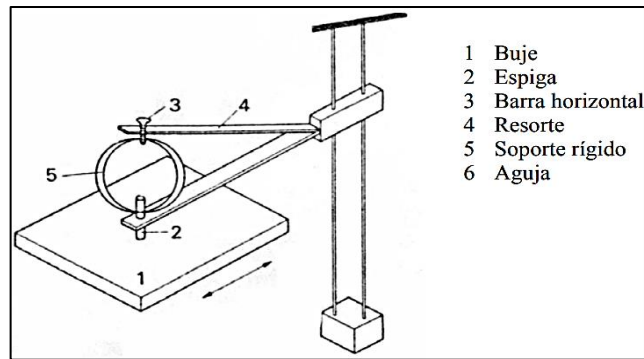


Figura 4-2: Bosquejo de tornillo sobre mesa oscilante

Fuente: (García Arias, 2003, p. 39)

- *Deslizamiento sobre superficie plana:* Máquina reciprocante basada en la norma ASTM G133-05, diseñada para ensayos de desgaste por deslizamiento sobre superficies planas mediante una carga normal colocada encima de un rodillo para brindar el movimiento de oscilación, posible ensayo se puede realizar con o sin lubricación.

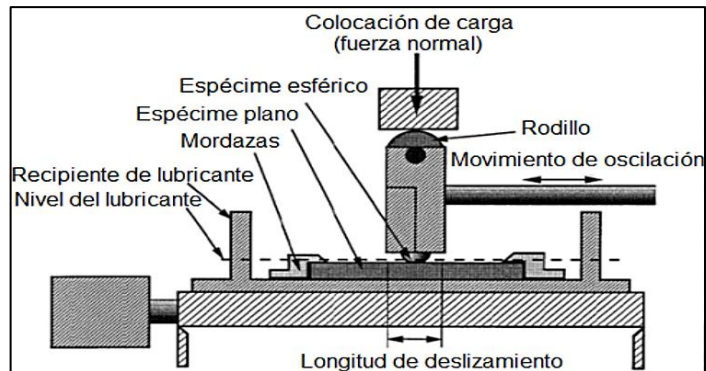


Figura 5-2: Bosquejo de deslizamiento sobre superficie plana

Fuente: (Armando & Hernández, 2018, p. 25)

- *Tornillo sobre buje:* En esta máquina la espiga se encuentra colocada de manera fija a una barra horizontal que funcionará como carga. Luego de sujetado el tornillo es colocado sobre un buje rotatorio. La barra que funciona como carga se encuentra fija a un resorte y su otro extremo está fijo a un soporte que se encuentra rígido. El arrastre friccional hace que el resorte se estire y el mismo comienza a mover una aguja, la cual se encuentra unida a un trozo de hierro suave suspendido en un campo magnético. La deflexión de la aguja debido a la fricción ocasionada hará que el núcleo se mueva lo cual provocará un cambio de fuerza del campo inducido. La señal resultante de este ensayo se puede amplificar y después registrar.

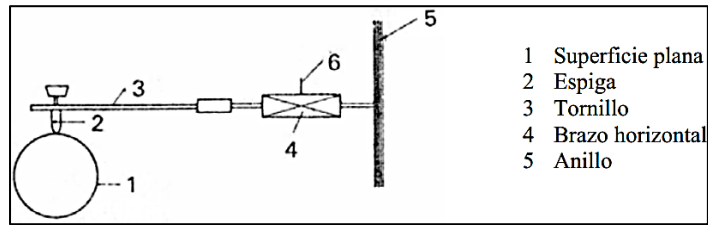


Figura 6-2: Bosquejo de tornillo sobre buje

Fuente: (García Arias, 2003, p. 39)

- *Cilindros cruzados:* “En esta máquina una espiga es cilíndrica y se coloca sobre un cilindro giratorio de mayor diámetro. La espiga se encuentra acoplada a un resorte el cual se deforma debido al arrastre friccional, dicha deformación es sensada por un transductor.” (García Arias 2003)

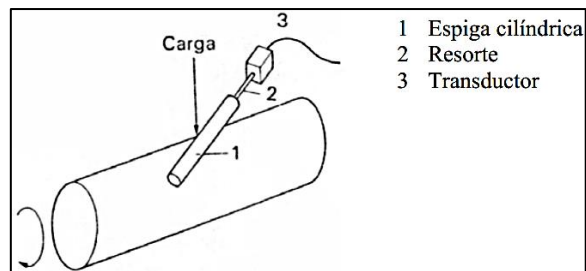


Figura 7-2: Bosquejo de Cilindros cruzados

Fuente: (García Arias, 2003, p. 40)

- *Tornillo sobre cilindro:* Máquina compuesta por una espiga de forma cilíndrica o hemisférica que se encuentra ensamblada sobre un cilindro, gira a determinadas rpm. La deflexión que posee la espiga debida a la fricción producida se mide por medio de transductores o calibradores de deformación que se encuentran ensamblados a la sección más reducida.

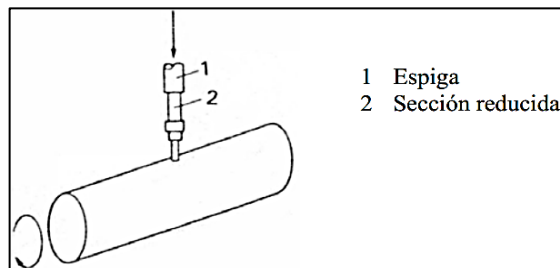


Figura 8-2: Bosquejo de Cilindros cruzados

Fuente: (García Arias, 2003, p.40)

- *Máquina de cuatro bolas:* Esta máquina se dedica a evaluar las propiedades antiadherentes que poseen los aceites, también utilizada para la determinación de la razón de desgaste de los mismos, con funcionamiento en un anillo, “se colocan tres bolas de acero de 12.5 mm de diámetro que está en contacto entre sí y una cuarta bola se fija al extremo de una barra vertical, la cual queda en contacto con las otras tres bolas inferiores. Una palanca que soporta

un peso ajustable comprime las tres bolas estacionarias sobre la cuarta y el momento de torsión que se transmite se mide durante la rotación de la barra vertical.” (García Arias 2003). El coeficiente de fricción es registrado durante el ensayo junto con la medición de las huellas causadas por el desgaste que han tenido sobre las tres bolas durante el ensayo.

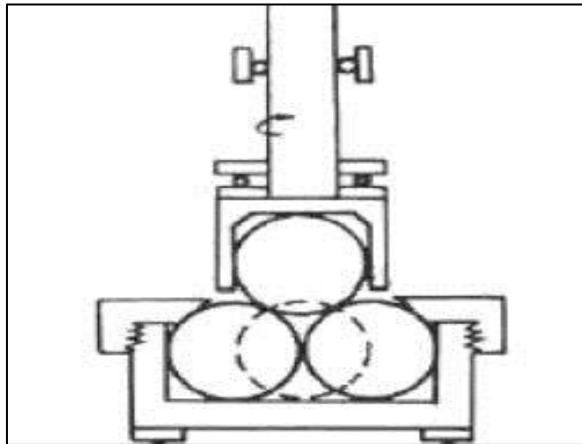


Figura 9-2: Bosquejo de máquina de cuatro bolas
Fuente: (Moya Rodríguez 2021)

- *Máquina de discos:* La máquina de discos hace rotar de forma repetitiva un disco sobre el material, con una carga especificada previamente, tal como normalmente se hace para simular estudios para diseño de engranes. Uno de los discos se encuentra sobre un rodamiento rígido, mientras que el otro se sujeta a un dispositivo de movimiento oscilante.

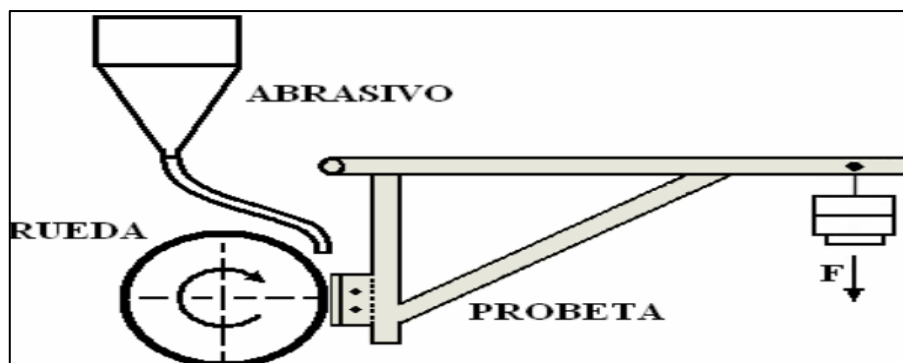


Figura 10-2: Esquema de la máquina de ensayos de abrasión según norma ASTM G-65
Fuente: (Marulanda Arévalo et al, 2009, p. 374)

- *Máquina de perno sobre disco:* Esta máquina es usada para pruebas de desgaste en ella el perno se coloca perpendicularmente a un disco giratorio. Las variables que rigen las pruebas son la carga normal, la velocidad de deslizamiento, la atmósfera y la temperatura ambiente. La cantidad de desgaste puede establecerse pesando el perno en una balanza analítica.

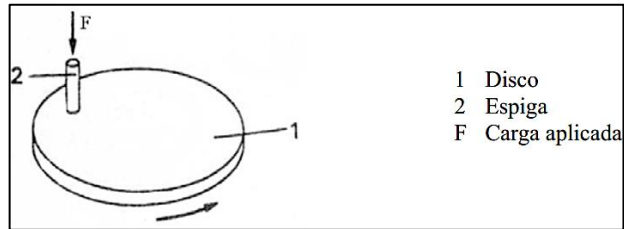


Figura 11-2: Bosquejo de tornillo sobre disco

Fuente: (García Arias, 2003, p. 41)

2.2.1.4. Ejemplos de tribómetros

Tribómetro TRB³

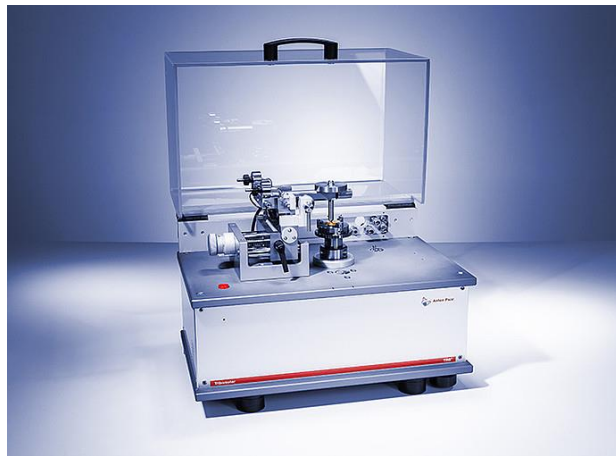


Figura 12-2: Tribómetro TRB3 tipo perno en disco

Fuente: (Anton-Paar 2021)

Tribómetro tipo perno en disco, de la casa Anton-Paar, estándar para la medición de la fricción, el desgaste y la lubricación. Posee una gama muy amplia de parámetros para la comprobación, geometrías de contacto y opciones adicionales que permite a los usuarios realizar pruebas de tribología simulando todas las condiciones de funcionamiento requeridas, como diferentes tipos de movimiento (lineal, recíprocante), contacto, velocidad, lubricación, materiales, alta temperatura, humedad, etc.

Especificaciones:

- Minimiza la desviación térmica con dos sensores de fricción
- Monitoreo de las condiciones ambientales en tiempo real con sensores integrados
- Calibración de TRB con el mínimo esfuerzo
- El software le proporciona un control de vanguardia y un análisis de última generación
- Conformidad con los estándares ASTM G99, ASTM G133, DIN 50324



Figura 13-2: Tribómetro universal UMT TriboLab

Fuente: (Bruker 2021)

Según la página web este tribómetro universal ha sido el tribómetro más versátil y ampliamente utilizado en el mercado con un rediseño desde cero que se basa en la versatilidad de su predecesor, sin comprometer el rendimiento del equipo ofreciendo velocidades más altas, más torque y mejor medición de fuerza que cualquiera de sus competidores, además que presenta nuevas y poderosas características para mejorar eficiencia y uso.

Especificaciones:

- Tribómetro modular, con módulos intercambiables
- Sensores para resultados más confiables de alta carga y rendimiento
- Testeado compresivo y reportes fáciles de hacer
- Soluciones específicas para la industria

TRIBO-technic

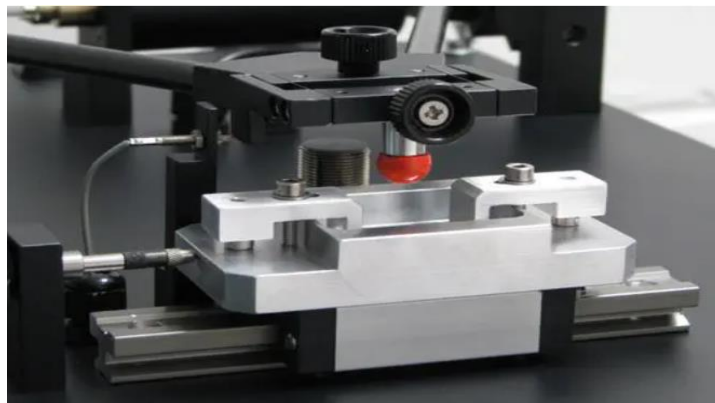


Figura 14-2: Tribómetro TRIBO-technic tipo deslizamiento sobre superficie plana

Fuente: (TRIBOtechnic 2021)

Máquina oscilante para la medición de la fricción en un rango de baja presión de contacto donde la fuerza normal se aplica mediante un brazo en voladizo que está diseñado en fibra de carbono y patentado con un sistema de rodamiento de cardán el cual es ultra sensible y sin fricción. Un sensor reconoce las variaciones del desplazamiento que ha tenido el brazo para de esa manera calcular el coeficiente de fricción. Durante la prueba de fricción, la deflexión del sensor de fuerza mínima está en el rango de los nanómetros.

Especificaciones:

- Cargas estándar: rango de carga continua de 0,001 a 1 N hasta 3 N en el paso de 1 N
- Fricción: seca o lubricada
- Duración de la prueba: programable
- Control: software interactivo desarrollado a medida para la presentación de informes de datos completos
- Dimensión: 500 x 400 x 300 mm
- Material de alimentación: 220 - 110 V/50-60 Hz

2.2.1.5. Objetivos de la tribología en el mantenimiento

Limitar por medio de la lubricación el deterioro de la maquinaria y en consecuencia reducir faltas de calidad en el producto o en el servicio.

Reducir al máximo los costes debidos a las paradas por averías accidentales causadas por roturas, desgastes, agrietamientos en los órganos de la maquinaria, que resulten en pérdidas de producción o de servicios, incluyendo en tales costes los correspondientes al propio mantenimiento correctivo.

Preservar la vida útil de la maquinaria interviniendo desde el diseño de la misma con ensayos tribológicos, en la selección de materiales y sus superficies.

Aumento de confiabilidad en la maquinaria a largo plazo en su periodo de operación y amentando su productividad.

Reducir desgastes en las piezas de la maquinaria originados por fricción, abrasión y corrosión.

Ahorro de energía al momento de implementar un correcto plan tribológico, y disminuir la fricción entre piezas de la maquinaria.

Aplicación de los procesos tribológicos durante la restauración de elementos de máquinas mediante diferentes métodos de reconstrucción.

2.3. Proyectos tribológicos

2.3.1. Estudio de mercado

El estudio de mercado es un análisis utilizado por diversos ramos dentro de la industria, realizando investigaciones formales en toda regla, donde se analizan variables de acuerdo al mercado de interés que van desde el público objetivo, su grado de satisfacción, costos, etc., todo esto con el fin de facilitarnos la toma de decisiones y entender de una mejor manera el panorama para realizar las nuevas operaciones empresariales y escoger una alternativa más acertada, siendo un proceso vital para mantenerse al día con las tendencias, expectativas y necesidades de los clientes. (Fernández, 2017, pp. 4-14)

La importancia de realizar un estudio de mercado, radica en que efectuando el estudio de mercado nos brinda una mayor posibilidad de asegurar el éxito dentro del mercado de interés, ya que el conocer de una buena manera el entorno en el cual se va a desarrollar dicho proyecto, permite a cualquiera realizar una planeación y toma de decisiones adecuada desde los primeros pasos o concepción del proyecto, hasta las decisiones más importantes como sería una fuerte inversión para activos, o expansiones físicas del proyecto. (Fernández, 2017, pp. 15-18)

2.3.2. Estudio técnico

El estudio técnico de la ingeniería, en proyectos de inversión toma gran relevancia dentro de la evaluación de un proyecto por lo que, en este paso, se determinan los costos principales a realizar en el momento de la implementación, por lo que es la base para realizar el cálculo financiero y la evaluación económica del mismo.

“Un proyecto de inversión debe mostrar, en su estudio técnico, las diferentes alternativas para la elaboración o producción del bien o servicio, de tal manera que se identifiquen los procesos y métodos necesarios para su realización”(E. López et al., 2010, p. 2)

Una vez determinados procesos y métodos para la realización, se desprende la necesidad de la implementación de maquinaria y equipo propio para la producción o brindar el servicio, así como mano de obra calificada para poder alcanzar los objetivos de operación del producto, la buena implementación del servicio en el mercado, etc., y una vez determinado y analizado, compete la organización correcta de los espacios para la implementación, seguido de la identificación de los proveedores que proporcionen tanto maquinaria como materiales y herramientas necesarias para desarrollar el producto o servicio de manera óptima.

2.3.3. Estudio administrativo y legal

El estudio administrativo legal dentro de un proyecto de inversión como un laboratorio técnico necesita dejar claro dos aspectos básicos, por el lado administrativo nos permite planear de manera eficaz todos los recursos con los que la empresa dispondrá y el rumbo a seguir con su control, según las tendencias que tenga el mercado en determinado sector. Representando uno de los aspectos más importantes para proyectos, negocios, etc., puesto que si la estructura administrativa está bien establecida previamente y de manera efectiva las probabilidades de que el proyecto sea de éxito incrementan notablemente.

“Un estudio administrativo proporciona las herramientas necesarias para administrar adecuadamente una empresa” (Guerrero López & Santacruz Coneo, 2016, p. 26)

Por el lado legal dejar claro que acciones deberán ser tomadas en cuenta y llevadas a cabo para cumplir las disposiciones que la ley disponga para que el proyecto sea viable a la luz de las normas del país que inciden en la actividad económica del proyecto de negocio.

“Como puede apreciarse, este estudio debe adelantarse en las etapas iniciales de la formulación y preparación, ya que un proyecto altamente rentable, puede resultar no factible por una norma legal.” (Guerrero López & Santacruz Coneo, 2016, p. 27)

El estudio de manera general concierne en la definición de actividades como misión, visión, un correcto organigrama definido según el proyecto que sea el caso, la asignación de funciones y responsabilidades, Definir el tipo de sociedad o proyecto, constituir legalmente la empresa u obtener las bases de legalización en caso de ser un proyecto viable, cumplir con otras disposiciones legales propias de cada tipo de empresa, proyecto o producto.

2.3.4. Estudios ambientales

Tradicionalmente, la evaluación ambiental ha consistido en un análisis técnico de una actividad o proyecto propuesto, son estudios que implican la predicción de efectos sobre el sistema ambiental, su ponderación o valoración cualitativa o cuantitativa, se realizan para identificar y evaluar los posibles impactos negativos y la formulación de acciones para minimizar el impacto en el medio ambiente, que pueda resultar del proyecto de manera directa o indirecta, y para proponer una mitigación adecuada de los mismos, así como medidas de monitoreo que ayuden a controlarlos.

Es una herramienta que asegurará a los principales beneficiados del proyecto de inversión que los recursos invertidos, brindarán al proyecto la sostenibilidad a largo plazo que es esencial. Es de suma importancia recordar que no todas las inversiones o proyectos de cualquier característica requieren de un estudio medioambiental minucioso, y que los factores que afecten a esto pueden variar de proyecto a proyecto; por ejemplo existen proyectos sociales que estarán relacionados con salud, educación, mantenimiento vial o civil, o la provisión de otro tipo de infraestructura más sencilla, los cuales tendrán poco impacto ambiental y por la misma situación no se suele requerir del tiempo que se necesitaría para realizar un estudio ambiental completo.

2.3.5. Estudio financiero

“El estudio financiero es el que determina de manera cuantitativa y monetaria el costo de la operación del proyecto y su aceleración, este permite evaluar la rentabilidad del proyecto de negocio y visualizar su rentabilidad y recuperación del mismo en el tiempo”.(González Navarro et al., 2010, p. 2)

El estudio financiero se apoya en la determinación del plan de negocio, ya que resulta de suma importancia que cada uno de estos elementos cuantifique la inversión necesaria para emprender el negocio con variables que son determinantes para una sostenibilidad del proyecto a largo plazo: la inversión requerida, capital de trabajo, gastos pre-operativos y la integración de la información financiera resumida en los estados financieros proyectados.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLOGICO Y RESULTADOS

3.1. Laboratorios y centros de tribología

Los laboratorios de tribología se dedican a tratar de resolver problemas de la industria por medio de análisis con equipos especializados, ensayos determinados por normas, e investigación para proponer innovación dentro de la industria en los campos de la lubricación, fricción y desgaste, sin embargo, cada laboratorio es creado con diferentes enfoques, netamente académicos, prestación de servicios, o simplemente dedicados al desarrollo de la ciencia.

Estos laboratorios con sus variantes de enfoque suelen ser frecuentes en países desarrollados, como es Francia, Estados Unidos, Reino Unido, China, Corea, etc., por mencionar algunos, ya que ven a la tribología y todos los campos que esta abarca, como una ciencia primaria y útil por los beneficios que presta dentro de la industria principalmente en el área de ahorro de costos, grandes marcas trabajan con varios laboratorios ya sea adquiriendo sus servicios, trabajando en el desarrollo e investigación, o como alternativa si la tribología entra en sus servicios principales tienen sus propios laboratorios para de esta manera prestar servicios exclusivos a sus clientes, como es el caso de Caterpillar, Toyota, industria ferroviaria, etc.

En América Latina esta situación cambia, ya que el número de laboratorios depende exclusivamente del país, y los tipos de industrias que este posea, por ejemplo en Brasil fácilmente y sin una investigación profunda, se pueden encontrar laboratorios variados, en Colombia, Perú, Chile y Argentina con una investigación leve puede llegarse al mismo número de laboratorios, sin embargo centros de investigación y desarrollo de tribología, que estén dedicados no solo a servicios industriales de análisis de lubricantes, sino a investigar nuevos temas, desarrollarlos son escasos, y están caracterizados por tener una visión netamente académica y no de financiamiento autosustentable.

3.1.1. Laboratorios técnicos

Los laboratorios tienen diversas connotaciones, en ocasiones es concebido como el lugar donde se realizan experimentos, también es definido como un espacio físico cerrado donde predominan las maquinas e instrumentos especializados con el fin de llegar a presenciar un fenómeno, ya sea preestablecido o el desarrollo de uno nuevo dentro de un campo experimental específico.

3.1.2. Laboratorios de tribología

Los laboratorios de tribología, se dedican al desarrollo y estudio de las principales características de esta ciencia como son la lubricación, el desgaste, y la fricción y todos los subtemas que se logren desarrollar dentro de los mismos. Así también dependiendo de la ubicación del laboratorio estos realizan estudios dentro de diferentes campos industriales y el impacto de beneficio que puedan generar con la tribología; estos campos pueden ir desde superficies de materiales a la industria espacial según requerimientos y desarrollo del país.

Al existir un amplio campo de industrias donde la tribología es requerida, existen diferentes tipos de laboratorios que de la misma manera tienen diferentes visiones en su labor y campo experimental. Según el análisis de material bibliográfico analizado podemos observar tres variantes de laboratorios tribológicos.

3.1.2.1. Laboratorios de docencia

Son laboratorios que fácilmente se pueden encontrar en universidades que están dedicados exclusivamente a impartir conocimiento a alumnos principalmente de las áreas de ingeniería, donde se realizan prácticas de laboratorio en especialidades determinadas por los docentes, los cuales son en muchas ocasiones los encargados de dirigir y manejar todo dentro del mismo.

Estos laboratorios no suelen prestar servicios a compañías con fines de lucro ya que los mismos fines son netamente académicos.

3.1.2.2. Laboratorios de desarrollo e investigación tribológica

Los laboratorios de desarrollo e investigación tribológica se los puede encontrar trabajando de forma independiente o también encontrarlos en universidades de gran prestigio como el Instituto de tecnología de Massachusetts –MIT- o Imperial College de Londres, donde tienen participación tanto en la docencia, como en el desarrollo e investigación de la tribología. En la mayoría de los casos suelen trabajar con compañías grandes que están dedicadas a prestar servicios o productos como es el caso de la empresa AB SKF, que está dedicada a comercializar, rodamientos, sellos, sistemas tribológicos y mecatrónicos.

3.1.2.3. Laboratorios de servicios tribológicos

Estos laboratorios suelen encontrarse trabajando de manera completamente independiente y suelen contar con varias áreas de especialización, equipos modernos para la utilización del laboratorio, venta y alquiler, estos están dedicados a trabajar en servicios ya conocidos para grandes y medianas industrias, ya sea con el comité propio de trabajo o al alquilar en laboratorio de tribología de manera entera para que un comité de investigadores que no cuenta con ciertos equipos o tecnología pueda realizar su trabajo.

Se dedican de la misma manera a la comercialización de equipos de laboratorio, insumos, materiales y herramientas para terceros, como a la impartición de cursos certificados por normas dentro de la rama como son la ASTM G99-05, ASTM D95, ISO 18436-4, por mencionar algunas, cabe recalcar que este tipo de cursos suelen ser más populares en América Latina ya que en países como Europa, Estados Unidos, Canadá, etc., suelen ser impartidos por las organizaciones que crearon las normas.

3.1.3. Servicios que brindan los laboratorios de tribología

A continuación, después de una búsqueda bibliográfica y de recopilar datos de diferentes laboratorios y centros tribológicos, se realiza tablas de los servicios que ofrecen al sector público y en casos especiales para desarrollo.

3.1.3.1. Área de Lubricación

Los laboratorios de análisis de lubricantes suelen tener mucha más presencia que los laboratorios de fricción y desgaste de los materiales, siendo una situación no solo a nivel nacional sino internacional; suelen estar presentes como laboratorios privados dedicados exclusivamente al análisis de lubricantes como el caso de ASTRIVEN S.A una compañía ubicada en la ciudad de Guayaquil que brinda el servicio de análisis de lubricantes a varias industrias como hidroeléctricas o refinerías juntamente con servicio de diseño, eliminación de partículas dentro de tuberías, entre otros, o pertenecen a grandes marcas de lubricantes como es el caso de Lubrisa S. A., que adquiere la representación de la marca de lubricantes norteamericana GULF en Ecuador desde 1993, y en el año 2002 adquiere la fábrica que está ubicada en la ciudad de Durán y ofreciendo el servicio post-venta de análisis de aceites.

Tabla 1-3: Recopilación de oferta de ensayos para lubricantes, su normativa y precio aproximado.

Prueba	Norma	Cantidad mínima requerida	Tipo de lubricante	Precio USD
Determinación de densidad	ASTM D1298	200 ml	Aceites	\$ 17,00
Viscosidad @ 40°C	ASTM D445	200 ml	Aceites	\$ 24,29
Viscosidad @ 100°C	ASTM D445	200 ml	Aceites	\$ 24,29
Índice de Viscosidad*	ASTM D2270	200 ml	Aceites	\$ 48,56
Metales por ICP -Desgaste	ASTM D5185	100 ml	Aceites	\$ 29,14
Metales por ICP -Aditivo	ASTM D5185	100 ml	Aceites	\$ 29,14
Agua (Karl Fisher)	ASTM D1123	100 ml	Anticongelantes	\$ 29,14
Código de limpieza*	ISO 4406	100 ml	Aceites	\$ 58,28
Extrema presión (Kg) 4 Bolas grasas	ASTM D2596	0.5 kg	Grasas	\$ 194,26
Extrema presión (Kg) 4 Bolas aceites*	ASTM D2783	500 ml	Aceites	\$ 194,26
Desgaste 4 Bolas aceites	ASTM D4172	200 ml	Aceites	\$ 72,85
Desgaste 4 Bolas grasas*	ASTM D2266	200 ml	Grasas	\$ 72,85
Temperatura de Inflamación	ASTM D92	200 ml	Aceites	\$ 31,57
Corrosión lamina de cobre aceite*	ASTM D130	300 ml	Aceites	\$ 19,43
Corrosión lamina de cobre grasa*	ASTM D4048	300 ml	Grasas	\$ 19,43
TBN Titulación Automática	ASTM D2896b	100 ml	Aceites	\$ 24,29
Volatilidad Noack*	ASTM D5800b	200 ml	Aceites	\$ 72,85
Prueba Demulsibilidad	ASTM D1401	200 ml	Aceites	\$ 36,42
Espumación secuencia I, II y III*	ASTM D892	500 ml	Aceites	\$ 58,28
Simulador de arranque en frío*	ASTM D5293	200 ml	Aceites	\$ 36,42
Lavado por agua	ASTM D1264	200 g	Grasas	\$ 145,69
Método de Penetración de cono en grasa lubricante -No Trabajada	ASTM D217	1.5 kg	Grasas	\$ 19,43
Método de Penetración de cono en grasa lubricante -Trabajada	ASTM D217	1.5 kg	Grasas	\$ 38,85
Método de Penetración de cono en grasa lubricante -Prolongada 10,000 golpes	ASTM D217	1.5 kg	Grasas	\$ 72,85
Método de Penetración de cono en grasa lubricante -Prolongada 100,000 golpes	ASTM D217	1.5 kg	Grasas	\$ 121,41
Determinación de color*	ASTM D1500	200 ml	Aceites	\$ 12,14
Temperatura mínima de fluidez*	ASTM D97	200 ml	Aceites	\$ 26,71
Número de Acidez*	ASTM D974	100 ml	Aceites	\$ 29,14

Punto de Goteo	ASTM D2265	100 g	Grasas	\$ 29,14
Ruptura Dieléctrica 2.54 mm*	ASTM D877	1 L	Aceites	\$ 58,28
Separación de Aceite	ASTM D6184	200 g	Aceites	\$ 58,28
Contenido de agua*	ASTM D6304	100 ml	Aceites	\$ 29,14
Herrumbre en Aceites (Agua destilada/4 Hr)*	ASTM D665a	900 ml	Aceites	\$ 38,85
Herrumbre en Aceites (Agua destilada/24 Hr)*	ASTM D665a	900 ml	Aceites	\$ 58,28
Herrumbre en Aceites (Agua sintética de mar/4 Hr)*	ASTM D665b	900 ml	Aceites	\$ 38,85
Herrumbre en Aceites (Agua sintética de mar/24 Hr)*	ASTM D665b	900 ml	Aceites	\$ 58,28
Temperatura de Ebullición - Anticongelante*	ASTM D1120	500 ml	Anticongelantes	\$ 29,14
Temperatura de Congelación - Anticongelante*	ASTM D1177	500 ml	Anticongelantes	\$ 29,14
Corrosión de viruta de cobre (Prueba Herbert)*	ASTM D4627	50 ml	Aceites	\$ 24,29
Determinación de pH*	ASTM D1287	100 ml	Agua	\$ 19,43
Determinación de nitritos*	Tira reactiva	100 ml	Anticongelantes	\$ 29,14
Estabilidad a la oxidación en grasas*	ASTM D942	200 g	Grasas	\$ 58,28
Propiedades de Extrema Presión (Método Pin & Vee Block)*	ASTM D3233	200 ml	Aceites	\$ 121,41
Contenido de sedimentos*	ASTM D96	200 ml	Aceites	\$ 17,00
Reserva Alcalina*	ASTM D1121	200 ml	Anticongelantes	\$ 24,28
Ruptura Dieléctrica 2.00 mm*	ASTM D1816	1 L	Aceites	\$ 58,28
Ruptura Dieléctrica 1.00 mm*	ASTM 1816	1 L	Aceites	\$ 58,28
Determinación de Hollin*	ASTM D7844	50 ml	Aceites	\$ 14,57
Espectro Infrarrojo*	FTIR	50 ml	Aceites / Grasas	\$ 29,14
Estabilidad al rolado %*	ASTM D1831	200 g	Grasas	\$ 38,85
Brix	Refractómetro	200 ml	Aceites	\$ 14,57

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Fuente: (Lubral Lubricantes 2021)

3.1.3.2. Área de Desgaste

Las áreas o laboratorios de ensayos para desgaste en materiales suelen ser escasos, de manera nacional e internacional, y los que se encuentran más enfocados en estas áreas son laboratorios de materiales y superficies, como el laboratorio de metalografía, desgaste y falla de la Escuela Politécnica Nacional, (Ecuador) se encuentra dedicado a la docencia y a prestar servicios a las industrias siendo de esta forma el único laboratorio en el Ecuador con este tipo de servicios.

Tabla 2-3: Recopilación de oferta de ensayos para desgaste de materiales y su normativa

Desgaste	
Ensayos	Normas
Prueba de fricción de rueda de caucho con arena seca	ASTM G65
Rueda de caucho de arena húmeda	ASTM G105
Pruebas de desgaste con un aparato de clavija sobre disco	ASTM G 99-17
Rueda abrasiva	
Tambor giratorio	
Erosión por chorro	
Pin en disco	
Papel abrasivo	
Frotamiento	
Prueba de bloque deslizante	
Prueba de erosión de lodos	
Bloque en anillo	

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

3.1.3.3. Área de Fricción

Los laboratorios de fricción suelen estar directamente relacionados con los laboratorios de desgaste y materiales, siendo una de las áreas menos tratadas, pero con gran relevancia dentro de la tribología y una estrecha relación con la lubricación. Dentro del país no existen laboratorios, centros o áreas que estén destinados exclusivamente al ensayo de fricción de materiales o superficies

Tabla 3-3: Recopilación de oferta de ensayos de fricción y su normativa

Fricción	
Ensayos	Normas
Prueba de coeficiente de fricción en película plástica	ASTM D1894
Medición y reporte de coeficientes de fricción (materiales)	ASTM G115-10
Método de prueba estándar para medir las características de fricción de la banda / rodillo	ASTM G143-03
Determinación de las características de fricción de ruptura de elementos rodantes	ASTM G182-13
Determinación del coeficiente de fricción de lubricantes con la máquina de prueba de desgaste de cuatro bolas	ASTM D5183
Coefficiente de fricción de un aceite lubricante de presión extrema utilizando la máquina de prueba SRV	ASTM D8316v - 194.29
Método de prueba estándar para el coeficiente de fricción cinética para recubrimientos de cera	ASTM D2534 - 88
Método de prueba estándar para el coeficiente de fricción estática de tableros de fibra corrugada y sólida (retirado en 2001)	ASTM D4521 - 96

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

3.1.4. Servicio de carácter empresarial

En el Ecuador según la Asociación de productores y exportadores de lubricantes del Ecuador (APEL), sostuvo que el 61% de los lubricantes que se demanda en el país, aproximadamente 36 millones de galones son fabricados de manera nacional y existen alrededor de 30 marcas, el 39% restante se debía a importaciones de aceites lubricantes hasta el año 2019, en el año 2020 con la crisis sanitaria y mundial esto redujo a un 16% para combustibles y lubricantes.

Las empresas que presentan este tipo de análisis con laboratorios ubicados y equipos que puedan cubrir cierta demanda en el Ecuador son:

Tabla 4-3: Empresas con laboratorios de análisis de lubricantes en Ecuador

Empresa	Ubicación	Servicios prestados a:
LUBRISA	Durán	Clientes
SWISS OIL	Guayaquil	Clientes
LUBRIVAL	Guayaquil	Clientes
PDVSA	Guayaquil	Clientes
BIOFACTOR	Durán	Público general
ASTRIVEN S.A	Guayaquil	Público general
CATERPILLAR	Guayaquil	Clientes
LUBTECHNOLY	Guayaquil	Público general
VIBRATEC	Guayaquil	Público general
LAB. DE ESPECTROFOMETRIA	Taura	Servicios internos (FAE)
OLEODUCTOS DE CRUDOS PESADOS	Esmeraldas	Servicios internos (ODC)

Fuente: (Huacón 2011)

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Cabe recalcar que en la mayoría de los casos de análisis realizados en el país se utiliza equipo obsoleto, en el Ecuador el servicio de análisis es ofrecido como servicio post-venta del producto.

Los análisis de lubricantes no se promocionan con la importancia que tendría que tener dentro del mantenimiento de las industrias, a excepción del caso de *Caterpillar* que ofrece un programa de mantenimiento en el cual está integrado pruebas de análisis de aceite, con los servicios de laboratorio por lo tanto nos deja con la opción de cuatro laboratorios que se centran en el análisis

de lubricantes al público en general y no dedicándose de manera exclusiva a esta actividad. En cada una de sus páginas web muestran con que áreas trabajan para análisis de lubricantes, una lista a continuación.

- Automotriz
- Petróleo y gas
- Minería
- Metal-mecánica
- Marítimo
- Alimenticio:
- Manufactura
- Agroindustria
- Acuicultura
- Construcción
- Generación de energía eléctrica

3.1.5. Análisis de la situación actual del laboratorio de Tribología de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la Facultad de Mecánica, se encuentra el laboratorio perteneciente a la cátedra de Tribología, impartida en la carrera de Mantenimiento Industrial.



Figura 1-3: Edificio de laboratorios de la facultad de mecánica de la ESPOCH
Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

El laboratorio de tribología cuenta con una superficie de 33,74 m², cuenta con 5.94 m de largo y 5.68 m de ancho, donde por semestre presencial albergaba a un promedio de 30 personas en su interior, divididas en grupos de aproximadamente 15 personas para realizar ensayos.



Figura 2-3: Laboratorio de tribología actual

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

El laboratorio cuenta con pocos equipos para realizar ensayos, los mismos no están divididos en departamentos o áreas, a continuación, se enlista, herramientas, equipos y activos físicos del mismo, se pueden encontrar las fotos de los mismos en anexos.

3.1.5.1. Activos físicos

- 6 mesas para estudiantes
- 1 mesa de madera para el profesor
- 14 sillas de madera para estudiantes
- 1 silla giratoria para el profesor
- 1 silla para microscopio de análisis de aceites ferrográfico
- Un pizarrón de tiza líquida
- 1 anaquel para documentos varios

3.1.5.2. Equipos

- Un computador de escritorio (Monitor y PC) HP *ProDesk* 400.
- Máquina de fricción y desgaste de cilindros cruzados (realizada en un tema de tesis).
- Un proyector marca Epson.

- Microscopio biológico Olympus BX51.
- Cámara para microscopios Olympus QColor 5.
- Analizador de lubricantes de ferrografía Spectro Inc. T2FM.
- Placa calefactora marca Thermo Scientific HP18325.

La superficie del laboratorio es reducida para los enfoques que se tienen previstos, para un total de estudiantes promedio por semestre presencial dentro de la carrera, e incluso para las 15 personas que está predestinado estar presente dentro de cada ensayo.

3.1.6. Análisis F.O.D.A del laboratorio actual

3.1.6.1. Objetivo

Al proponer un centro de tribología dentro de la facultad de mecánica, con dos áreas definidas que son lubricación, desgaste y fricción se debe tener en cuenta que dentro de la facultad existe ya un laboratorio para la cátedra de tribología destinado únicamente al área de la docencia.

El objetivo de este análisis es encontrar las amenazas, oportunidades, fortalezas y debilidades del mismo laboratorio para tener una sustentación objetiva del porque debería optimizar su área, equipos e instrumentos de acuerdo a los nuevos enfoques planteados en el presente trabajo, cabe recalcar que el laboratorio actual es netamente académico y no ofrece servicios tribológicos al público.

3.1.6.2. Amenazas

Son riesgos que afectarán tarde o temprano al resultado, en este caso particular de laboratorios el enfoque del mismo, sin embargo, no está en nuestro control, de tal manera quedaría clasificado como una situación externa.

- Presupuesto destinado al centro tribológico
- Infraestructura reducida
- No es un laboratorio autosustentable

3.1.6.3. Oportunidades

Factores positivos de manera externa que implican oportunidades o ventajas ya sea para posicionarse dentro del mercado, factores que puedan aportar garantía a nuestro proyecto, etc.

- Centros tribológicos dedicados a docencia inexistentes dentro del país
- Centros tribológicos dedicados a brindar servicios a la industria dentro del país inexistentes

3.1.6.4. Fortalezas

Factores positivos internos que son beneficiantes en el laboratorio de tribología actual, y podrían ser útiles para el centro propuesto.

- Amplio conocimiento de la materia
- Excelente seguridad para acceso al laboratorio
- Existencia de infraestructura, ferrógrafo y microscopio electrónico disponible del laboratorio de materiales.
- Programa de estudios acorde al sector industrial
- Formación curricular integral y centrada en el aprendizaje

3.1.6.5. Debilidades

Factores negativos internos del laboratorio actual, los cuales se busca mejorar dentro de la implementación del nuevo laboratorio tribológico.

- Falta de guías de laboratorios como referencia para los estudiantes.
- No se posee un técnico encargado del laboratorio.
- Situación de desabastecimiento de materiales, equipos y herramientas.
- Ausencia de un equipo multidisciplinario de investigadores.

3.1.6.6. Matriz

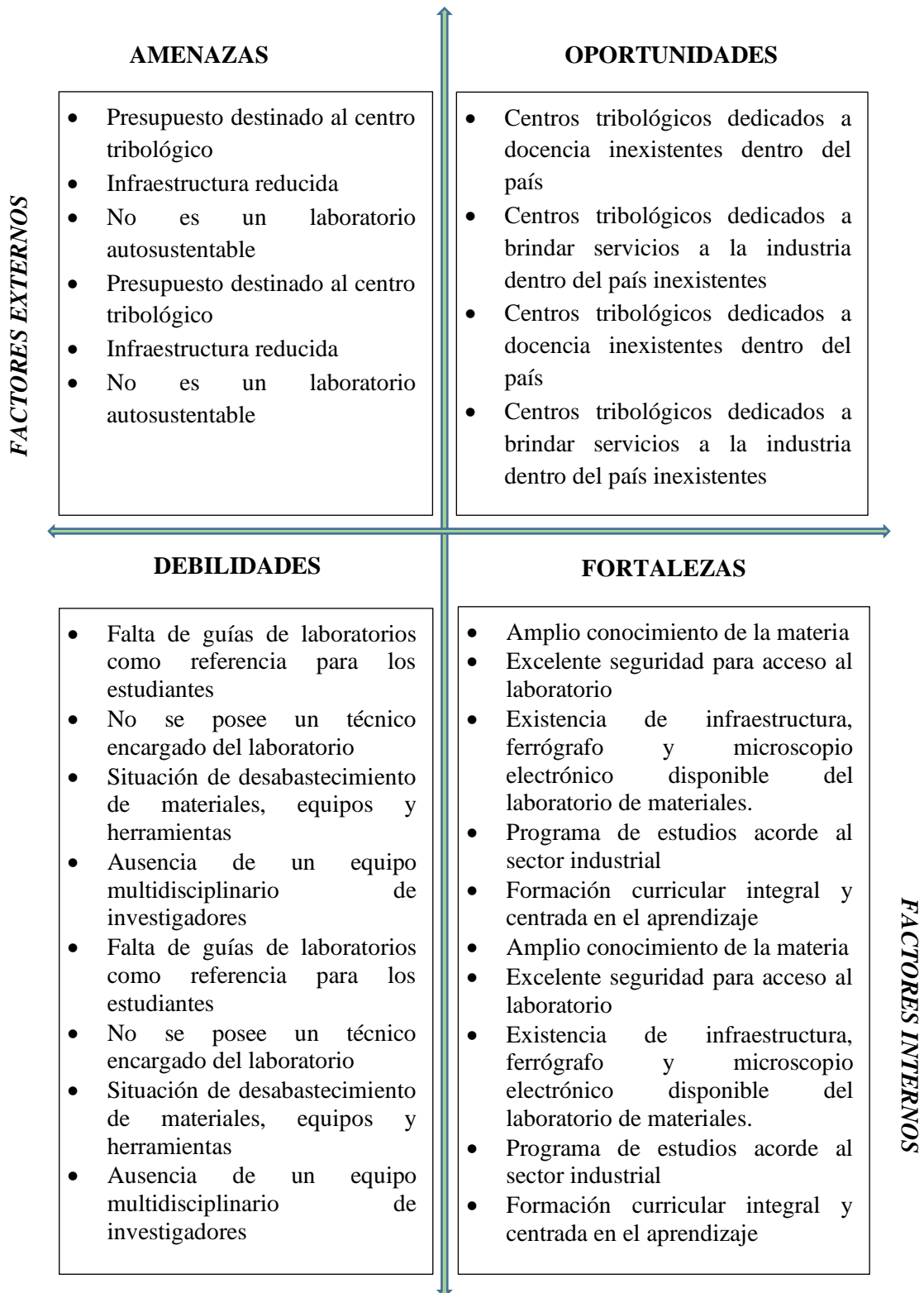


Figura 3-3: Análisis F.O.D.A. del laboratorio de tribología actual

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

3.1.7. Propuesta de creación del centro tribológico

En el presente trabajo se pretende crear y estructurar un centro tribológico, en base a la infraestructura del actual laboratorio antes descrito, de modo que integre y decida sobre los lineamientos para el cumplimiento de las políticas orientadoras hacia la consecución de la misión y visión del centro.

Para llegar a esta propuesta se ha realizado una minuciosa investigación bibliográfica sobre los diferentes centros y laboratorios de tribología existentes y las investigaciones que estos realizan y sus impactos en la industria lo cual nos ayudó a llegar a la siguiente conclusión.

El laboratorio de desarrollo e investigación tribológica de la Facultad de Mecánica debe trabajar con tres enfoques, el primer enfoque netamente académico, el segundo investigativo y el tercer enfoque prestación de servicios a la industria ecuatoriana e internacional.

El primer enfoque, el cual es el principal se dedique en un tiempo parcial al ámbito académico esto es a la realización de laboratorios de fricción y desgaste, y determinación de los regímenes lubricación, aplicación de normas de ensayo de materiales sobre resistencia al desgaste, el segundo enfoque se propone investigaciones sobre resistencia al desgaste de diferentes tipos de recubrimientos utilizados en el mantenimiento correctivo de piezas de máquinas, determinación del consumo energético en pares tribológicos, definición de propiedades tribológicas en nuevos materiales, Estudio de las áreas de contacto.

El tercer enfoque con el objetivo que el laboratorio pueda ser al menos en un 70% - 80% autosustentable es prestar los servicios de este laboratorio para beneficio de la industria ecuatoriana, la cual se caracteriza por solamente tener servicios de análisis de aceites lubricantes, y cabe recalcar mayoritariamente estos servicios de análisis son brindados exclusivamente solo a clientes frecuentes de la marca que maneje los laboratorios. Dentro de este laboratorio se propone alcanzar la meta de incluir ensayos y desarrollo dentro de los tres campos fundamentales de la tribología y los campos en los que puedan ser aplicables la lubricación, desgaste y fricción, como por ejemplo analizar cuál es el consumo energético en la industria debido a la fricción, o brindar servicios de mantenimiento preventivo basado en planes de lubricación, determinar cuáles de los elementos de máquinas deben ser reconstruidos y seleccionar su método más óptimo.

3.1.8. Misión del proyecto

Brindar prestaciones de servicio científico-técnicas basadas en los enfoques de docencia, investigación y desarrollo de la tribología juntamente con la comunidad politécnica y otras poblaciones de interés institucional, además ofrecer servicios de lubricación, fricción y desgaste a las industrias que puedan necesitarlas de manera nacional e internacional, mediante la utilización de equipos especializados, que emitan resultados confiables, a través de la capacitación teórico- práctica constante que será brindada a estudiantes y al personal a cargo del centro tribológico con la buena práctica profesional de nuestros colaboradores y su apegamiento a los principios de ética, imparcialidad y confidencialidad que nuestro sistema exige.

3.1.9. Visión del Proyecto

Convertirnos en un referente nacional en servicios tribológicos satisfaciendo las necesidades de las empresas nacionales e internacionales, con resultados confiables y garantizados pensando siempre en el avance científico, académico y su respectiva contribución a la satisfacción del cliente y necesidades del país, destacando en publicaciones de impacto social-industrial, llegando de esta manera a ser el primer centro tribológico confiable y líder en el Ecuador.

3.2. Estudio técnico del proyecto

3.2.1. Infraestructura

3.2.1.1. Layout propuesto

El layout propuesto a continuación, se encuentra dividido en diferentes áreas, para lo cual el enfoque de producción del laboratorio ha sido tomado en cuenta, de esta manera se ha dispuesto el área de secretaria y oficinas para el personal juntamente con su presupuesto que se encuentra en el punto 3.5 del presente proyecto en el apartado de análisis financiero.

El área de secretaria la cual está definida por un color verde cuenta con medidas de 3 metros de largo por 2.7 metros de ancho, la cual funcionaría como un área de recepción cuando sea necesario para los clientes del centro tribológico, entrega de resultados a los mismos, archivado de documentos y comunicación con los clientes o interesados en los servicios ofrecidos. El área de oficinas que se encuentra definida por un color celeste oscuro, contara con dos oficinas, una para el líder del grupo, y una oficina compartida para los técnicos de laboratorio, el área técnica definida por un color azul, cuenta con un mesón de trabajo de 80 cm de ancho, 90 cm de alto con

un final que difiere en 15 cm de altura con el resto del mesón de trabajo y se encuentra especialmente diseñado para los microscopios del laboratorio , el área de bodega es un espacio de 3 metros de largo por 3 metros de ancho, en la cual se tiene previsto almacenar los materiales consumibles, herramientas, recolección de muestras, material de aseo del laboratorio y residuos de aceites provenientes de muestras, etc.

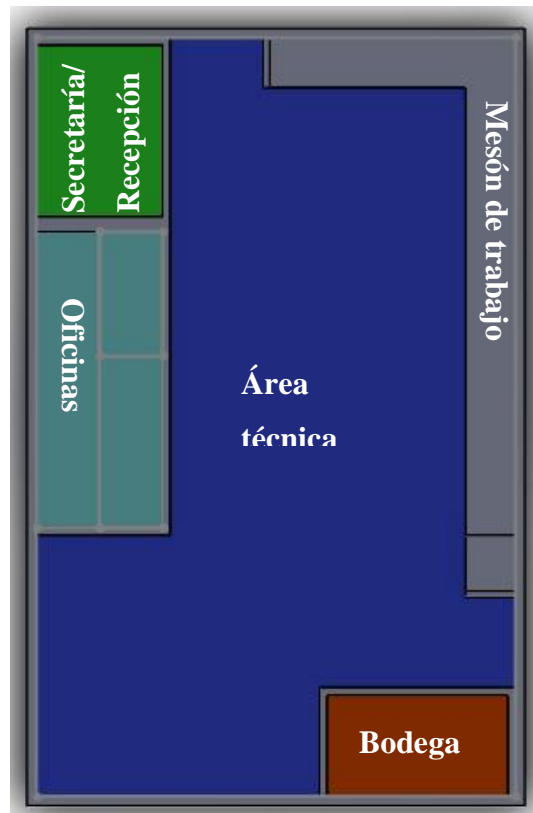


Figura 4-3: Layout del centro tribológico
Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

3.2.2. Áreas Componentes

Dentro de un centro tribológico deben estar determinadas las áreas a las que este centro se va a dedicar, en este caso como un mínimo se debe encontrar áreas que estén dedicadas a la lubricación, fricción y desgaste, en otros ya que son los fundamentos principales de esta ciencia, como complemento de las mismas pueden existir áreas dedicadas a los materiales, superficies, juntamente con las áreas administrativas que se puedan implementar, dependiendo del caso del centro tribológico en cuestión.

En esta propuesta de centro tribológico se sugiere que existan tres áreas, dos de las áreas destinadas a la parte de desarrollo y avance tribológico, docencia y servicios prestados para

industria, y un área administrativa dedicada a secretaria, recepción de pedidos, y entrega de resultados.

La primera área será dedicada a la lubricación y todos los procesos que esta implique, una segunda área dedicada a la fricción y desgaste de los materiales, estas dos últimas aunadas ya que tienen más relación tanto en ensayos, como en equipos. Cabe recalcar que existen ensayos dentro de la segunda área con variaciones que requerirán la intervención del área de lubricación, su análisis y beneficio dentro del resultado.

3.2.3. Equipos

Existen diversos equipos para un centro tribológico, sin embargo, basándonos en los enfoques propuestos de investigación y avance de la ciencia, docencia y prestación de servicios a la industria se han seleccionado los siguientes equipos, a continuación, se detallan los mismos con características del proveedor, precios de los equipos que se han logrado conseguir o costos de mercado y los ensayos para los que estarán disponibles.

3.2.3.1. Analizador de aceites para partículas bajo ISO 4406:99

- **Pamas SBSS**



Figura 5-3: Analizador de aceites para partículas Pamas SBSS

Fuente: (PAMAS 2021)

El equipo puede ser programado para realizar los análisis sin tener la necesidad de la presencia de un operador, con tareas como pre-llenado para evitar los volúmenes muertos, la desgasificación y la muestra con vacío, añadiendo presión a la misma muestra según el número de medidas seleccionadas, al finalizar el análisis programado se evacua la presión añadida. Es un analizador que posee alta precisión y repetitividad dentro de los equipos de laboratorio, además posee un purgado rápido, con la posibilidad de que si existen potenciales bloqueos pueda existir un contraflujo para solucionar los mismos, los mencionados son beneficios a grandes rasgos del sistema.

Especificaciones:

- Ajustes de medición flexibles
- 16 canales de medida de tamaño ajustables libremente (32 canales si son requeridos)
- Muestreador neumático con presión de hasta 10 bar
- Modo de vacío para des-gasificar las muestras
- Agitador magnético integrado
- Uso de cualquier tipo de vaso con un máximo de diámetro de 7 cm y una máxima altura de 18 cm
- Volumen de medida de 1 a 1.000 ml
- Automático caudal de muestra y control de volumen por medio de un preciso motor de jeringa paso a paso
- Poseen diferentes sensores volumétricos para sus partículas y resultados bajo diferentes estándares
- Max. Concentración de partículas: 24.000 P/ml a 25 ml/min

Áreas a las que pertenece:

- Área de lubricación

Precio:

- \$32000

Ensayos a realizar con el equipo:

- ISO 4406:99 : Código de limpieza para aceites, combustibles, entre otros.

- ISO 21501: Determinación de la distribución del tamaño de partícula. Métodos de interacción de luz de una sola partícula.
- ISO 11171: Sistemas de potencia hidráulica y calibración de contadores de partículas en líquido

3.2.3.2. Tribómetro

- **ASTM Computer Control Universal Friction Wear Tester**



Figura 6-3: Tribómetro universal con módulos intercambiables

Fuente: (Alibaba, 2021)

El tribómetro puede cambiar la temperatura, la carga, la velocidad, el material de fricción, la rugosidad de la superficie de fricción, la dureza y otros parámetros y cambiar el estado de lubricación (sin lubricación de aceite, lubricación o lubricación sumergida en aceite) en varios casos, fricción entre el par de fricción para lograr prueba de simulación diferente, las cuales pueden ser en forma de movimiento compuesto de fricción de rodadura, deslizamiento y deslizamiento, con una variedad de pares de fricción, como pin sobre disco (con disco grande y el pequeño, una aguja y tres agujas) par de fricción, par de fricción de cuatro bolas , anillo de empuje, bola en disco, etc. Puede completar una variedad de experimentos de simulación de fricción de puntos, líneas y superficies. Se puede utilizar para evaluar lubricantes, metales, pinturas, revestimientos, caucho, cerámica, etc., propiedades de fricción y desgaste de los materiales.

La máquina es adecuada para varios campos profesionales de tribología, puede satisfacer el estudio tribológico de la industria química del petróleo, maquinaria. Energía, metalurgia,

aeroespacial y el desarrollo de los usuarios de la industria, la detección de varias series de alta gama de aceite, productos petrolíferos y desarrollo de nuevos materiales.

Especificaciones:

- Rango de carga axial: 10 ~ 1000n
- Error relativo de la prueba de fuerza axial: $\pm 1\%$ Test largos con error relativo (30 min): # 1%
- Rango de medición de la fuerza de fricción: 0 ~ 2500n.mm
- Error relativo del par de fricción: $\pm 1\%$ Longitud del brazo de fricción: 50 mm
- Tipo de motor de husillo: servomotor
- Velocidad del husillo: 1-2000r / min (ajustable continuo)
- Error de velocidad del husillo: por debajo de 100r / min; # 1r / min; por encima de 100r / min
- El medio de prueba: aire, aceite, agua, lodo, material abrasivo
- Rango de temperatura ambiente de control de temperatura de muestra 200°C
- Control de apagado: manual / automático (tiempo, revoluciones, fuerza de fricción, etc.)

Áreas a las que pertenece:

- Área de lubricación
- Área de fricción y desgaste

Precio:

- \$35800

Ensayos a realizar con el equipo:

Módulo de Bloque en anillo/ Timken EP

- ASTM G77: Prueba estándar para clasificar la resistencia de los materiales al desgaste por deslizamiento mediante la prueba de desgaste de bloque sobre anillo
- ASTM D2509: Método de prueba estándar para medir la capacidad de carga de la grasa lubricante (método Timken)
- ASTM D2714: Método de prueba estándar para la calibración y operación de la máquina de prueba de fricción y desgaste de bloque sobre anillo Falex

- ASTM D2782: Método de prueba estándar para medir las propiedades de presión extrema de los fluidos lubricantes (método Timken)
- ASTM D2981: Método de prueba estándar para la vida útil de los lubricantes de película sólida en movimiento oscilante
- ASTM D3704: Método de prueba estándar para las propiedades preventivas del desgaste de las grasas lubricantes utilizando el bloque (Falex) en la máquina de prueba de anillo en movimiento oscilante

Módulo de desgaste de 4 bolas/ Prueba de cizallamiento KRL

- ASTM D2266: Método de prueba estándar para las características de prevención del desgaste de la grasa lubricante (método de cuatro bolas)
- ASTM D4172: Método de prueba estándar para las características de prevención del desgaste del fluido lubricante (método de cuatro bolas)
- ASTM D5183: Método de prueba estándar para la determinación del coeficiente de fricción de lubricantes usando la máquina de prueba de desgaste de cuatro bolas
- ASTM D2596: Método de prueba estándar para medir las propiedades de presión extrema de la grasa lubricante (método de cuatro bolas)
- ASTM D2783: Método de prueba estándar para medir las propiedades de presión extrema de los fluidos lubricantes (método de cuatro bolas)
- DIN 51350: Prueba en el probador de cuatro bolas, determinación de la carga de soldadura de lubricantes consistentes
- IP 239: Determinación de las propiedades de extrema presión y antidesgaste de los fluidos lubricantes y grasas - Método de cuatro bolas (condiciones europeas)

Anillo de pistón / cilindro lineal:

- ASTM G181: Método de prueba estándar para realizar pruebas de fricción de materiales de la camisa del cilindro y el anillo del pistón en condiciones de lubricación
- ASTM G206: Guía estándar para medir los volúmenes de desgaste de segmentos de aros de pistón contra cuerpos planos en pruebas de desgaste recíprocas

Módulo de pin, bola en disco

- ASTM G99: Método de prueba estándar para pruebas de desgaste con un aparato de clavija sobre disco

- ASTM G132: Método de prueba estándar para pruebas de abrasión de pasadores
- ASTM D6078: Método de prueba estándar para evaluar la lubricidad de los combustibles diésel mediante el evaluador de lubricidad de bola sobre cilindro de carga raspada (SLBOCLE)
- ASTM D5001: Método de prueba estándar para medir la lubricidad de los combustibles de turbinas de aviación mediante el evaluador de lubricidad de bola sobre cilindro (BOCLE)
- DIN 50324: Prueba de fricción y desgaste modelo prueba de fricción por deslizamiento de sólidos (sistema de bola en disco)

3.2.3.3. Rugosímetro

- **PCE-RT 2300-ICA**



Figura 7-3: Rugosímetro PCE-RT 2300-ICA

Fuente: (Instruments, 2021)

El rugosímetro es usado para medir la rugosidad de superficies por medio de un sensor externo, por lo tanto, le permite al rugosímetro determinar la rugosidad superficial en perfiles de pequeña superficie. Posee una gran pantalla LCD en donde se pueden observar los valores de lectura según los estándares de rugosidad válidos ISO, ANSI e JIS, manejar el dispositivo y sus configuraciones. El rugosímetro se alimenta a través de un acumulador interno el cual se carga a través de un adaptador de red USB normal. El sensor externo el cual integra un palpador con punta de diamante el cual ejerce una presión máxima de 4mN sobre la superficie a ser medida, está conectado por cable con la unidad central del rugosímetro. Esta ejerce una presión máxima de 4 mN sobre la superficie en la cual se mide la rugosidad.

Especificaciones:

- Rango de 320 μm
- Precisión de $\pm 10 \%$
- Repetibilidad de $\pm 7 \%$

- Resolución de $\pm 20 \mu\text{m}$: $0,002 \mu\text{m}$, $\pm 40 \mu\text{m}$: $0,004 \mu\text{m}$, $\pm 80 \mu\text{m}$: $0,008 \mu\text{m}$, $\pm 160 \mu\text{m}$: $0,02 \mu\text{m}$
- Estándares de visualización de resultados ISO4287, ANSI b46.1, DIN4768, JISb601
- Gráficos: Perfil primario (rugosidad + ondulación), perfil de rugosidad (rugosidad), carga de curvas
- Filtros: RC, PC-RC, Gaus, D-P
- Longitud de onda límite de $0,25 \text{ mm}$, $0,8 \text{ mm}$, $2,5 \text{ mm}$
- Número de recorridos de medición de 1 a 5 *
- Recorridos de medición máxima de $17,5 \text{ mm}$
- Sensor de punta de diamante de 90° , $5 \mu\text{m}$
- Fuerza de presión del sensor $< 4 \text{ mN}$
- Velocidad de palpación: $0,25 \text{ mm}$: $0,135 \text{ mm/s}$, $0,8 \text{ mm}$: $0,5 \text{ mm/s}$, $2,5 \text{ mm}$: 1 mm/s
- Pantalla LCD de $3,5''$, táctil
- Alimentación por medio de acumulador Li-Ion de $3,7 \text{ V}$
- Cargador USB de $5 \text{ V} / 800 \text{ mA}$
- Tiempo operativo de 50 h por carga aproximadamente.
- Condiciones operativas: $-20 - +40 \text{ }^\circ\text{C}$ / máx. 90% Humedad relativa.
- Condiciones de almacenamiento: $-40 - +60 \text{ }^\circ\text{C}$ / máx. 90% Humedad relativa.
- Dimensiones: Unidad principal: $158 \times 55 \times 52 \text{ mm}$
- Peso: Aprox. 500 g

Áreas a las que pertenece:

- Fricción y desgaste de materiales

Precio:

- € 2879,68 /\$ 3489,67

Ensayos a realizar con el equipo:

- DIN 4768: Determinación de los valores de rugosidad con aparatos eléctricos de palpado.
- ISO 1302: Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos
- ISO 4287: Calidad superficial: Método de perfil, términos, definiciones y parámetros del estado superficial

3.2.3.4. Viscosímetro

- **Viscolite d21**



Figura 8-3: Viscosímetro Viscolite d21

Fuente: (Instruments 2021b)

El viscosímetro Viscolite ofrece al usuario una medición móvil absoluta de la viscosidad: Medidor para aplicación móvil. La construcción robusta permite usar este viscosímetro en ambientes industriales muy adversos. La medición de la viscosidad se puede realizar en casi cualquier medio líquido. El manejo y la lectura del viscosímetro portátil Viscolite es sencillo.

Especificaciones:

- Sin piezas giratorias descubiertas (sin mantenimiento / desviación mínima a lo largo de los años)
- Uso móvil en la producción / aire libre o en laboratorio
- De fácil manejo y lectura
- Valores de medición exactos y reproducibles
- Se envía calibrado según la ISO
- Medición de temperatura integrada la cual posibilita la compensación de viscosidades dependientes de la temperatura en el aparato.
- Sin limitación por volumen de líquido o la forma y tamaño del contenedor en el que el líquido se encuentra.
- Determinación de viscosidad en casi cualquier lugar con rapidez y exactitud.
- La entrega inicial incluye un certificado de calibración ISO.
- Alimentación: 4 × Baterías AA
- Rango de medición: 0-10000 cP
- Reproducibilidad: mejor que 1 %
- Rango de temperatura: -20 - +120 °C

- Compensación de temperatura de la viscosidad: si, Sonda de temperatura integrada en la sonda
- Volumen de prueba mínimo: 100 ml (en caso de volúmenes inferiores el valor de medición de la viscosidad se altera mucho)
- Medida de la prueba mínima: 700 gr
- Indicación mín.: 500 gr
- Longitud total de la sonda de medición: 305 mm
- Materiales de las piezas en contacto con fluidos: acero inoxidable 316
- Tipo de protección de la carcasa: IP 65
- Certificación de seguridad: "Safe Area"

Áreas a las que pertenece:

- Área de lubricación

Precio:

- € 4780.59 /\$ 5798,62

Ensayos a realizar con el equipo:

- ASTM D2270: Práctica estándar para Cálculo del índice de viscosidad a partir de la viscosidad cinemática a 40 y 100 °C
- ASTM D445: Método de prueba estándar para determinación de la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (y cálculo de la viscosidad dinámica)
- ASTM D2270: Práctica estándar para calcular el índice de viscosidad a partir de la viscosidad cinemática a 40 °C y 100 °C
- ASTM D56: Método de prueba estándar para el punto de inflamación por etiqueta. Probador de copa cerrada
- ASTM D2983: Método de prueba estándar para viscosidad a baja temperatura de fluidos de transmisión automática, fluidos hidráulicos y lubricantes usando un viscosímetro rotacional

3.2.3.5. Microscopio metalográfico

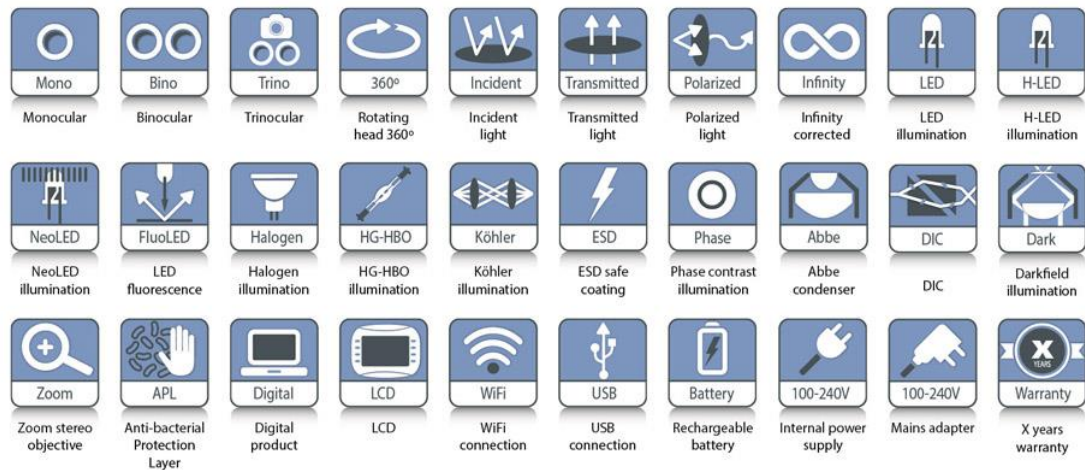


Figura 9-3: Características generales que puede poseer un microscopio metalográfico

Fuente: (Euromex 2021)

Delphi-X Observer polarización



Figura 10-3: Microscopio metalográfico Delphi

Fuente: (Euromex 2021)

Para estudiar una muestra de metal, el microscopio metalográfico refleja un haz de luz horizontal que proviene de la fuente, y que está producida por un reflector de vidrio plano que apunta hacia abajo y pasa a través del objetivo del microscopio sobre la superficie de la muestra. Esta luz será la que se amplifique al pasar por el sistema de lentes para que

podamos ver la muestra que estamos analizando, este microscopio nos brinda una observación avanzada de los materiales. El campo de visión de 25 mm de los oculares y los objetivos plan apocromáticos permite observar con una calidad cromática perfecta, con un alto poder de resolución

Especificaciones

- Campo claro y polarización
- Analizador giratorio 360° y polarizador
- Lente de Bertrand para observación conoscopica
- Sistema óptico EIS corregido al infinito (EIS=Enhanced Infinity System)
- Objetivos de alto contraste para minimizar aberraciones
- Objetivos EISP planos Semi-Apo libres de tensión
- Oculares súper gran campo SWF10x/25mm
- Iluminación halógena de 100 W
- Revolver quintuple
- Cabezal tipo trinocular, tubos inclinados a 30°, distancia interpupilar ajustable entre 47 y 78mm así como ajuste de las dioptrías en ambos tubos porta oculares. El tubo trinocular consta de selector de imagen (100:0 / 80:20 / 0:100)
- Platina circular de 190mm, giratoria 360° con escala Vernier y un par de pinzas para sujetar las muestras. Como opción es posible adaptar una platina con traslación X-Y de 30 x 30mm
- Condensador ABBE de 1,25 A.N. y ajuste en altura. Incluye diafragma iris y polarizador giratorio 360°

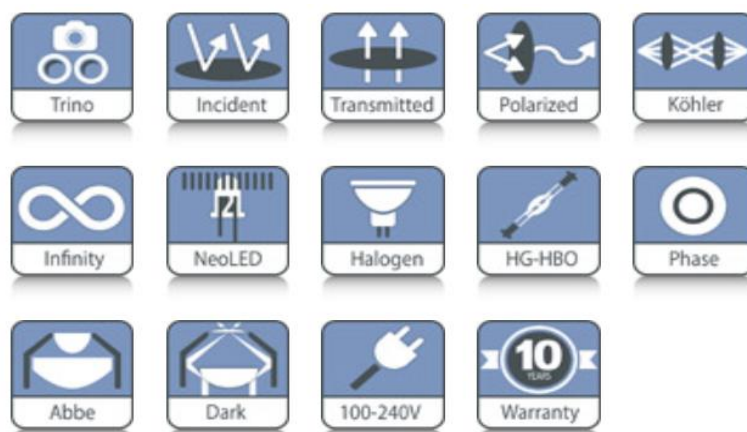


Figura 11-3: Características del microscopio metalográfico Delphi

Fuente: (Euromex 2021)

Áreas a las que pertenece:

- Área de fricción y desgaste de materiales

3.2.4. Elementos consumibles

Tabla 5-3: Elementos consumibles básicos para el centro tribológico

Cantidad	Unidades	Material	Especificación	Costo unitario	Costo total
3	galón	Alcohol	alcohol de 99%	\$ 16,00	\$ 48,00
50	libras	Waipe	lana	\$ 0,80	\$ 40,00
6	unidades	Embudos	22 cm	\$ 3,10	\$ 18,60
100	unidades	Botellas	115 c.c. redonda incluye tapa	\$ 0,41	\$ 41,00
4	unidades	Baldes	20 litros, sin tapa	\$ 2,00	\$ 8,00
4	unidades	Tapas	20 litros, sin vertedor	\$ 0,78	\$ 3,12
5	libras	Trapos	trapo industrial	\$ 1,10	\$ 5,50
50	unidades	Tiras de acidez	control de Ph y acidez	\$ 1,29	\$ 64,50
Total					\$ 228,72

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

3.2.5. Herramientas

3.2.5.1. Maquina pulidora para metales

PlanarMet™ 300 Series



Figura 12-3: Pulidora de metales PlanarMet™ 300 Series

Fuente: (Buehler 2021)

La PlanarMet 300, posee un motor de alto rendimiento para torsión, con un servicio continuo de 5,7 Caballos de Vapor o 5,62 Hp, tasa de eliminación de material agresiva lo cual se veía normalmente en máquinas mucho más grandes y más caras que la presente, ya que esta es diseñada para ser un banco de mesa. Posee características singulares, como la limpieza automática integrada y el sistema de enfriamiento que ayudarán a obtener resultados consistentes, posee una selección de piedras pulidoras las cuales se pueden adaptar a casi cualquier material, una piedra de molienda equivalente a 1000 hojas de papel SIC, con una profundidad de desbaste programable y preciso a 0.01mm en un solo paso.

Especificaciones:

- Motor de 5.62 HP
- Sistema de refrigeración integrado con alto flujo de agua
- Profundidad de desbaste a 0.01 mm en casi cualquier metal
- Piedra de molienda abrasiva potente
- Equipo compacto diseñado para mesa
- Sistema automático de limpieza integrada con recolector

Precio:

- \$3.200

3.2.5.2. Balanza de precisión

- **KERN PLS 1200-3**



Figura 13-3: Balanza de precisión Kern PLS 1200-3A

Fuente: (FEMTO instruments 2021)

Dispositivo de medición que posee display LCD retro-iluminado con altura de dígitos 17 mm, un panel de manejo optimizado desde el punto de vista ergonómico apto para diestros y zurdos. Medidas compactas muy ventajoso al disponer poco espacio, posee determinación de porcentajes lo cual permite al usuario pesar el objeto con respecto a un valor pre-establecido y determinar la divergencia con respecto a ese valor de referencia.

Especificaciones:

- Pesaje con rango de tolerancia: Entrada de un valor límite superior / inferior. Una señal acústica facilita el proceso de racionar, dosificar o clasificar
- Parabrisas moderno con vista óptima al material de pesaje
- Rango (0-1200) g
- Resolución 0,001 g
- Dimensiones del plato \varnothing 110 mm
- Tiempo de estabilización 4 s
- Temperatura admisible en un rango de 5°C-35°C
- Dimensiones carcasa A x P x A: 210x340x330 mm
- Material carcasa: plástico
- Material guardabrisas: cristal
- Peso bruto: 10.7 kg
- Pesa de control interna: -1
- Unidades de pesaje: g, mg, gn, dwt, tl (Tw), tl (HK), ozt, tl (Singap, Malays), ct, mo, lb, oz.

Precio:

- € 826,50 / \$ 1002,50

3.2.5.3. Pie de rey digital

- **Mahr 412728 150**



Figura 14-3: Pie de rey digital Mahr

Fuente: (Hoffman group 2021)

Indicador de LCD de alto contraste, fácilmente legible, con cifras de 8,5 mm. Sistema de medición moderno, energéticamente eficiente, duración aprox. 3 años. La función de bloqueo de referencia evita errores de medición por pulsación involuntaria de las teclas. Vías de guiado lapeadas, superficies de medición lapeadas con precisión.

Especificaciones:

- Material: acero fino INOX
- Embalaje: caja estable
- Interfaz: Conexión RS232C, digimatic , USB
- Bajo la norma DIN 862
- Calibración A1
- Lectura conmutable mm/inch
- Varilla de profundidad \varnothing 1,5
- Seguridad del valor de medición: Mahr reference - lock system
- Capacidad de medición: 0mm - 150mm
- Lectura: 0.01mm- 0.0005 inch
- Límite de error: 0.03 mm

Precio:

- \$ 205,77/ € 169,64

3.5.5.4. Caja de dados

- **Stanley tools 68 piezas**



Figura 15-3: Juego de dados marca Stanley

Fuente: (Libre 2021)

Especificaciones:

- Contiene 68 piezas
- El dado más grande es de 32 mm
- Cuenta con rache y extensiones de bloqueo
- Llaves combinadas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 mm
- Llaves de trinquete de caja doble 8x10, 12x13, 17x19 mm

Precio:

- \$120

3.2.6. Listado de ensayos propuestos para el centro tribológico

Tabla 6-3: Listado de ensayos y normativa

Ensayos	Normas	Equipo	Marca	Departamento
Código de limpieza	ISO 4406-ISO 21501	Analizador de partículas	PAMAS SBSS	Lubricación
Sistemas de potencia hidráulica y calibración de contadores de partículas en líquido	ISO 11171	Analizador de partículas	PAMAS SBSS	Lubricación
Evaluación de la lubricidad (combustibles-equipo alternativo de alta frecuencia)	ASTM D6079	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Evaluación de la lubricidad (combustibles-plataforma reciproca de alta frecuencia)	ASTM D7688	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Medición de la lubricidad (combustible)	CEC F-06-A-96	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Evaluación de la lubricidad (aparato con movimiento alternativo de alta frecuencia)	ISO 12156-IP450	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Determinación de la sinergia entre desgaste y corrosión de un sólido	ASTM G119	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste
Medición de la resistencia a la abrasión de materiales por contacto de bucle abrasivo	ASTM G174	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste
Método de prueba para desgaste por deslizamiento de bola sobre plano con movimiento alternativo lineal	ASTM G133	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste
Determinación de la disipación de energía de fricción en tribosistemas alternativos	ASTM G203	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste
Método de prueba para daños en superficies sólidas en contacto en condiciones de trasteo	ASTM G204	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste

Medición de los volúmenes de desgaste de segmentos de aros de pistón contra cupones planos en pruebas de desgaste.	ASTM G206	tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste
Determinación y medición de las propiedades de presión extrema de las grasas lubricantes utilizando una máquina de prueba de oscilación lineal de alta frecuencia	ASTM D5706- ASTM D5707	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Medición de las propiedades de fricción y desgaste de aceites lubricantes de presión extrema (EP)	ASTM D6425	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste
Determinación de las propiedades de presión extrema de películas sólidas (prueba de oscilación lineal de alta frecuencia)	ASTM D7217	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Determinación de las propiedades tribomecánicas de juntas de suspensión de enchufe de plástico lubricadas (máquina de prueba de oscilación lineal de alta frecuencia)	ASTM D7420	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Fricción y Desgaste
Determinación de la resistencia al desgaste por fricción de grasas lubricantes bajo altas presiones de contacto hertzianas (máquina de prueba de oscilación lineal de alta frecuencia)	ASTM D7594	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Determinación de las propiedades de presión extrema de los aceites lubricantes (máquina de prueba de oscilación lineal de alta frecuencia)	ASTM D7421	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Ensayo de lubricantes. Ensayo tribológico en el aparato de oscilación de traslación. Fricción y desgaste de los aceites lubricantes.	DIN 51834	Tribómetro	Rtec MFT 5000	Lubricación
Prueba para clasificación a la resistencia de los materiales al desgaste por deslizamiento (Bloque sobre anillo)	ASTM G77	Tribómetro	Rtec MFT 5001	Fricción y Desgaste

Prueba estándar para medir la capacidad de carga (grasa lubricante-método Timken)	ASTM D2509	Tribómetro	Rtec MFT 5002	Lubricación
Prueba de fricción y desgaste de bloque sobre anillo Falex	ASTM D2714	Tribómetro	Rtec MFT 5003	Fricción y Desgaste
Prueba estándar para medir las propiedades de presión extrema (fluidos lubricantes-método Timken)	ASTM D2782	Tribómetro	Rtec MFT 5004	Lubricación
Prueba estándar para la vida útil de los lubricantes de película sólida en movimiento oscilante	ASTM D2981	Tribómetro	Rtec MFT 5005	Lubricación
Prueba para las propiedades preventivas del desgaste de las grasas lubricantes (bloque falex-máquina de prueba de anillo en movimiento oscilante)	ASTM D3704	Tribómetro	Rtec MFT 5006	Lubricación
Prueba para características de prevención del desgaste de la grasa lubricante (método de cuatro bolas)	ASTM D2266	Tribómetro	Rtec MFT 5007	Lubricación
Prueba para características de prevención del desgaste del fluido lubricante (método de cuatro bolas)	ASTM D4172	Tribómetro	Rtec MFT 5008	Lubricación
Prueba para determinar el coeficiente de fricción de lubricantes (máquina de desgaste de cuatro bolas)	ASTM D5183	Tribómetro	Rtec MFT 5009	Lubricación
Prueba para medir las propiedades de presión extrema de la grasa lubricante (método de cuatro bolas)	ASTM D2596	Tribómetro	Rtec MFT 5010	Lubricación
Prueba para medir las propiedades de presión extrema de los fluidos lubricantes (método de cuatro bolas)	ASTM D2783	Tribómetro	Rtec MFT 5011	Lubricación
Determinación de la carga de soldadura de lubricantes consistentes (método de cuatro bolas)	DIN 51350	Tribómetro	Rtec MFT 5012	Lubricación

Determinación de las propiedades de extrema presión y antidesgaste de los fluidos lubricantes y grasas (método de cuatro bolas-condiciones europeas)	IP 239	Tribómetro	Rtec MFT 5013	Lubricación
Prueba para realizar pruebas de fricción de materiales de la camisa del cilindro y el anillo del pistón en condiciones de lubricación	ASTM G181	Tribómetro	Rtec MFT 5014	Fricción y Desgaste
Medición de los volúmenes de desgaste de segmentos de aros de pistón contra cuerpos planos (desgaste recíproco)	ASTM G206	Tribómetro	Rtec MFT 5015	Fricción y Desgaste
Prueba estándar para la tasa de desgaste y coeficiente de fricción de materiales en contacto de fricción (auto-lubricado-máquina de prueba de arandela de empuje)	ASTM D3702	Tribómetro	Rtec MFT 5016	Fricción y Desgaste
Pruebas de desgaste con un aparato de clavija sobre disco	ASTM G99	Tribómetro	Rtec MFT 5017	Fricción y Desgaste
Método de prueba estándar para pruebas de abrasión de pasadores	ASTM G132	Tribómetro	Rtec MFT 5018	Fricción y Desgaste
Prueba para evaluar la lubricidad de los combustibles diésel (evaluador de lubricidad de bola sobre cilindro de carga raspada (SLBOCLE))	ASTM D6078	Tribómetro	Rtec MFT 5019	Lubricación
Prueba para medición de la lubricidad de los combustibles de turbinas de aviación mediante el evaluador de lubricidad de bola sobre cilindro (BOCLE)	ASTM D5001	Tribómetro	Rtec MFT 5020	Lubricación
Prueba de fricción por deslizamiento de sólidos (sistema de bola en disco)	DIN 50324	Tribómetro	Rtec MFT 5021	Fricción y Desgaste
Determinación de los valores de rugosidad con aparatos eléctricos de palpado.	DIN 4768	Rugosímetro	PCE-RT 2300-ICA	Fricción y Desgaste

Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos	ISO 1302	Rugosímetro	PCE-RT 2300-ICA	Fricción y Desgaste
Calidad superficial: Método de perfil, términos, definiciones y parámetros del estado superficial	ISO 4287	Rugosímetro	PCE-RT 2300-ICA	Fricción y Desgaste
Práctica estándar para Cálculo del índice de viscosidad a partir de la viscosidad cinemática a 40 y 100 °C	ASTM D2270	Viscosímetro	PCE-RT 2300-ICA	Lubricación
Determinación de la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (y cálculo de la viscosidad dinámica)	ASTM D445	Viscosímetro	PCE-RT 2300-ICA	Lubricación
Método de prueba estándar para el punto de inflamación por etiqueta. Probador de copa cerrada	ASTM D56	Viscosímetro	PCE-RT 2300-ICA	Lubricación
Método de prueba estándar para viscosidad a baja temperatura de fluidos de transmisión automática, fluidos hidráulicos y lubricantes usando un viscosímetro rotacional	ASTM D2983	Viscosímetro	PCE-RT 2300-ICA	Lubricación

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

3.2.7. Recurso Humano

El recurso humano del laboratorio que será propuesto a continuación, ha sido seleccionado con la visión de comenzar un comité tribológico mucho más extenso a futuro.

3.2.7.1. Líder del grupo

Objetivo del cargo:

Rol para desempeño principal en desarrollo e investigación de la tribología con soporte a la docencia, supervisión y confirmación de los resultados de los estudios y ensayos correspondientes al laboratorio tribológico en las áreas técnicas de lubricación, fricción y desgaste, interactuando de manera activa con los equipos de ambas áreas, sus herramientas, materiales y compañeros, además de desarrollar un manejo y conocimiento total de equipos y herramientas dentro del centro tribológico, con el fin de comenzar a implementar la ciencia dentro del Ecuador. Encargado de las medidas medio ambientales y de seguridad dentro del laboratorio y responsable de los equipos maquinaria.

Perfil profesional:

- Ingeniero en mantenimiento industrial, en materiales, mecánico o perfiles afines
- Título de cuarto nivel en tribología
- Conocimiento amplio y manejo de tribología dentro de todas sus áreas.
- Conocimiento amplio en seguridad industrial con certificación en riesgos y prevención.
- Conocimiento en cuidados medio ambientales
- Manejo de inglés técnico nivel avanzado (escrito y hablado)
- Manejo del paquete Microsoft office (word, excel, power point, etc.)
- Experiencia mínima de 3 años en el área tribológica, ya sea en laboratorio, docencia, o industria.

Responsabilidades:

- Supervisar el centro de tribología, implementación y cumplimiento de las normativas impuestas previamente, y en caso de ser necesario, será responsable de crear normativa y procedimientos que resulten específicos para su laboratorio y el personal que labora dentro del mismo
- Organizar y brindar charlas de los servicios ofertados en el centro tribológico a las industrias ecuatorianas

- Investigar y desarrollar la tribología en el Ecuador
- Presentación de informes mensuales de laboratorio y su desempeño junto con el docente de la materia.
- Creación de artículos científicos en base a sus investigaciones dentro del área
- Revisión, inspección, corrección de resultados de los ensayos
- Comunicar y supervisar que se implemente la legislación nacional vigente y las normativas institucionales y propuestas en el presente proyecto en temas medio ambientales
- Comunicar y supervisar que se implemente la legislación nacional vigente y las normativas institucionales y propuestas en el presente proyecto en temas de seguridad
- Tomar parte en congresos, seminario de tribología.

3.2.7.2. Técnico de laboratorio N°1

Objetivo del cargo:

Realizar, analizar y brindar resultados de los estudios y ensayos correspondientes al laboratorio tribológico en las áreas técnicas de lubricación, fricción y desgaste, interactuando de manera activa con los equipos de ambas áreas, sus herramientas, materiales y compañeros, además de desarrollar un manejo y conocimiento total de equipos y herramientas dentro del centro tribológico, con el fin de ayudar al profesional a cargo del grupo de laboratorio y desarrollo tribológico, así como al área de docencia con los ensayos a ser impartidos a los alumnos de la facultad.

Perfil profesional:

- Ingeniero en mantenimiento, en materiales, mecánico o perfiles afines
- Conocimiento amplio y manejo de tribología.
- Conocimiento amplio en materiales.
- Conocimiento en seguridad industrial.
- Conocimiento básico en cuidados medio ambientales.
- Manejo de inglés técnico nivel avanzado (escrito).
- Manejo del paquete Microsoft office (word, excel, power point, etc.)

Responsabilidades:

- Realizar ensayos dentro del centro tribológico ya sea para el enfoque de desarrollo, docencia o servicios.
- Analizar y brindar resultados confiables y coherentes de los ensayos realizados

- Ayudar al líder del grupo en el área de desarrollo de la tribología, ya sea con ensayos, aportación de ideas, entre otros.
- Conocer a profundidad los equipos con los cuales trabajará en ambas áreas técnicas
- Acatar las normas de seguridad industrial propuestas para el laboratorio
- Ayudar a cumplir las medidas ambientales propuestas para el laboratorio
- Encargado de la logística de materiales del laboratorio

Nota: las personas que conforman el comité tribológico, pueden ser docentes de la institución.

3.2.7.3. Miembro del comité científico N°1

Objetivo del cargo:

Realizar, analizar y brindar resultados de los estudios de desarrollo e investigación de la ciencia desde su punto de vista, realizar los ensayos correspondientes al laboratorio tribológico en las áreas técnicas de lubricación, fricción y desgaste con mayor enfoque y conocimiento en lubricación, interactuando de manera activa con los equipos de ambas áreas, sus herramientas, materiales y compañeros, además de desarrollar un manejo y conocimiento total de equipos y herramientas dentro del centro tribológico, con el fin de ayudar al profesional a cargo del grupo de laboratorio y desarrollo tribológico, así como al área de docencia con los ensayos a ser impartidos a los alumnos de la facultad.

Perfil profesional:

- Ingeniero químico.
- Título de cuarto nivel en química aplicada, tribología, lubricación, materiales, mantenimiento, mecánica, diseño, procesos o afines.
- Conocimiento amplio y manejo de tribología.
- Conocimiento amplio de lubricación.
- Conocimiento en seguridad industrial.
- Conocimiento básico en cuidados medio ambientales.
- Manejo de inglés técnico nivel avanzado (escrito).

Responsabilidades:

- Colaborar con el líder del grupo en el área de desarrollo e investigación de la tribología, ya sea con ensayos, aportación de ideas, entre otros.

- Conocer a profundidad los equipos en los cuales se trabajará y desarrollará investigaciones en ambas áreas técnicas.
- Acatar las normas de seguridad industrial propuestas para el laboratorio.
- Ayudar a cumplir las medidas ambientales propuestas para el laboratorio.
- Asistir a las juntas de comisión para investigación y desarrollo.
- Aportación al informe mensual del líder de grupo.

3.2.7.4. Miembro del comité tribológico N°2

Objetivo del cargo:

Realizar, analizar y brindar resultados de los estudios de desarrollo e investigación de la ciencia desde su punto de vista, realizar los ensayos correspondientes al laboratorio tribológico en las áreas técnicas de lubricación, fricción y desgaste con mayor enfoque y conocimiento en lubricación, interactuando de manera activa con los equipos de ambas áreas, sus herramientas, materiales y compañeros, además de desarrollar un manejo y conocimiento total de equipos y herramientas dentro del centro tribológico, con el fin de ayudar al profesional a cargo del grupo de laboratorio y desarrollo tribológico, así como al área de docencia con los ensayos a ser impartidos a los alumnos de la facultad.

Perfil profesional:

- Biofísico o físico.
- Título de cuarto nivel en física molecular, nanotecnología, nano física, física macromolecular, afines.
- Conocimiento amplio y manejo de tribología.
- Conocimiento de lubricación.
- Conocimiento en seguridad industrial.
- Conocimiento básico en cuidados medio ambientales.
- Manejo de inglés técnico nivel avanzado (escrito).

Responsabilidades:

- Colaborar con el líder del grupo en el área de desarrollo e investigación de la tribología, ya sea con ensayos, aportación de ideas, entre otros.
- Conocer a profundidad los equipos en los cuales se trabajará y desarrollará investigaciones en ambas áreas técnicas.
- Acatar las normas de seguridad industrial propuestas para el laboratorio.

- Ayudar a cumplir las medidas ambientales propuestas para el laboratorio.
- Asistir a las juntas de comisión para investigación y desarrollo.
- Aportación al informe mensual del líder de grupo.
- Analizar los ensayos de investigación desde su punto de vista.

3.2.7.5. *Miembro del comité tribológico N°3*

Objetivo del cargo:

Realizar, analizar y brindar resultados de los estudios de desarrollo e investigación de la ciencia desde su punto de vista, realizar los ensayos correspondientes al laboratorio tribológico en las áreas técnicas de lubricación, fricción y desgaste con mayor enfoque y conocimiento en lubricación, interactuando de manera activa con los equipos de ambas áreas, sus herramientas, materiales y compañeros, además de desarrollar un manejo y conocimiento total de equipos y herramientas dentro del centro tribológico, con el fin de ayudar al profesional a cargo del grupo de laboratorio y desarrollo tribológico, así como al área de docencia con los ensayos a ser impartidos a los alumnos de la facultad.

Perfil profesional:

- Ing. en mantenimiento, materiales y superficies, mecánico, industrial, automotriz, afines.
- Título de cuarto nivel en tribología, lubricación, materiales, mantenimiento, mecánica, diseño, procesos o afines.
- Conocimiento amplio y manejo de tribología.
- Conocimiento de lubricación.
- Conocimiento en seguridad industrial.
- Conocimiento básico en cuidados medio ambientales.
- Manejo de inglés técnico nivel avanzado (escrito).

Responsabilidades:

- Colaborar con el líder del grupo en el área de desarrollo e investigación de la tribología, ya sea con ensayos, aportación de ideas, entre otros.
- Conocer a profundidad los equipos en los cuales se trabajará y desarrollará investigaciones en ambas áreas técnicas.
- Acatar las normas de seguridad industrial propuestas para el laboratorio.
- Ayudar a cumplir las medidas ambientales propuestas para el laboratorio.
- Asistir a las juntas de comisión para investigación y desarrollo.

- Aportación al informe mensual del líder de grupo.
- Analizar los ensayos de investigación desde su punto de vista.

3.2.7.6. *Secretaria*

Objetivo del cargo:

Rol para trato directo con clientes, manejando la documentación y archivos del laboratorio con registros y control de los mismos documentos, organización de la información del laboratorio y facilitación de la misma a clientes interesados para los servicios del laboratorio.

Perfil profesional:

- Bachillerato o nivel superior técnico
- Área amplia en secretariado, administración o relaciones publicas
- Amplia expresión oral

Responsabilidades:

- Registrar ingresos y egresos de materiales
- Atención a los clientes del laboratorio
- Entrega y distribución de resultados de los ensayos a tiempo a los clientes
- Atender y realizar llamadas a clientes
- Colaboración en la organización de archivos del laboratorio, ya sean manuales, informes, lista de compras de materiales, etc.
- Manejo de equipos de oficina
- Recepción y entrega de documentación en las tres áreas de enfoque
- Transcripción de papeles, oficios, memorándums y otros documentos necesarios.

3.3. Estudio administrativo y legal del proyecto

3.3.1. Estructura Organizacional

La estructura organizacional propuesta con los perfiles profesionales previamente seleccionados esta detallada a continuación, el líder de grupo y profesional con el más alto nivel académico dentro del mismo, será la persona que supervisará y estará al mando de áreas tanto técnicas como administrativas y las personas que pertenezcan a las mismas.

El área técnica se la puede distinguir por la línea verde agua y cuenta con dos departamentos, uno de lubricación y otro de fricción y desgaste de materiales, cada departamento cuenta con un técnico de tercer nivel que aportará y desarrollará capacidades dentro del laboratorio según su especialización y participando de manera activa entre sí.

El área administrativa se la puede distinguir por una línea color rosa, con un departamento de secretaria y una secretaria que se encargara del manejo de la documentación y archivos del laboratorio con registros y control de los mismos documentos, organización de la información del laboratorio y facilitación de la misma a clientes interesados para los servicios del laboratorio, y cobro de los servicios prestados a los mismos.

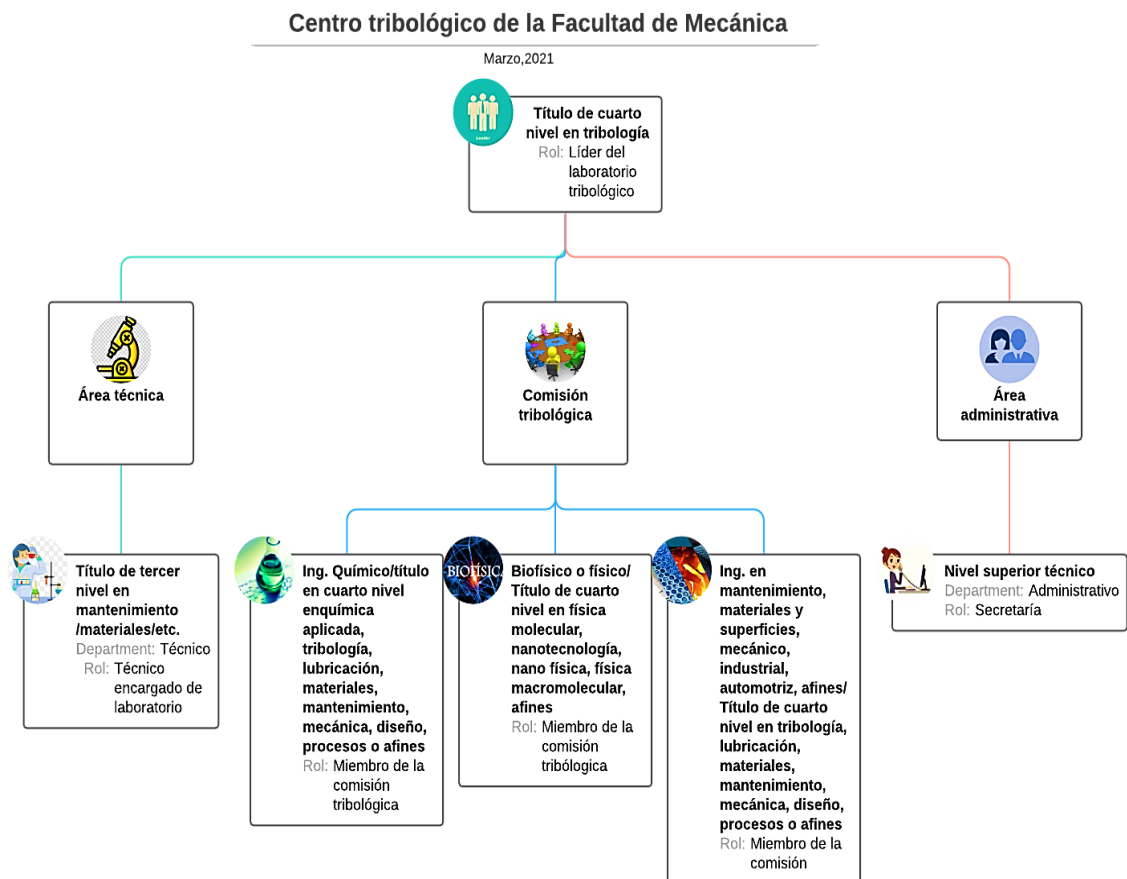


Figura 16-3: Organigrama del centro tribológico

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

3.4. Análisis Ambiental del proyecto

3.4.1. Medidas de Seguridad

El líder de grupo o director de laboratorio, es el principal responsable de la seguridad, implementación y cumplimiento de la misma de todos los integrantes que ingresen a trabajar en el laboratorio, de la misma manera los miembros del equipo de trabajo (académicos, profesionales, técnicos, alumnos, etc.) son responsables de cumplir todas las normas y protocolos establecidos previamente tanto en las normas de la universidad y en el laboratorio.

Dentro de los riesgos identificados en el centro tribológico existen:

Riesgos químicos: Son debidos a procesos químicos o por un medio ambiente contaminado sin la debida protección lo que puede ocasionar la absorción, inhalación o ingestión de un producto químico que puede generar alergias, asfixia, reacciones cutáneas o algún virus, por mencionar algunas, dentro del laboratorio se manejaran químicos, los cuales serán utilizados para los ensayos de análisis de aceite, cabe recalcar que los aceites “son líquidos viscosos compuestos por mezclas de hidrocarburos orgánicos del petróleo y aditivos que les confieren las propiedades exactas deseadas para cada aplicación” (CISTEMA (ARP/Sura), 2015, p. 1). Los aceites utilizados en las herramientas de alta velocidad (tornos, taladros, etc.) pueden desprender vapores o humos irritantes y por el hecho de tener un área de investigación y desarrollo las reacciones químicas con varios aceites lubricantes son desconocidas, por lo tanto es necesario tener en cuenta que pese a que el riesgo no es excesivamente alto, tampoco es inexistente, por otro lado el contacto constante con los aceites lubricantes puede provocar sensibilización de la piel y resequedad, desembocando en una dermatitis profesional.

Riesgos mecánicos: Los riesgos mecánicos que son ocasionados por la utilización de equipos de trabajo en cualquier ámbito que exista uno, puede llegar a afectar la salud de los trabajadores de una manera negativa o dependiendo de la variación de equipos e industrias, produciendo; cortes, enganches, abrasiones, punciones, contusiones, proyecciones, atrapamiento, aplastamiento, cizallamiento, etc., o podría llegarse como peor consecuencia a la muerte del trabajador. Dentro del centro tribológico, los equipos que se han propuesto previamente bien no son de mayor riesgo, sin embargo, no es un riesgo nulo.

Riesgos ergonómicos: Uno de los principales riesgos de tipo ergonómico, tanto por números y consecuencias que causa, como por ser uno de los más subestimados, dentro de este riesgo sobresalen las malas posturas. Estos conducen al empleado a una serie de daños físicos a largo

plazo. “Este peligro brinda cifras especialmente altas: ocupa el 60 % de enfermedades en los puestos de trabajo y, de él, el 25 % se ocasiona por la manipulación de descargas.”(IMF Business School 2021). Dentro del laboratorio propuesto, en el capítulo cuatro se realiza la recomendación de la implementación de mesones para el trabajo con los equipos del centro de tribología y evitar riesgos ergonómicos.

Nota: El incumplimiento de los procedimientos de seguridad descritos a continuación, podrían significar llamados de atención, sanciones, y en caso de ser un desacato que pueda poner en peligro a colegas, personal del laboratorio, estudiantes, o clientes implica despido inmediato.

3.4.1.1. Equipos de protección personal (EPP)

El equipo de protección personal está diseñado y recomendado dentro de diferentes sectores de industrias, laboratorios, entre otros para preservar la integridad física y psicológica de los técnicos del laboratorio, su líder, y si fuese necesario la secretaria del área administrativa.

- El técnico de laboratorio y los miembros del comité tribológico deben tener una capacitación previa para el uso apropiado del equipo de protección personal.
- El uso de EPP debe ser cumplido en todo momento dentro del laboratorio
- El EPP debe ser inspeccionado minuciosamente antes de cada uso por los técnicos del laboratorio y a su vez por el líder del grupo.
- El EPP no suministrado por el laboratorio debe ser aprobado por el líder de grupo

El equipo de protección fue determinado basándonos en una matriz de las OSHAS 18001 que se puede encontrar a continuación, en los riesgos encontrados dentro del laboratorio según actividades generales propuestas que el laboratorio realizará y la protección que se debería usar dentro de las mismas, ya que no es posible aislar a las personas que laboran en el centro tribológico de los riesgos que existen dentro del mismo, tanto químicos como mecánicos, sin embargo con los riesgos ergonómicos se darán recomendaciones en el capítulo cuatro para poder mitigarlos.

Tabla 7-3: Tabla de definición de equipo de protección personal

Equipos de protección personal		Tareas a realizar					
		Actividades de limpieza normales	Ensayos con tribómetro y materiales	Ensayos con microscopio metalográfico	Ensayos con aceites lubricantes	Recolección de diferentes aceites lubricantes	Investigación y desarrollo de la ciencia
Cabeza	Cascos					X	
Ojos	Gafas de seguridad					X	X
	Gafas protectoras	X	X		X		
Cara	Protector facial	X	X		X	X	X
Oídos	Protección para los oídos		X				X
Manos	Guantes de trabajo	X	X				X
	Guantes de látex/goma			X	X	X	
Cuerpo	bata refractaria y aluminizado						
	Traje impermeable debajo de la bata (protección en piernas y torso, por separado)	X	X	X	X	X	X
	Bata de laboratorio de fibras sintéticas		X	X	X		X
	bata de laboratorio de algodón			X	X		X
	Protección contra caídas						
Pies	Botas con puntera de acero y dieléctricas		X	X	X	X	X
	Botas de agua	X					

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

3.4.1.2. Buenas prácticas de un centro tribológico

- Todas las personas que trabajen en el laboratorio, participen o no en procedimientos donde se involucren agentes de riesgo, deben estar informadas de las medidas de seguridad correspondientes.
- El laboratorio debe contar con protocolos visibles para emergencias y accidentes.
- El acceso al laboratorio debe estar restringido. En la puerta debe estar indicado el tipo de riesgo.
- Está estrictamente prohibido comer alimentos o beber líquidos dentro de las áreas de trabajo.
- Está estrictamente prohibido incorporar elementos de decoración como plantas, fotos, etc.
- Está estrictamente prohibido realizar celebraciones o incorporar adornos festivos en el laboratorio.
- No se deben ubicar equipos o tomas eléctricos cerca de fuentes de agua
- Al terminar el trabajo, asegurarse de desconectar los aparatos eléctricos
- Al finalizar una tarea u operación, recoger materiales, reactivos, equipos, etc., evitando las acumulaciones innecesarias.
- En los mesones de trabajo no deben colocarse materiales de escritorio ni libros, ya que el papel contaminado es de difícil esterilización o desinfección.

3.4.1.3. Normas personales para el laboratorio

- Durante la estancia en el laboratorio el alumno, docente o cualquier persona que no sean los técnicos o el líder del grupo deberá llevar obligatoriamente gafas de seguridad y bata.
- Las lentes de contacto pueden resultar muy peligrosas, se recomienda no usarlos.
- Los guantes deberán utilizarse durante la manipulación de productos cáusticos, materiales entre ensayos, y lubricantes.
- El pelo largo debe llevarse recogido.
- Está terminantemente prohibido fumar o consumir alimentos o bebidas en el laboratorio.
- No se debe llevar a la boca ningún producto químico desconocido, para conocer su sabor, ni tampoco tocarlos con las manos.
- Hay que lavarse las manos y quitarse la bata antes de salir del laboratorio

3.4.2. Medidas ambientales

“La Agencia Estadounidense de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) define aceite usado como “cualquier aceite que ha sido refinado a partir de petróleo crudo o cualquier

aceite sintético que se haya usado y que como resultado de tal uso se encuentre contaminado con impurezas físicas o químicas””. (Swissoil, 2018, p. 3)

El centro tribológico va a manejar diferentes tipos de aceites, en estado nuevo y usados dependiendo del requerimiento del análisis de la investigación, o ensayos para el cliente y las industrias. Los lubricantes, fluidos hidráulicos, fluidos para transferencia de calor, aceites de flotación u otros semejantes, son considerados aceites usados en la mayoría de sus casos, por ejemplo, aceites para motor, fluidos para transmisión, aceites hidráulicos, aceites de engranajes, fluidos para transformadores, entre otros.

Como es mencionado en el capítulo dos, el número de producción de aceites lubricantes y sus variantes suman aproximadamente 50 millones de litros anuales, entre aceites producidos en el país como importados, no tener una medida ambiental para recolección en cualquier lado que manipule los aceites lubricantes debido al impacto que estos tienen en el medio ambiente y a la salud de las personas.

Los aceites usados generalmente llegan a ser un problema ambiental afectando el suelo y su medio ambiente gracias a descuido o de manera intencional para evitar el polvo o el asfalto en carreteras, del cual el aceite que en realidad sirve para la aplicación es alrededor del 1% del aceite usado con ese propósito; un galón de aceite usado puede formar una mancha de 15000m² representando peligro para la vida micro-orgánica, la flora del lugar, “bloqueando la eliminación de oxígeno y la libre germinación de las plantas” (Llanos Correa, 2013, p. 28) y en ciertos lugares muy específicos a la fauna, ya que existe fugas de aceite en mares, océano y por filtración en el suelo el aceite puede alcanzar aguas subterráneas de la misma forma.

Alteración de las propiedades físicas del suelo:

- “Reducción de capacidad de absorción y filtración” (Llanos Correa, 2013, p. 29)
- “Aumentar la sensibilidad para infecciones de plantas”. (Llanos Correa, 2013, p. 29)
- “Influencia al crecimiento de plantas”. (Llanos Correa, 2013, p. 29)
- “Obstaculizar la acumulación de aguas y sustancias alimenticias”. (Llanos Correa, 2013, p. 29)
- “Disminución de la calidad del suelo por influencia a la fauna subterránea (bacterias, lombrices etc.).” (Llanos Correa, 2013, p. 29)
- “Sustracción de oxígeno y sustancias alimenticias por poblaciones de organismos biológicos no propios del suelo.” (Llanos Correa, 2013, p. 29)

Las actividades que se describirán a continuación como recuperación y reciclaje de los aceites lubricantes para dar vida a nuevas formas de uso de los mismos, este tipo de prácticas tiene muchos beneficios para las industrias que están dispuestas a realizarlas y tomar conciencia del medio ambiente y el impacto que generan en el mismo, se recomienda que el centro tribológico sea una de ellas gracias a que se espera manejar grandes cantidades de las mismas para los ensayos dentro del laboratorio, al realizar este tipo de actividades comprometidas con el medio ambiente brinda una mayor confiabilidad en las máquinas de las empresas, ahorros considerables en lubricantes, menos tiempo en cambios de aceite, decrementos en la contaminación ambiental y reducción de los costos de disposición hablando en términos generales para la industria.

3.4.2.1. Recuperación de los aceites

La recuperación de aceites se da cuando este es sometido a medios de limpieza como la adsorción, filtración, entre otros, para parar la degradación a la que normalmente está sometido, por medio de estos métodos de limpieza, se logra separar o extraer agua, ácidos, lodos, u otros contaminantes dependiendo del aceite, el aceite al momento de su intervención no se encuentra en un estado de deterioro extremo, así que su restauración a un buen grado la mayoría de veces no involucra químicos o contaminación cruzada por esta, sin embargo hay que tomar en cuenta como se realiza este proceso, la empresa que lo haga y la manera que se realice.

3.4.2.2. Reciclaje de los aceites

El reciclaje del aceite es el proceso mediante el cual se puede regresar algo o parte del mismo a servicio, la cual puede ser diferente del de la aplicación original al llegar el fin de su vida útil. Algunas formas de reciclado de aceites se pueden llevar a cabo en sitio. Si la planta interesada en este proceso produce grandes cantidades de aceite que no algún motivo no puedan ser recuperadas, estos mismos se pueden convertir en aceites lubricantes o combustible para quemarse en calentadores, hornos industriales, etc., por otro lado, si sus lubricantes usados tienen que ser enviados fuera del sitio donde son recolectados porque se encuentran muy contaminados, como una mezcla de viscosidades de aceites o con diferente base lubricante y químicos, o su planta no tiene el volumen para justificar el reciclado interno, se debe manejar y procesar los lubricantes de forma adecuada por una compañía de reciclado/remoción de desechos.

3.4.2.3. Valorización energética

Una forma de reutilizar los aceites desechados, es usarlos en calidad de combustibles ya sea para hornos, calderos, entre otros, evitando de esta forma la contaminación ambiental directa al suelo.

Existen métodos diferentes para llegar a obtener un combustible utilizable, la primera forma es mezclar con aceite-combustible (fuel-oil), el cual es utilizado como combustible en industrias que requieren una alta potencia térmica, altas temperaturas en los procesos, alta producción de gases y una alta demanda del mismo combustible. Para este tipo de procedimientos el aceite usado constituye uno de los mayores residuos utilizados para los aceites combustibles, ya que tiene un gran poder calorífico, un metro cubico de aceite lubricante usado contiene un valor energético de 40 000 KJ.

La segunda alternativa consiste en la aplicación de tratamientos físico-químicos al aceite recolectado con el fin de poder elaborar un combustible que pueda tener una gama de utilización más amplio, por ejemplo, en las instalaciones con menos potencia térmica o en motores de combustión interna y calderas pequeñas. Este tipo de tratamientos que utilizan químicos deben incluir mínimamente la separación previa de los aceites de elementos que puedan resultar volátiles o materiales pesados, así como el agua y sólidos (destilación o tratamiento con aditivos floculantes).

Finalmente el proceso de transformación de aceite usado a aceite energético, requiere la aplicación de un procedimiento que tiende a adaptar las condiciones del aceite resultante a las características que posea el proceso de combustión, esto se trata básicamente en dos etapas: la primera adecuación del aceite lubricante que fue usado y recolectado mediante filtración para remover partículas finas, suelen involucrar la participación de químicos des-emulsificantes, para el rompimiento de las emulsiones formadas con el agua.

3.4.2.4. Procedimientos ambientales recomendados para el centro tribológico en el área de lubricación

Dentro del centro tribológico se espera, analizar, investigar, y prestar servicio a una gran diversidad de tipos de aceites, los cuales dependiendo del propósito o sector industrial del que provengan tendrán especificaciones diferentes, por lo cual no se puede generalizar un tipo específico de muestras ya que esto depende de muchas variables, sin embargo, se seguirán manejando cantidades grandes de aceites, los cuales nos sirven para los ensayos del departamento de lubricación.

Dentro del Ecuador solo la ciudad de Cuenca posee una licencia ambiental formal para el tratamiento de aceites, los cuales tienen como objetivo vender ese aceite a la Unión Cementera Nacional (UCEM) en Chimborazo para usarlo como combustible en sus procesos, el laboratorio,

otras ciudades Ecuatorianas se han unido a este proyecto por medio de sus municipalidades y prefecturas, así que se recomienda una unión del centro tribológico con la municipalidad o prefectura de Chimborazo, para la recolección de cierto volumen de aceite y decidir cuál de los procesos anteriormente mencionados es el conveniente para evitar contaminación ambiental, o si no se tiene un volumen justificable para unirse a estos proyectos con municipalidades, gestionar convenio con la facultad de ingeniería química, o ingeniería ambiental para procesos requeridos. Para estos aspectos de recolección de aceites se dispuso en materiales de laboratorio de 4 tarros de 20 litros cada uno, para la recolección de aceite y posterior entrega al proyecto gestionado.

3.5. Aspectos financieros del proyecto

En este apartado se tratará el aspecto financiero del proyecto, tratando de abarcar todas las inversiones que el mismo requerirá, como son equipos, materiales, herramientas, personal del laboratorio, etc.

Dentro de los ingresos financieros cabe recalcar que los mismos se adaptan a la recomendación de la introducción de procesos productivos en el laboratorio, decisión que sería tomada por entidades institucionales en su respectivo momento.

3.5.1. Inversiones del proyecto

3.5.1.1. Acondicionamiento de áreas

Tabla 8-3: Tabla de acondicionamiento de áreas

Área	Costo total (USD)
Secretaria/ Recepción	\$ 140,00
Oficinas del personal técnico	\$ 340,00
Subtotal	\$ 480,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Tabla 9-3: Tabla de mobiliario y equipo secretaria

Mobiliario área secretaría	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Escritorio	1	\$ 159,00	\$ 159,00
Sillas	2	\$ 200,00	\$ 400,00
Silla de oficina	1	\$ 138,00	\$ 138,00
Archivador	2	\$ 120,00	\$ 240,00
Equipo área secretaria	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Computadora	1	\$ 550,00	\$ 550,00
Subtotal			\$ 1.487,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Tabla 10-3: Tabla de mobiliario y equipo líder del grupo

Mobiliario área oficina líder de grupo	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Escritorio	1	\$ 159,00	\$ 159,00
sillas	2	\$ 200,00	\$ 400,00
silla de oficina	3	\$ 138,00	\$ 414,00
Escritorio doble	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Equipo área secretaria	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Computador	1	\$ 550,00	\$ 550,00
Subtotal			\$ 1.523,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Tabla 11-3: Tabla de mobiliario y equipo área técnica

Mobiliario área técnica de laboratorio	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Silla de oficina	1	\$ 138,00	\$ 138,00
Equipo área secretaria	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Computador	1	\$ 715,00	\$ 715,00
Subtotal			\$ 853,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Tabla 12-3: Tabla de mobiliario y equipo área de herramientas y limpieza

Mobiliario área herramientas y limpieza	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Perchas metálicas	2	\$ 50,00	\$ 100,00
Subtotal			\$ 100,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

3.5.1.2. Señalética de seguridad

Tabla 13-3: Tabla de señalética de seguridad

Etiquetas y señales de peligro y protección	Costo unitario	Unidades	Costo total
Uso obligatorio de protección ocular	\$ 3,50	1	\$ 3,50
Prohibición de alimentos	\$ 3,50	1	\$ 3,50
Riesgo de atrapamiento	\$ 3,50	2	\$ 7,00
Prohibición de animales	\$ 3,50	1	\$ 3,50
Prohibido fumar	\$ 3,50	1	\$ 3,50
Materiales inflamables	\$ 3,50	1	\$ 3,50
Protección obligatoria del cuerpo	\$ 3,50	2	\$ 7,00
Protección obligatoria de los pies	\$ 3,50	2	\$ 7,00
Protección obligatoria de la cara	\$ 3,50	2	\$ 7,00
Protección obligatoria de las manos	\$ 3,50	2	\$ 7,00
Equipo de seguridad contra incendio	\$ 3,50	1	\$ 3,50
Subtotal			\$ 56,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

3.5.2.3. Gastos de producción

Tabla 13-3: Sueldos de técnico de laboratorio

Personal	Cantidad	Sueldo	Costo anual (USD)
Técnico de laboratorio	1	\$ 1.000,00	\$ 12.000,00
Subtotal			\$ 12.000,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Tabla 14-3: Tabla de materiales-reactivos para prestación de servicio

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio	Cantidad anual	Precio anual
Ácido Sulfúrico	1	Litros	\$ 23,92	15	\$ 358,80
Ácido Nítrico	1	caneca	\$ 39,50	3	\$ 118,50
Ácido Pírico	500	gr	\$ 200,00	2	\$ 400,00
Total					\$ 877,30

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

3.5.2.4. Gastos administrativos

Tabla 15-3: Tabla de sueldos de personal administrativo del centro

Personal	Cantidad	Sueldo	Costo anual (USD)
Lider del grupo	1	\$ 1.500,00	\$ 18.000,00
Bonificación de comité tribológico	3	\$ 350,00	\$ 12.600,00
Secretaria contadora	1	\$ 550,00	\$ 6.600,00
Subtotal			\$ 37.200,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

Tabla 16-3: Tabla de servicios básicos

Servicios	Unidad	Consumo mensual	Costo unitario	Gasto mensual	Gasto anual
Energía eléctrica	KWH	150	\$ 0,12	\$ 18,00	\$ 216,00
Agua potable	m3	23	\$ 0,11	\$ 2,53	\$ 30,36
Teléfono	Min	30	\$ 0,10	\$ 3,00	\$ 36,00
Internet	Mbps	Ilimitado	\$ 26,50	\$ 26,50	\$ 318,00
Subtotal					\$ 600,36

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

Tabla 17-3: Tabla de materiales de limpieza

Materiales	Consumo anual	Costo unitario (USD)	Costo anual (USD)
Escoba	2	\$ 1,25	\$ 2,50
Trapeador	5	\$ 2,00	\$ 10,00
desinfectantes	12	\$ 2,50	\$ 30,00
Cubeta de trapear	2	\$ 3,50	\$ 7,00
Esponjas	12	\$ 0,50	\$ 6,00
Detergentes	12	\$ 2,50	\$ 30,00
Subtotal			\$ 85,50

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

Tabla 18-3: Tabla de depreciaciones

Detalle	Valor del bien (USD)	Valor de Salva	Años	Depreciación anual
División de áreas	\$ 480,00		10	\$ 48,00
Analizador de aceites para partículas	\$ 32.000,00	\$ 20.000,00	10	\$ 1.200,00
Tribómetro	\$ 35.800,00	\$ 22.500,00	10	\$ 1.330,00
Viscosímetro	\$ 5.798,62		10	\$ 579,86
Microscopio metalográfico	\$ 2.978,27		4	\$ 744,57
Rugosímetro	\$ 3.489,67		10	\$ 348,97
Balanza de precisión	\$ 1.002,50	\$ 500,00	4	\$ 125,63
Computadoras	\$ 1.815,00	\$ 500,00	3	\$ 438,33
Mobiliario	\$ 2.298,00	\$ 1.000,00	10	\$ 129,80
Subtotal	\$ 85.662,06	\$ 44.500,00		\$ 4.945,15

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022

3.5.2.5. *Gastos de ventas***Tabla 19-3:** Tabla de gastos de ventas

Detalle	Cantidad anual	Costo unitario (USD)	Costo anual (USD)
Afiches	30	\$ 2,00	\$ 60,00
Tripticos	750	\$ 0,40	\$ 300,00
Tarjetas de presentacion	750	\$ 0,04	\$ 30,00
Visitas a empresas/industrias	8	\$ 85,00	\$ 680,00
Publicidad en internet	365	\$ 1,00	\$ 365,00
Subtotal			\$ 1.435,00

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

3.5.2.6. Rubros de inversión

Tabla 20-3: Tabla de inversiones del proyecto

Rubros de inversión	Inversión realizada	Inversión por realizar	Total Inversiones
Inversiones fijas	\$ 134.681,00	\$ 96.918,06	\$ 231.599,06
Division de areas		\$ 480,00	\$ 480,00
Infraestructura	\$ 9.076,00	\$ 10.875,00	\$ 19.951,00
Equipos de oficina		\$ 1.815,00	\$ 1.815,00
Muebles	\$ 605,00	\$ 2.298,00	\$ 2.903,00
Equipos tecnicos/ Bancos de prueba y herramientas	\$ 125.000,00	\$ 81.394,06	\$ 206.394,06
Rótulos de señalizacion		\$ 56,00	\$ 56,00
Inversiones diferidas	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
Instalacion, puesta a prueba y en marcha			
Capacitación	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 2.000,00
Capital de trabajo			
Cuentas por cobrar			
Cuentas por pagar			
Total inversiones	\$ 135.681,00	\$ 97.918,06	\$ 233.599,06

Realizado por: Miranda Gabriela, 2022.

El monto total de las inversiones alcanza un valor de \$ 233.599,06 USD, de los cuales \$ 135.681,00 fueron ya realizados en la adquisición de equipos para el mismo, quedando \$ 97.918,06 como inversión por realizar.

3.5.2. Beneficios o ingresos del proyecto

Dentro de este aspecto financiero se han tomado como referentes tan solo áreas y sus ensayos de lubricación, ya que es un área mayor conocida que la de fricción y desgaste de materiales a nivel nacional.

3.5.2.1. Proyección de demanda de servicios de análisis de lubricante

Se encontraron datos de la demanda de muestras anuales de servicios de análisis de aceites lubricantes tanto usados como nuevos desde el año 2012 al 2019, cifra que aumento de 2340 a 3370 muestras de forma total, la demanda de venta de lubricantes anual aumento de 25 millones

de galones a 36 millones de galones aproximadamente, con un incremento de 4.9% según diario el universo en publicación del 18 de mayo del 2019. Basándonos en estos datos se realizaron proyecciones de ambas demandas hasta el año 2025 de manera total como se puede observar en la primera tabla, en la segunda se puede observar la demanda insatisfecha a nivel nacional, los cuales son los datos con los que se trabajarán.

Tabla 21-3: Tabla de proyecciones de demanda de servicios y venta de aceites lubricantes desde el año 2019

Años	Análisis de aceites	Demanda de lubricantes (galones)
2019	3370	36000000
2020	3535	37764000
2021	3700	39528000
2022	3865	41292000
2023	4030	43056000
2024	4195	44820000
2025	4360	46584000

Realizada por: Miranda Gabriela, 2022.

Tabla 22-3: Tabla de proyecciones de demanda insatisfecha

Años	Demanda proyectada	Oferta proyectada	Demanda insatisfecha
2021	3700	2959,85664	740
2022	3865	3091,94496	773
2023	4030	3224,03328	806
2024	4195	3356,1216	839
2025	4360	3488,20992	872

Realizada por: Miranda Gabriela, 2022.

Al presentar una gran variedad de precios que se podrían ofertar y variedad de ensayos, se procedió a obtener un promedio de precios para 47 servicios posiblemente ofertados, el resultado del cual fue de \$65 dólares aproximadamente, procedimos a multiplicar con la demanda de servicios de análisis de aceites lubricantes para obtener los ingresos anuales y sus proyecciones.

Tabla 23-3: Tabla de ingresos anuales y sus proyecciones

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Análisis de aceite	773	806	839	872
Total ingresos	\$ 50.244,11	\$ 52.390,54	\$ 54.536,98	\$ 56.683,41

Realizada por: Miranda Gabriela, 2021

3.5.2.2 Hoja de costos y gastos

Tabla 24-3: Tabla de costos y gastos del proyecto

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Costos de producción (USD)	\$ 13.235,02	\$ 14.558,52	\$ 16.014,37	\$ 17.615,81
Sueldos técnico de laboratorio	\$ 12.000,00	\$ 13.200,00	\$ 14.520,00	\$ 15.972,00
Materiales de producción	\$ 877,30	\$ 965,03	\$ 1.061,53	\$ 1.167,69
Materiales de mantenimiento	\$ 357,72	\$ 393,49	\$ 432,84	\$ 476,13
Gastos administrativos (USD)	\$ 42.831,01	\$ 46.619,60	\$ 50.787,05	\$ 54.932,90
Sueldo lider del grupo	\$ 18.000,00	\$ 19.800,00	\$ 21.780,00	\$ 23.958,00
Sueldo secretaria contadora	\$ 6.600,00	\$ 7.260,00	\$ 7.986,00	\$ 8.784,60
Bonificación de comité tribológico	\$ 12.600,00	\$ 13.860,00	\$ 15.246,00	\$ 16.770,60
Servicios basicos	\$ 600,36	\$ 660,40	\$ 726,44	\$ 799,08
Materiales de limpieza	\$ 85,50	\$ 94,05	\$ 103,46	\$ 113,80
Depreciación	\$ 4.945,15	\$ 4.945,15	\$ 4.945,15	\$ 4.506,82
Gastos de ventas (USD)	\$ 1.435,00	\$ 1.578,50	\$ 1.736,35	\$ 1.909,99
Afiches	\$ 60,00	\$ 66,00	\$ 72,60	\$ 79,86
Tripticos	\$ 300,00	\$ 330,00	\$ 363,00	\$ 399,30
Tarjetas de presentacion	\$ 30,00	\$ 33,00	\$ 36,30	\$ 39,93
Visitas a empresas/industrias	\$ 680,00	\$ 748,00	\$ 822,80	\$ 905,08
Publicidad en internet	\$ 365,00	\$ 401,50	\$ 441,65	\$ 485,82
Total costos y gastos (USD)	\$ 57.501,03	\$ 62.756,62	\$ 68.537,77	\$ 74.458,70

Realizada por: Miranda Gabriela, 2021

3.5.2.3. Flujo neto de caja

Tabla 25-3: Tabla de flujo neto de caja

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos		\$ 50.244,11	\$ 52.390,54	\$ 54.536,98	\$ 56.683,41
(+) Valor de salvamento		\$ 44.500,00	\$ 44.500,00	\$ 44.500,00	\$ 44.500,00
(-) Costos de producción		\$ 18.035,02	\$ 19.838,52	\$ 21.822,37	\$ 24.004,61
Utilidad bruta		\$ 76.709,09	\$ 77.052,02	\$ 77.214,60	\$ 77.178,80
(-) Gastos administrativos		\$ 42.831,01	\$ 46.619,60	\$ 50.787,05	\$ 54.932,90
(-) Gastos de ventas		\$ 1.970,00	\$ 2.167,00	\$ 2.383,70	\$ 2.622,07
Utilidad neta antes de impuestos y participaciones		\$ 31.908,07	\$ 28.265,42	\$ 24.043,86	\$ 19.623,83
(-) Impuestos		\$ 3.190,81	\$ 2.826,54	\$ 2.404,39	\$ 1.962,38
(-) Participaciones trabajadores		\$ 4.786,21	\$ 4.239,81	\$ 3.606,58	\$ 2.943,57
Utilidad neta total		\$ 23.931,05	\$ 21.199,06	\$ 18.032,89	\$ 14.717,87
(+) Depreciación		\$ 4.945,15	\$ 4.945,15	\$ 4.945,15	\$ 4.506,82
Inversiones					
Fijas	\$ 97.918,06				
Diferidas	\$ 1.000,00				
Flujo neto de efectivo	\$ 98.918,06	\$ 28.876,21	\$ 26.144,22	\$ 22.978,05	\$ 19.224,69

Realizado por: Miranda Gabriela, 2021

3.5.3. Evaluación del proyecto

3.5.3.1. Valor actual neto (VAN)

El VAN es nuestro primer indicador financiero, del cual tendremos dos cuadros de análisis con tasas mínimas de 4% y máximas de 6% , provenientes de datos de bancos a nivel nacional.

Tabla 26-3: Tabla de VAN (Valor actual neto del 4%)

Años	Flujo de efectivo	Factor de actualizacion	Flujo de efectivo actualizado	Flujo de efectivo actualizado acumulado
0	-98918	1	-98918,06	-98918,06
1	28876,2	0,961538462	27765,58453	-71152,47547
2	26144,2	0,924556213	24171,79947	-46980,676
3	22978	0,888996359	20427,40021	-26553,27579
4	19224,7	0,854804191	16433,34767	-10119,92812
VAN= -10119,9281236478			r 1= 4%	

Realizada por: Miranda Gabriela, 2021

Tabla 27-3: Tabla de valor actual neto 6%

Años	Flujo de efectivo	Factor de actualizacion	Flujo de efectivo actualizado	Flujo de efectivo actualizado acumulado
0	-98918	1	-98918,06	-98918,06
1	28876,2	0,943396226	27241,70557	-71676,35443
2	26144,2	0,88999644	23268,26122	-48408,0932
3	22978	0,839619283	19292,81144	-29115,28177
4	19224,7	0,792093663	15227,75706	-13887,52471
VAN= -13887,5247067237			r 1= 6%	

Realizada por: Miranda Gabriela, 2021

3.4.5.2. Tasa Interna de retorno (TIR)

r1= 4.00%

r2= 6.00%

VAN 1= 2894,02123

VAN 2= -5430,25262172412

$$TIR = r1 + (r2 - r1) \frac{VAN 1}{VAN 1 - VAN 2}$$

$$TIR = 4.00\% + (6.00\% - 4.00\%) \frac{2894,02123}{2894,02123 - (-5430,25262172412)}$$

$$TIR = 4.00\% + 4.00\% (0.347660502)$$

$$TIR = 5.39066\%$$

3.4.5.3. Período de recuperación de la inversión (PRI)

$$PRI = \frac{\text{Inversión neta}}{\text{Utilidad neta}}$$

$$PRI = \frac{186018,06}{48208,84}$$

$$PRI = 3.8585 \text{ Años}$$

$$PRI = 3 \text{ Años, } 10 \text{ meses, } 24 \text{ días}$$

3.4.5.4. Relación beneficio/costo

Tabla 28-3: Tabla de ingresos y costos actualizados

Años	Beneficios o ingresos actualizados			Costos y gastos actualizados		
1	50244,1056	0,961538462	48311,64	71896,03483	0,961538462	69130,80272
2	52390,5408	0,924556213	48438	78285,12283	0,924556213	72378,9967
3	54536,976	0,888996359	48483,17308	85313,11963	0,888996359	75843,0527
4	56683,4112	0,854804191	48453,21746	92605,58278	0,854804191	79159,64027
Total	193686,0305			296512,4924		

Realizada por: Miranda Gabriela, 2021

$$R C/B = \frac{\text{Beneficios o ingresos actualizados}}{\text{Costos y gastos actualizados} + \text{Inversión}}$$

$$R C/B = \frac{193686,0305}{296512,4924 + 186018,06}$$

$$R C/B = 0.401396408$$

CONCLUSIONES

Al realizar un estudio acerca de las investigaciones tribológicas existentes no solo en Sudamérica, sino en los diferentes centros existentes alrededor del mundo se llega a la conclusión que Ecuador es uno de los pocos países sin un centro dedicado a la tribología, lo cual implica que el termino se encuentre abarcando sus tres áreas fundamentales, lubricación, fricción y desgaste. El país cuenta solo con laboratorios que se encuentran dedicados en un 90% al análisis de aceites tanto usados como nuevos estableciendo su servicio como una técnica de mantenimiento predictivo.

Al proponer un centro tribológico que abarque obligatoriamente los ámbitos fundamentales de la tribología, propuestas en las áreas de lubricación y área de fricción y desgaste de los materiales se involucrará directamente a los estudiantes de la facultad de mecánica de la ESPOCH con esta ciencia, desde los salones de clase no solo de manera teórica, para que puedan percatarse por su cuenta de la importancia del desarrollo, investigación y aplicación de la tribología a nivel industrial.

Basándonos en diversos ensayos de normativa ASTM, DIN o ISO, se concluyó una propuesta de activos físicos, como son el analizador de aceites para partículas que se encuentra estandarizado bajo la norma ISO 4406, el viscosímetro para análisis de aceites lubricantes, entre otros, sin embargo, el equipo más representativo y versátil propuesto para el centro tribológico es el tribómetro universal MFT 5000 por la gran cantidad y variedad de ensayos estandarizados que abarca en un solo equipo.

Luego de haber realizado el estudio financiero, se da a conocer que la inversión de los equipos es la más representativa dentro del proyecto, ya que los mismos son de alta tecnología dentro del campo y en su mayoría son multiensayos estandarizados bajo normas dentro del área a la que se los diseño debidamente, lo cual nos ayuda a garantizar que el aprendizaje dentro de la educación superior de los estudiantes de la facultad de mecánica sea de una alta calidad.

Si no se realiza las acciones medioambientales que son mencionadas dentro del capítulo tres, en el punto 3.4.2, este centro tribológico no podrá obtener certificaciones ambientales que compromete a mediano plazo la recomendación de ser autosustentable, sin mencionar que tendrá impacto dentro del medio ambiente de la institución y a nivel provincial.

El beneficio académico del centro tribológico propuesto será priorizado para las cuatro escuelas de la facultad de mecánica ya que los campos involucrados dentro del centro tribológico van de la mano con cátedras impartidas en la malla curricular de las cuatro escuelas. Sin embargo, existen

escuelas dentro de la ESPOCH, como la escuela de Ingeniería Química, que tiene cátedras involucradas en los procesos del centro de investigación o la escuela de Ingeniería Ambiental, la cual puede ser involucrada en el proceso

RECOMENDACIONES

Al evidenciar la importancia de un tribómetro como el MFT 5000 de la compañía Rtec, y su gran versatilidad en ensayos certificados dentro del área tribológica, se recomienda adquirir un equipo adicional a mediano o largo plazo.

Con necesidad evidenciada de los servicios tribológicos dentro del país, y la auto sustentabilidad propuesta de al menos un 50% a 60% en el centro tribológico que estos nos brindarían, la adquisición de más equipos diversificados sería para un mejor desempeño del centro tribológico sería prioritario para el desarrollo de los tres enfoques propuestos

Para un desarrollo dentro del ámbito industrial a nivel nacional e internacional se recomienda certificaciones dentro del área de calidad y medio ambiente, como las ISO 9001

El personal propuesto previamente en este documento es planteado a corto plazo, ya que con el enfoque de desarrollo e investigación tribológica se busca la formación de un comité tribológico, que pueda involucrar varias áreas relacionadas en favor de esta ciencia.

La infraestructura actual del laboratorio tribológico posee una superficie de 33.67m², lo cual nos lleva a la proposición de la ampliación del mismo a una superficie de 100m², con sus divisiones propuestas para áreas de secretaria, oficina, herramientas y área técnica.

Comenzar a realizar investigaciones relevantes dentro del área de la tribología en beneficio del sector industrial nacional e internacional.

BIBLIOGRAFIA

ARP. "Manipulación segura de aceites y grasas lubricantes". **Riesgos laborales** [en línea], 2015. pp. 1-7. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: https://www.arlsura.com/files/aceites_grasas.pdf.

AGUADO, N. *Toma de muestra para análisis* [blog]. 2020. [Consulta: 18 enero 2021]. Disponible en: <https://esp.cbmconnect.com/toma-de-muestra-para-analisis-de-aceite/>.

ANTON-PAAR. *Tribómetro tipo perno en disco: TRB³*. [blog]. 2021. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.anton-paar.com/co-es/productos/detalles/trb3-tribometro-pin-on-disk/>.

ARMANDO, A. & HERNÁNDEZ, F. *Diseño de máquina recíprocante para ensayos de desgaste por deslizamiento sobre superficie plana*. 2018

BERSHEH, E. *Contribución al desarrollo y mejora de técnicas para la detección y análisis de partículas metálicas y contaminantes en aceites lubricantes usados*. 2012. pp. 225.

BIELORRUSIA, A.N. "Consejo científico" - STU IMMS NAS BELARUS. [en línea]. 2021 [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://mpri.org.by/sovety/uchenyj-sovet.html>.

BRUKER. *UMT TriboLab*. [en línea]. 2021. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.bruker.com/es/products-and-solutions/test-and-measurement/tribometers-and-mechanical-testers/umt-tribolab.html>.

BUEHLER. *Pulidora para metales - para muestra metalográfica*. [blog]. 2021. [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/buehler/product-11631-1764220.html>.

CARCAVILLA URQUI, L., GARCÍA CORTÉS, Á. & SALAZAR, Á. *Sistemas Naturales Terrestres: definición, caracterización y clasificación*. [en línea], 2016. pp. 571. Disponible en: <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.

CIFUENTES CASTILLO, J.I. "Nanotribología : estudio y comportamiento de la fricción y el desgaste". *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2017.

DI PUCCIO, F. y MATTEI, L. "Biotribology of artificial hip joints". World Journal of Orthopaedics [en línea], 2015, 6(1), pp. 77-94. [Consulta: 15 enero 2021]. ISSN 22185836. DOI 10.5312/wjo.v6.i1.77. Disponible en: [/pmc/articles/PMC4303792/?report=abstract](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24303792/).

DYNA, R. "La tribología, una ciencia que prolonga la vida útil de las maquinarias críticas" - REVISTA DE INGENIERIA DYNA. [en línea]. 2006. [Consulta: 11 enero 2021]. Disponible en: <https://www.revistadyna.com/resena-de-libros/la-tribologia-una-ciencia-que-prolonga-vida-util-de-maquinarias-criticas>.

ECHEMENDIA MARTÍNEZ, J. *Montaje de ensayos tribológicos* [en línea]. 2013. [Consulta: 11 enero 2021]. Disponible en: <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.

EUROMEX. *Microscopios petrográficos y metalográficos*. [blog]. 2021. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.euromex.com/es/productos/mercados/microscopios-petrográficos-y-metalográficos-industria/>.

FEMTO INSTRUMENTS. *Balanza de precisión con accesorio parabrisas de serie* [blog]. 2021. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: <https://femto.es/prd-mas-10076-balanza-de-precision-con-accesorio-parabrisas-de-serie>.

FERNÁNDEZ, F.J. "Estudio de Mercado" [en línea], 2017. [Consulta: 23 enero 2021]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=yuskDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=estudio+de+mercado&ots=fHphbkD4MZ&sig=Dfhd9Q14GcDQ1Ak3y37Ps06Ewc#v=onepage&q&f=false>.

GALLITRE, L. "Laboratorio de Tribología y Dinámica de Sistemas" - TFM Group: Tribología y Fatiga de Materiales. [en línea]. 2017. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://ltds.ec-lyon.fr/spip/spip.php?article942&lang=fr>.

GARCÍA ARIAS, J.E. *Diseño y construcción de una máquina para ensayos de desgaste tipo espiga sobre disco*. 2003

GONZÁLEZ NAVARRO, N; et al. *Que integra el estudio financiero en un plan de Negocios*. [en línea], 2010, pp. 12. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: http://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no56/estudio_financiero.pdf.

GUERRERO LÓPEZ, V.Y. & SANTACRUZ CONEO, A.J., 2016. Estudio de mercados, administrativo y legal, para la constitución de un centro de acopio de productos agrícolas en el municipio de puerto Wilches (Santander). [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia, 2016. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/165080.pdf>

HOFFMAN GROUP. "Mahr Pie de rey digital con varilla de profundidad redonda y salida de datos 150 mm" [en línea]. 2021. [Consulta: 18 febrero 2021]. Disponible en: https://www.hoffmann-group.com/MX/es/homx/Técnica-de-medicación/Pie-de-rey/Pie-de-rey-de-bolsillo/Pie-de-rey-digital-con-varilla-de-profundidad-redonda-y-salida-de-datos/p/412728-150#anchor_description.

HUACÓN, L. Diseño de un laboratorio de análisis de aceites lubricantes en la ESPOL para sustentar programas de mantenimiento predictivo [en línea].(Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2011. [Consulta: 18 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19134>.

IMF BUSINESS SCHOO. *7 tipos de riesgos laborales y cómo prevenirlos.* [en línea]. 2021. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: https://blogs.imf-formacion.com/blog/prevencion-riesgos-laborales/especial-master-prevencion/tipos-de-riesgos-laborales/#Riesgos_ambientales.

IMPERIAL COLLEGE OF LONDON. "*Probot | Research groups | Imperial College London*". *Mechatronics in Medicine* [blog]. 2021. [Consulta: 9 enero 2021]. Disponible en: <http://www.imperial.ac.uk/tribology/people/academic-staff/>.

INSTRUMENTS, P. *Rugosímetro PCE-RT 2300-ICA incl. certificado de calibración ISO.* [en línea]. 2021. [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/rugosimetro-pce-instruments-rugos_metro-pce-rt-2300-ica-incl.-certificado-de-calibraci_n-iso-det_5885440.htm?_list=kat&_listpos=18.

INSTRUMENTS, P. *Viscosímetro Viscolite d21.* [blog]. 2021. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/viscosimetro-hydrmotion-viscos_metro-viscolite-d21-det_404647.htm?_list=kat&_listpos=9.

JANSEN, M.J. & JONES JR, W.R. "Space tribology". Nature [en línea], 2019, 237(5357) pp. 523-524. [Consulta: 21 febrero 2021]. ISSN 00280836. Disponible en: DOI 10.1038/237523e0.

LIBRE, M. *Caja De Dados Stanley Tools De 68 Piezas Dados Asta Las 32mm.* [en línea]. 2021. [Consulta: 16 febrero 2021]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-429584162-caja-de-dados-stanley-tools-de-68-piezas-dados-asta-las-32mm-_JM#position=9&type=item&tracking_id=32fe7c3d-db0d-417b-872c-0e88ba4de5da.

LLANOS CORREA, F.J., 2013. Propuesta para el manejo del aceite usado de vehículos automotores en el cantón Sígig [en línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2013. pp.34-45. [Consulta: 16 febrero 2021]. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/5174>.

LÓPEZ, A. "La Tribología: Ciencia sustentable". Recitium [en línea], 2017, 3(4), pp. 88-111. [Consulta: 16 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.recitium.iutm.edu.ve>.

LÓPEZ, E; et al. "Estudio Técnico: Elemento indispensable en la evaluación de proyectos de inversión." Itson [en línea], 2010, pp. 1-10. Disponible en: <https://www.itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no56/estudiotecnico.pdf>.

LUBRAL LUBRICANTES. *Tabla de pruebas - Lubral, Soluciones en Lubricación.* [en línea]. 2021. [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.lubral.com/tabla-de-pruebas/>.

MARTÍNEZ PÉREZ, F., 2002. *La Tribología: Ciencia y Técnica Para el Mantenimiento - Francisco - Google Libros* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 17 marzo 2021]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ht0KP_IscosC&oi=fnd&pg=PA9&dq=concepto+de+tribologia&ots=UouXeCijYW&sig=gE7L6W1SmP7jQ3MyyI0DzQ_hOp4#v=onepage&q&f=false.

MARULANDA ARÉVALO, J.L., ZAPATA MENESES, A. & ESTRADA, C.A. *Contrucción de una maquina para ensayo en desgaste abrasivo segun norma técnica ASTM G-65* [en línea]. 2009. [Consulta: 17 marzo 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71395125.pdf>

MOYA RODRÍGUEZ, J.L. *Máquina de cuatro bolas para el estudio de los contactos* [en línea]. 2021. [Consulta: 17 marzo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Maquina-de-cuatro-bolas-20-Para-el-estudio-de-los-contactos-puntuales-Lane_fig3_282133415.

PAMAS. PAMAS SBSS. [blog]. 2021. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.pamas.de/es/contadores-de-particulas/productos-por-nombre/pamas-s40-avtur.html>.

PEREZ, G. *Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación.* Valencia-España. 1993.

RTEC INSTRUMENTS. *Tribometer / Multi Function with Inline Profiler - Rtec Instruments.* [en línea]. 2021. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: https://rtec-instruments.com/tribometer/universaltribometer/?gclid=Cj0KCQiApY6BBhCsARIsAOI_GjZ3gNX7OzA_BToJ9_8oNz0zHMxbO42rHLFv5JqH3IIJPTI8qSK8fEwaAothEALw_wcB.

SANMARCO, E.D. et al. *Importancia de la limpieza y la metodología en el análisis de lubricante.* 2016.

SWISSOIL *Cómo reciclar el aceite usado - 8 pasos* [en línea]. 2018. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://hogar.uncomo.com/articulo/como-reciclar-el-aceite-usado-18650.html>.

TRIBOTECHNIC. *Tribómetro para prueba de fricción.* [en línea]. 2021. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/tribotechnic/product-201501-2253276.html>.

VIMARONI. *Bomba Muestreadora Vampiro.* [en línea]. 2020. [Consulta: 18 marzo 2021]. Disponible en: http://www.vimaroni.cl/home/index.php?tmpl=component&option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=295&format=pdf

ANEXOS

Anexo A: Equipos del laboratorio actual de tribología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo



Sistema analizador de lubricantes de Ferrografía:

El sistema analizador de lubricantes de Ferrografía del laboratorio actual de tribología, nos sirve para la interpretación y separación de las partículas contaminantes de los lubricantes y de desgaste que pueden existir en los aceites lubricantes, fluidos hidráulicos, refrigerantes y combustibles usados. El sistema entero consiste en el analizador de aceites y fabricante de Ferrogramas *T2FM*, un microscopio bicromático *Olympus BX51*, una cámara de vídeo y fotografía para microscopios *Olympus QColor 5* y el software respectivo para la captura de imágenes observadas.



Analizador de lubricantes de ferrografía *Spectro T2FM 500*:

El analizador de lubricantes de ferrografía *Spectro T2FM 500* analiza e interpreta a los líquidos y las partículas contaminantes que los mismos contengan, es rápido, ya que la muestra se bombea a través de un tubo de plástico antes de llegar a la superficie del ferrograma, entregando toda la muestra de manera fluida y con esta muestra todas las partículas que contiene directamente a la superficie del ferrograma que será realizado.





Microscopio *Olympus BX51*, cámara de vídeo y fotografía *Olympus QColor 5*:

El microscopio está equipado con fuentes de luz tanto reflejadas (rojo) como transmitidas (verde) y es utilizado para ver y examinar a los ferrogramas previamente realizados con el *SpectroT2FM 500*, de manera que el ferrograma puede ser iluminado tanto desde arriba como desde abajo de la platina del microscopio. Con este tipo de iluminación bicromática (dos luces), las partículas metálicas, que reflejan la luz, aparecen de color rojo brillante, mientras que las partículas no metálicas aparecen de color verde porque la luz se transmite a través de ellas.

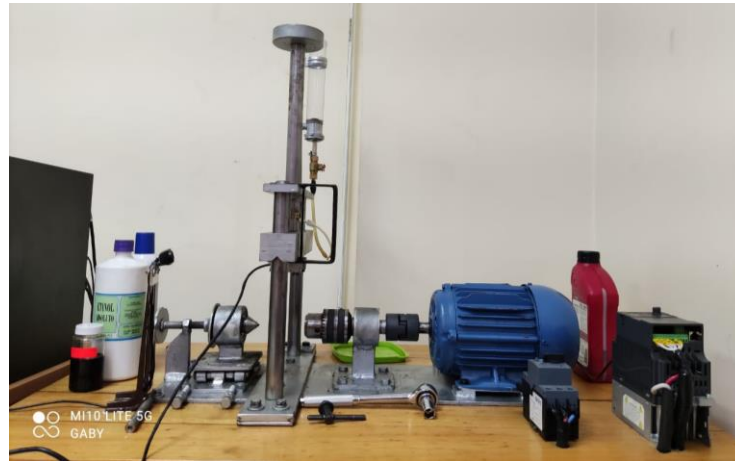
La cámara de video y fotografía está acoplada al microscopio para de esta manera poder observar y capturar de mejor manera la visualización previa de las partículas contaminantes, con una visualización de 30 fotogramas por segundo y una resolución de 2580 x 1944 píxeles activos, 5.0 megapíxeles con filtro para los colores rojo, verde y azul ofreciendo varios detalles sobresalientes para la documentación de las imágenes capturadas por su software *QCapture Pro* que optimiza la imagen capturada.

Placa calefactora Thermo Scientific HP18325:



Es una placa calefactora de cubierta de porcelana y con su placa superior de acero inoxidable con un Rango de temperatura de 38 a 371 grados °C (700 grados °F) y una precisión de + -5 grados °C, para eso cuenta con un termostato de regulación de la temperatura.

Sistema de la máquina de fricción y desgaste de cilindros cruzados basado en la norma ASTM G83-96:



La máquina cuenta con un sistema fijo de motor, acople a una parte fijada a la mesa con un sistema de lubricación por gravedad, esta máquina fue diseñada y realizada como un trabajo de titulación de la facultad de mecánica de la escuela de ingeniería en mantenimiento industrial.

Computador de escritorio (Monitor y PC) HP ProDesk 400:



Computador de escritorio que cuenta con monitor y PC, Intel Core i7 con un disco duro de 1TB, cuenta con los softwares de la cámara del microscopio y el software de automatización de la máquina de fricción y desgaste de cilindros cruzados.

Anexo B: ENSAYO DE ABRASIÓN SEGÚN NORMA ASTM G-65

La máquina posee:

- 1 motor de 1 HP
- 2 chumaceras de 1 pulgada
- Un juego de poleas de 3 pulgadas y 4 pulgadas
- Un disco de acero 1020 recubierto con caucho
- Válvula de paso para la arena abrasiva
- Estructura

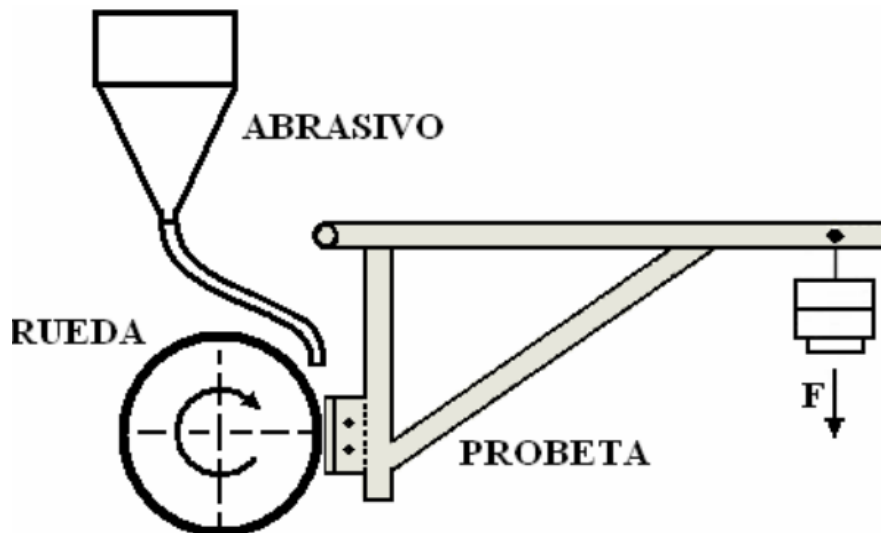
Condiciones para ensayo:

- Arena AFS 50/70
- Humedad relativa de la arena debe ser menor o igual al 0.5%
- La eficiencia de la transmisión por poleas depende de que estas se encuentren alineadas y debidamente tensionadas.
- Para medir la masa se requiere una balanza con una resolución de 0.001 g o de 0.0001 g para el procedimiento.
- Equipo de protección personal para material particulado

Probeta:

La probeta es la pieza sobre la que se realiza el desgaste, y proporciona el dato para el cual fue diseñada la máquina. (Marulanda Arévalo et al., 2009, p. 376)

- La probeta debe estar completamente limpia, sin ninguna impureza que interfiera en la medida (aconsejable usar alcohol para limpiar la probeta).
- Probeta desmagnetizada
- Dimensiones de la probeta deben ser de 3x1x (0,12 a 0,5) [in] de espesor
- Las caras de la probeta deben ser paralelas



Pasos para ensayo:

- Pesar la probeta y anotar su peso
- Colocar la probeta en el porta-probetas ajustable
- Ajustar los tornillos del porta-probetas.
- Colocar un recipiente receptor debajo de la tolva de la estructura para recibir la arena abrasiva
- Encender el motor que conecta con la rueda
- Abrir la válvula de la tolva que almacena la arena abrasiva, hasta que el flujo de la arena sea laminar y constante.
- Colocar la pesa de 130 N en la palanca de aplicación de carga para que la probeta entre en contacto con la arena abrasiva y la rueda recubierta de caucho
- Uno de los parámetros a controlar es el número de ciclos de ensayo con un tacómetro.
- Al terminar la prueba, retirar la pesa de la palanca de aplicación de carga.
- Parar el motor y cerrar la válvula de la tolva que contiene la arena abrasiva.
- Desajustar los tornillos del porta-probetas y retirar la probeta.
- Pesar la probeta y anotar su peso.
- La pérdida del material se determina midiendo la pérdida en masa y dividiéndola por la densidad del material.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 17 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DE LA AUTORA	
Nombres – Apellidos: GABRIELA NICOLE MIRANDA MORENO	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: MECÁNICA	
Carrera: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Título a optar: INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
f. Analista de Biblioteca responsable	 Elaborado por: ELIZABETH AREVALO FERNANDA MEDINA



0191-DBRA-UPT-2022