

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO DEL PROYECTO

**“ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA ESPE”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

LEONARDO CAIZA LÓPEZ

DIRECTOR: ING. MELTON TAPIA

CODIRECTOR: ING. VÍCTOR ANDRADE

Sangolquí, 2006-08

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA ESPE” fue realizado en su totalidad por Leonardo Edmundo Caiza López, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Melton Tapia
DIRECTOR

Ing. Víctor Andrade
CODIRECTOR

Sangolquí, 2006-08-01

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS LABORATORIOS DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA ESPE”**

ELABORADO POR:

Leonardo Caiza López

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

COORDINADOR DE CARRERA

Sangolquí, 2006-08

DEDICATORIA

A mi padre por su apoyo incondicional y su fe ciega.

A mi madre por el amor y la tolerancia.

A mi hermano y hermanas por estar siempre a mi lado.

A Andrés, Melissa, Paula, Josué e Isaac por la alegría y espontaneidad de
siempre.

Para los que no están y para los que vendrán...

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, que me apoyaron en todo momento.

Al Ing. Meltón Tapia por la ayuda, dirección, y confianza para que el proyecto sea una realidad.

A los Laboratoristas de la FIME que pusieron su experiencia y colaboración para la realización de los cronogramas de tareas de mantenimiento.

Al Abogado Vinicio Zabala que desde la Secretaría Académica de la Facultad facilita la realización de los proyectos.

A mis buenos maestros que me hicieron mirar el mundo de diferente manera.

A los amigos que hacen que la vida sea una experiencia enriquecedora.

A Marcelo por las primeras lecciones de matemáticas y física.

A Henry por el empeño que le puso a la diagramación del documento.

A A. P. Por todo su amor, conocimiento e imaginación puesto al servicio de cada ser humano.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
TABLAS.....	x
CUADROS.....	xi
LISTADO DE FIGURAS	xii
ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES	19
1.1 INTRODUCCIÓN.....	19
1.1.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	19
1.1.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	20
1.2 ANTECEDENTES.....	21
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
1.4 ALCANCE.....	22
1.5 OBJETIVOS.....	22
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	22

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME Y LOS SERVICIOS QUE PRESTAN	25
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA FIME	25
2.1.1 ANTECEDENTES.....	25
2.1.2 CONSTITUCIÓN DE LA FIME.....	25
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME.....	29
2.2.1 SERVICIOS QUE PRESTAN LOS LABORATORIOS DE LA FIME	31
2.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS	32
2.3 ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOSLABORATORIOS DE LA FIME	33
2.3.1 ANTECEDENTES.....	33
2.3.2 SITUACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME A DICIEMBRE DE 2005.....	35
2.4 ESTUDIO TECNICO ECONÓMICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME	46
2.4.1 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.....	46
2.4.2 NIVELES DE MANTENIMIENTO.....	48

CAPITULO 3

PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	51
3.1 ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO EN LOS LABORATORIOS DE LA FIME	51
3.1.1 RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD	52
3.1.2 RECURSOS.....	52
3.1.3 NIVEL DE DOCUMENTACIÓN	53
3.1.4 CONTROL DE LOS DOCUMENTOS, ADQUISICIONES Y PROCEDIMIENTOS DE CONTROL	53
3.2 MONITOREO DE EQUIPOS.....	53
3.2.1 ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN	55
3.3 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	59
3.3.1 SERVICIO DE EQUIPOS.....	60
3.3.2 LUBRICACIÓN.....	63
3.3.3 SELECCIÓN DE LUBRICANTES.....	68
3.4 IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO	69
3.4.1 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	69
3.4.2 INVENTARIO DE EQUIPOS	70
3.4.3 DESARROLLO PREVIO	70
3.4.4 DETERMINACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SUS FRECUENCIAS.....	72
3.4.5 EQUIPOS QUE NECESITAN MANTENIMIENTO CORRECTIVO	77
3.4.6 LISTADO DE ELEMENTOS FUNGIBLES NECESARIOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	86

CAPITULO 4

ELABORACIÓN DE GUIAS DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	91
4.1 GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO	91
4.1.1 OBJETIVO	91
4.1.2 META	91
4.1.3 PROCEDIMIENTO	91
4.2 GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA CONTROL DE INVENTARIO DE BODEGAS	93
4.2.1 OBJETIVO	93
4.2.2 META	93
4.2.3 PROCEDIMIENTO	93

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS	95
5.1 ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	95
5.1.1 EQUIPOS QUE NECESITAN MANTENIMIENTO CORRECTIVO	95
5.1.2 CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	103
5.2 PLAN DE AUDITORIAS	104

CAPÍTULO 6

SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	111
6.1 ANTECEDENTES.....	111
6.2 CONTAMINANTES.....	111
6.3 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y PRÁCTICAS DE TRABAJO SEGURO	112
6.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN ÁREAS DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES.....	114

CAPÍTULO 7

COSTOS DE MANTENIMIENTO	115
7.1 TIPOS DE COSTOS.....	115
7.1.1 COSTOS DIRECTOS O COSTOS PRIMOS	115
7.1.2 COSTOS INDIRECTOS.....	115
7.1.3 COSTOS GENERALES.....	115
7.2 CÁLCULO DE COSTOS.....	115

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO	121
8.1 ANÁLISIS ECONÓMICO	121
8.1.1 FACTIBILIDAD ECONÓMICA	121
8.1.2 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	121
8.2 ANÁLISIS FINANCIERO	125

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	127
9.1 CONCLUSIONES	127
9.2 RECOMENDACIONES.....	128

TABLAS

Tabla 2.1. Laboratorios de la FIME en sus respectivas áreas	29
Tabla 2.2 Listado de documentación de los laboratorios de la FIME	34
Tabla 2.3 Estado de la documentación del mantenimiento de los laboratorios de la FIME a diciembre de 2005.....	36
Tabla 2.4 Estado de las actividades de mantenimiento preventivo a diciembre de 2005.....	37
Tabla 2.5 Niveles de Mantenimiento	48
Tabla 3.1 Listado de fungibles necesarios para el desarrollo del mantenimiento preventivo.....	86
Tabla 5.1 equipos que necesitan reparación	96
Tabla 5.2 Número y porcentaje de equipos que necesitan reparación y que se utilizan en las prácticas de laboratorio.....	100
Tabla 5.3 Evaluación del desempeño del mantenimiento preventivo	104
Tabla 7.1 Costo de materiales directos	116
Tabla 7.2 Costos de Mantenimiento Preventivo	119

CUADROS

Cuadro 8.1 Cuadro de inversión en estudios, proyectos y gastos de inversión	122
Cuadro 8.2 Capital de trabajo	124
Cuadro 8.3 Cuadro de Financiamiento de Estudio, Diseño e Implementación del Sistema de Mantenimiento.....	124
Cuadro 8.4 Cronograma de desembolsos	125
Cuadro 8.5 Cuadro de porcentajes de inversión versus porcentaje de beneficio	126

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistema FIME	26
Figura 2.2 Organigrama FIME	28
Figura 2.3 Diagrama de caracterización de los Laboratorios de la FIME	30
Figura 2.4 Diagrama de Áreas de trabajo.....	31
Figura 2.5 Sistemas de mantenimiento	47
Figura 3.1 Organigrama Estructural	51
Figura 3.2 Etiqueta de codificación de equipos	69
Figura 3.3 Pantalla de archivo de cronograma	74
Figura 3.4 Nivel de tareas.....	76
Figura 3.5 Actividades de mantenimiento desglosadas.....	76
Figura 3.6 Filtro de tareas por equipo.....	77
Figura 3.7 Objetos de la base de datos Mantenimiento_FIME	79
Figura 3.8 Tablas de la base de datos Mantenimiento_FIME.....	80
Figura 3.9 Elementos Formulario	83
Figura 3.10 Pantalla de Formulario	83
Figura 3.11 Pantalla de informe.....	85
Figura 3.12 Informe de equipos.....	86
Figura 4.1 Diagrama de flujo procedimiento para mantenimiento correctivo.....	92
Figura 4.2 Diagrama de procedimiento para control de inventario de bodegas.....	94
Figura 5.1 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Fluidos e Hidráulica	96
Figura 5.2 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Máquinas Herramientas.....	97
Figura 5.3 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Máquinas Mecánicas	97
Figura 5.4 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Metalurgia	98

Figura 5.5 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Metrología	98
Figura 5.6 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Motores	98
Figura 5.7 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Resistencia de Materiales	99
Figura 5.8 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Termodinámica.....	99
Figura 5.9 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación de Los Laboratorios de la FIME.	100
Figura 5.10. Número de equipos que necesitan reparación y se usan en prácticas de laboratorio.....	101
Figura 5.11 Fotografía mantenimiento No.1.....	105
Figura 5.12 Fotografía mantenimiento No.2.....	105
Figura 5.13 Fotografía mantenimiento No.3.....	106
Figura 5.14 Fotografía mantenimiento No.4.....	106
Figura 5.15 Fotografía mantenimiento No.5.....	107
Figura 5.16 Fotografía mantenimiento No.6.....	107
Figura 5.17 Fotografía mantenimiento No.7.....	108
Figura 5.18 Fotografía mantenimiento No.8.....	108

ANEXOS

ANEXO A LISTA DE CHEQUEO DE DIAGNÓSTICO DE MANTENIMIENTO

ANEXO B LISTA DE LUBRICANTES

ANEXO C FORMATOS DE LIBRO DE VIDA

ANEXO D PLANOS DE LABORATORIO DE MOTORES Y MECANISMOS

ANEXO E INVENTARIO DE EQUIPOS Y MAQUINARIA DE LOS
LABORATORIOS

ANEXO F CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO G INFORME DE EQUIPOS DAÑADOS

ANEXO H INFORME DE EQUIPOS

ANEXO I INFORME DE EQUIPOS QUE SE USAN EN PRÁCTICAS Y QUE
NECESITAN REPARACIÓN

ANEXO J CARTA DE SATISFACCIÓN

RESUMEN

El Mantenimiento Industrial es una importante actividad que pretende conservar y mantener bienes en las mejores condiciones y en una alta disponibilidad para que dichos bienes mantengan su prestación de servicios en óptimos términos, en otras palabras el mantenimiento es una herramienta de productividad y de gestión de calidad.

El rápido avance tecnológico, la diversificación de áreas de trabajo, la complejidad de las instituciones, y el alto costo de los bienes hacen que el mantenimiento ya no sea una actividad esporádica y sin control, si no que en estos días se ha convertido en una disciplina definida y con procesos claros y precisos cuyo objetivo es el mantenimiento y conservación de bienes dentro de un sistema técnico-económico-administrativo para la explotación de dichos bienes en las mejores condiciones y con los mejores resultados.

Entre los objetivos del los sistemas de mantenimiento se tiene:

a.-Objetivos operacionales

- Mantener operativos, maquinaria, equipos y edificios
- Asegurar la máxima disponibilidad de la planta y equipos a costos razonables
- Extender la vida de la planta hasta el último límite
- Promover servicio que advertirá pasos de emergencia en todo tiempo y a cualquier costo
- Mantener la planta y equipo con el máximo de economía y reemplazos en periodos determinados.
- Asegurar un desempeño de alta calidad
- Asegurar la seguridad y operación eficiente en todo tiempo
- Mantener una apariencia razonablemente de la planta
- Mantener la planta en todo momento completamente limpia

b.- Objetivos Económicos

- Minimizar los gastos de mantenimiento y maximizar las utilidades
- Promover el servicio de mantenimiento dentro de los límites de una tasa constante

- Tener gastos de mantenimiento sobre la cantidad de servicio requerido por la planta y equipo en razón de su edad y su intensidad de utilización
- Controlar el costo directo de mantenimiento con el correcto y eficiente uso de los materiales, hombres e instalaciones mecánicas.

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE es una institución de educación superior cuya misión es formar profesionales de la más alta calidad. Cuenta entre sus áreas de trabajo con nueve laboratorios que son soporte para los sistemas académico, investigación y de servicios.

Los laboratorios son una parte importantísima de la FIME, cuentan con alrededor de cuatrocientos cincuenta equipos que se utilizan en prácticas de laboratorio, proyectos de investigación y prestación de servicios. Estos equipos necesitan ser mantenidos y preservados debido a la importancia que tienen dentro del sistema de aprendizaje de la FIME.

Para mejorar el servicio de mantenimiento de sus laboratorios la FIME decidió contar con un Sistema de Mantenimiento, para lo cual se desarrolló el presente trabajo.

La meta u objetivo general del proyecto fue estructurar la administración, planificación y programación del mantenimiento preventivo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE .

El mantenimiento preventivo en un sistema de mantenimiento que administra las tareas de servicio normal, de inspecciones y de lubricación de maquinaria y equipo dentro de frecuencias de trabajo.

La metodología que se siguió para la realización del proyecto se describe a continuación:

- Se realizó una encuesta a varios laboratoristas para determinar el estado del mantenimiento previo a la realización del proyecto.
- Se determinó el nivel de mantenimiento necesario para los laboratorios de acuerdo a la realidad de los mismos y a la estructura administrativa de la FIME.
- Se recolectó información acerca del mantenimiento de los equipos y maquinaria de los laboratorios.

- Se recogió información de los equipos y maquinaria para la realización de inventarios.
- Se estandarizó la documentación necesaria para el mantenimiento de la maquinaria y equipos de los laboratorios.
- Se levantó los planos de los laboratorios de Motores y Mecanismos ya que estos no contaban con los suyos.
- Se determinó las tareas y frecuencias de mantenimiento preventivo de los 294 equipos más importantes de los laboratorios mediante información de catálogos y entrevistas con laboratoristas. Los cronogramas se presentaron en Microsoft Project. Estas tareas y frecuencias de mantenimiento están rigiendo actualmente en los laboratorios.
- Se desarrolló una base de datos para clasificar la información de los equipos de los laboratorios.
- Se elaboró la lista de equipos que necesitan ser reparados de acuerdo a importancia y laboratorio.
- Se realizó la lista de elementos fungibles necesarios para el mantenimiento preventivo.
- Se desarrollo guías de mantenimiento correctivo y de control de inventario de bodegas con el objetivo de que estos temas en particular se traten con formalidad.
- Se realizó visitas a los laboratorios para inspeccionar el nivel de cumplimiento de las tareas de mantenimiento preventivo como también se reviso la documentación referente a este servicio.

El Sistema de Mantenimiento que se desarrolló se definió de acuerdo a las políticas de la FIME.

El proyecto se lo realizó entre los meses de octubre de 2005 a mayo de 2006 en los nueve laboratorios de la FIME.

Con la implantación del proyecto se consiguió establecer un sistema de mantenimiento preventivo con la generación de cronograma de actividades de mantenimiento, plan de control y creación de listado de fungibles para dicho

servicio. Mejorando además la comunicación entre todo el recurso humano que interviene en el Sistema de Mantenimiento de los Laboratorios de la FIME

Se pretende que con la implantación de este sistema se de comienzo a una mejor forma de realización de las tareas de mantenimiento y que sea una base para futuras mejorías y ampliaciones de éste tan importante aspecto dentro de la FIME.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento es una actividad técnico-administrativa cuyo propósito es mantener el servicio que presta determinado recurso en costo y calidad, además de asegurar la conservación de dicho recurso que presta el servicio.

Para cumplir con este objetivo primordial, debido a la complejidad de las empresas hoy en día, es necesario crear un departamento de mantenimiento cuya principal actividad es la planeación lógica y funcional de todas las actividades de mantenimiento.

El aspecto final de esta actividad son las tareas de campo que cumple el recurso humano de mantenimiento.

1.1.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

La percepción de la importancia del Mantenimiento ha cambiado con referencia a las etapas de desarrollo de la industria¹. Actualmente, el Mantenimiento es una herramienta empresarial dentro de las herramientas de gestión de calidad, mejoramiento continuo y administración total.

El Mantenimiento es importante porque asegura una alta disponibilidad de máquinas, equipos e instalaciones. Este factor multiplicado por la capacidad de la empresa nos da la producción. De ahí que existe una importantísima relación entre mantenimiento y producción.²

La tendencia a la automatización y mega producción de productos y servicios hace que un recurso en mal estado amplifique sus consecuencias tanto en el número de ítems que se deja de producir como en el número de ítems con mala calidad. Además, todo equipo, instalación o maquinaria necesita mantenimiento. El costo de este servicio es significativo e importante, por lo

¹ DOUNCE VILLANUEVA, E., La Productividad en el Mantenimiento Industrial. 2da. ed. Méjico. Ediciones Continental. 2003. pp. 4-20.

² ANDRADE, J. , Diseño del Sistema de Mantenimiento Preventivo en la Empresa CARNASA (Panificación y Programación). Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 1995. p. 2

que una adecuada visión de los costos llevará a una apropiada contabilidad de los mismos.

El rápido avance tecnológico y sus consecuencias hace que se necesite un adecuado tratamiento de los procesos siendo parte de esto la preservación y mantenimiento de los recursos

Es decir que un buen Sistema de Mantenimiento es importante porque ayuda a obtener procesos eficientes y de calidad en cualquier actividad productiva o de servicios.

1.1.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los objetivos primeros del mantenimiento son:

a.-Objetivos operacionales

- Mantener operativos, maquinaria, equipos y edificios
- Asegurar la máxima disponibilidad de la planta y equipos a costos razonables
- Extender la vida de la planta hasta el último límite
- Promover servicio que advertirá pasos de emergencia en todo tiempo y a cualquier costo
- Mantener la planta y equipo
- con el máximo de economía y reemplazos en periodos determinados.
- Asegurar un desempeño de alta calidad
- Asegurar la seguridad y operación eficiente en todo tiempo
- Mantener una apariencia razonablemente de la planta
- Mantener la planta en todo momento completamente limpia

b.- Objetivos Económicos

- Minimizar los gastos de mantenimiento y maximizar las utilidades
- Promover el servicio de mantenimiento dentro de los límites de una tasa constante
- Tener gastos de mantenimiento sobre la cantidad de servicio requerido por la planta y equipo en razón de su edad y su intensidad de utilización

- Controlar el costo directo de mantenimiento con el correcto y eficiente uso de los materiales, hombres e instalaciones mecánicas.³

1.2 ANTECEDENTES

Debido a la importancia del Mantenimiento en la consecución de mejores niveles de calidad, productividad, y seguridad, la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE está interesada en mejorar su gestión de mantenimiento adoptando técnicas y sistemas que le permitan un desempeño organizado y sistemático del mismo.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Facultad de Ingeniería Mecánica no cuenta con un Sistema de Mantenimiento para sus laboratorios.

El servicio de mantenimiento preventivo se lo ha venido realizando a criterio y experiencia de los laboratoristas.

Los laboratorios cuentan con registros para recoger información del funcionamiento de la máquina y de las actividades del mantenimiento.

Estos registros no están estandarizados y se los utiliza en pocas ocasiones . La información contenida en estos registros no es actualizada, ni completa, ni útil. No existe historia mecánica de los equipos.

No existe un cronograma de mantenimiento preventivo, es decir no existe tareas y horarios especificados para dicho servicio siendo este totalmente discrecional.

No existe un seguimiento sistemático de las tareas del mantenimiento. No se cuenta con presupuestos para mantenimiento preventivo y se desconocen sus costos.

Por lo que se ha planteado el :

Estudio, Diseño e Implementación de un Sistema de Mantenimiento Preventivo para los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE.

³ DÍAZ, J. S. T. S. E. S. L. Apuntes del curso de Mantenimiento Industrial Dictados en la FIME. 2003.

1.4 ALCANCE

El alcance del proyecto es :

- Identificar las necesidades organizativas, económicas y técnicas del mantenimiento preventivo en los Laboratorios de la FIME.
- Establecer un sistema de mantenimiento preventivo con la generación de cronograma de actividades de mantenimiento, plan de control y creación de listado de fungibles para dicho servicio.
- Elaboración de guía de procedimiento para mantenimiento correctivo.
- Implementar el sistema de mantenimiento en los laboratorios.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

La meta u objetivo general del proyecto es estructurar la administración, planificación y programación del mantenimiento preventivo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear un sistema de mantenimiento preventivo para los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE en función de sus necesidades técnicas, administrativas y económicas
- Que la programación y planeación del mantenimiento preventivo de cómo resultado información para el control básico del mantenimiento preventivo.
- Mejorar y formalizar la comunicación entre el personal técnico y el personal administrativo encargados del mantenimiento preventivo de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE.

1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Se presenta la necesidad de desarrollar un Sistema de Mantenimiento Preventivo para los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE debido a la importancia de tener un sistema de mantenimiento. La importancia radica en que un sistema de mantenimiento permite la organización lógica y funcional de actividades, presupuestos y control de

actividades que bajo una visión de calidad nos da como resultado la racionalización y optimización de los recursos enfocados en la satisfacción del cliente.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME Y LOS SERVICIOS QUE PRESTAN

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA FIME

2.1.1 ANTECEDENTES

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la FIME fue creada el 13 de Octubre de 1976, mediante orden del señor Comandante del Ejército según oficio No. 7600024-DGE-2 de la Dirección General de Educación del Ejército, como una respuesta a la necesidad de fortalecer el desarrollo de las Fuerzas Armadas y del país en el ámbito de la Ingeniería Mecánica. ⁴

2.1.2 CONSTITUCIÓN DE LA FIME

2.1.2.1 Misión de la FIME

“Formar profesionales que, por su dominio de la ciencia y tecnología, puedan contribuir al desarrollo del país, desde las posiciones de liderazgo, responsabilidad y disposición al cambio de acuerdo a la demanda social “

2.1.2.2 Sistema FIME

La FIME es una entidad concebida como un sistema abierto (Fig. 2.1) constituida por cuatro sistemas que son:

- ACADEMICO
- INVESTIGACIÓN
- SERVICIOS
- EDUCACIÓN CONTINUA

Siendo el Académico el más importante debido a que a través de este se forman ingenieros mecánicos que luego se ponen al servicio del país.

⁴ PAZ, P., Plan Estratégico del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la ESPE y Complementación Documentaria de su Sistema de Aseguramiento de la Calidad. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 2000.p.

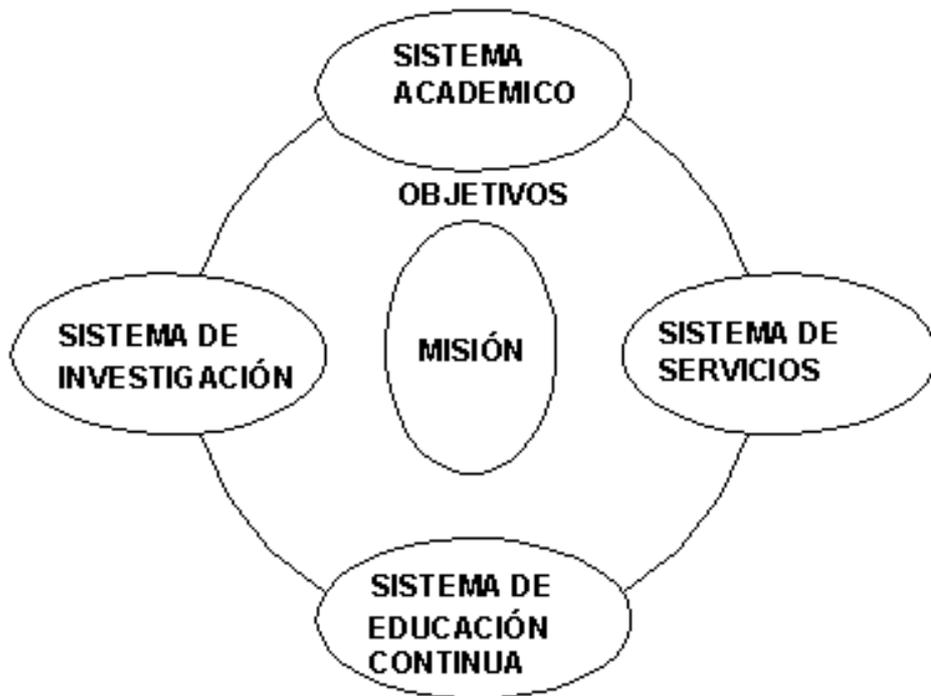


FIGURA. 2.1 Sistema FIME

La FIME mantiene relaciones con diferentes instituciones nacionales como internacionales en el campo de la ingeniería mecánica y su entorno como son facultades similares nacionales e internacionales, empresas publicas y privadas, empresas productivas y de servicios. Además, brinda servicios de asesoría y consultaría técnica en áreas de su competencia, contando con profesionales y laboratorios capacitados para dar dicho servicio.

El sistema académico es dirigido por el proceso de Planificación Estratégica y Académica.

Se distinguen dos distintos tipos procesos que son los de “valor” y “apoyo”. Los de valor constituyen aprendizaje, investigación aplicada y prestación de servicios, en tanto que los de apoyo corresponden a proceso administrativos internos.

La FIME cuenta con recursos humanos docentes y administrativos.

Los recursos humanos docentes se los clasifica de acuerdo a contrato y son : “tiempo completo” y “ hora clase”.

Los recursos administrativos se refiere al personal que cumple con actividades de apoyo dentro de cualquiera de los sistemas que configuran la ESPE como son el caso del personal que labora en la Secretaría Académica, así como también los Técnicos Laboratoristas que prestan servicios en los distintos laboratorios con que cuenta la facultad.

La ESPE cuenta con una política de capacitación del recurso humano que abarca tanto a docentes como administrativos.

2.1.2.3 Funciones

1. Planificar y ejecutar las actividades académicas de pregrado de acuerdo a las políticas y estrategias del Vicerrectorado Académico.
2. Administrar la gestión académica y presupuestaria.
3. Dirigir, organizar, supervisar y corregir los procesos académicos.
4. Presentar planes, propuestas y recomendaciones al Vicerrectorado a través del Director de Estudios Presenciales o Estudios de la Modalidad a Distancia para la toma de decisiones.
5. Proporcionar programas de formación integral de docentes.
6. Desarrollar la investigación científica.
7. Participar en proyectos de servicio a la comunidad de impacto social.
8. Coordinar con el sector productivo.
9. **Administrar los laboratorios de su especialidad.**
10. Planificar la preparación de material institucional.
11. Administrar y distribuir el material institucional.
12. Coordinar el sistema de información.
13. Supervisar los Centros de apoyo, en el caso de educación a distancia.
14. Coordinar y ejecutar los convenios bajo su responsabilidad.

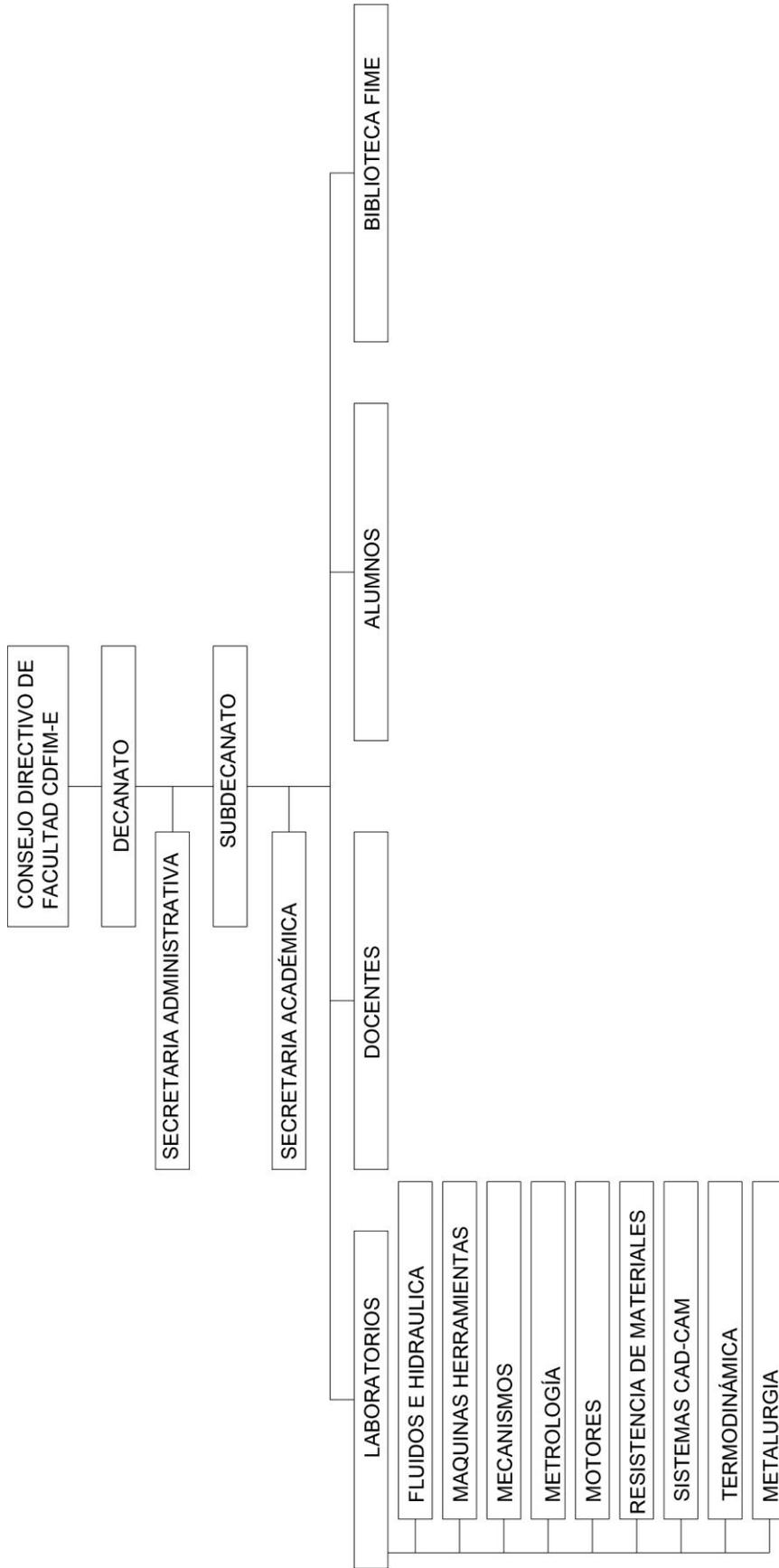


Figura 2.2 Organigrama Estructural de la FIME

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE cuenta con un conjunto de laboratorios que corresponden a determinadas áreas específicas. La tabla 2.1 detalla todos los laboratorios correspondientes a dichas áreas, en orden alfabético.

Tabla 2.1. Laboratorios de la FIME en sus respectivas áreas.

Área	Sección	Laboratorio / Unidad física
Conversión de Energía	Centro Automotriz Motores Térmicos	Laboratorio de Motores
	Aire-Acondicionado Refrigeración Termodinámica Transferencia de Calor	Laboratorio de Termodinámica
Fluidrónica	Electrohidráulica Fluidos e Hidráulica Hidroelectrónica Neumatrónica	Laboratorios de Fluidos e Hidráulica
Manufactura	Trabajo en prensa Soldadura Maquinado	Laboratorio de Máquinas- Herramientas
	Sistemas CAD/CAM	Laboratorio de Sistemas CAD/CAM
	Fundición	Laboratorio de Metalurgia
	Metrología	Laboratorio de Metrología
Mecánica de Materiales	Resistencia de Materiales	Laboratorio de Resistencia de Materiales
	Mecanismos Vibraciones	Laboratorio de Mecanismos
	Metalurgia	Laboratorio de Metalurgia

El propósito y actividades de los laboratorios se los ha detallado mediante una filosofía de calidad en la que involucran como es conocido proveedores, entradas, sistema-proceso, salidas y clientes que se detalla a continuación.

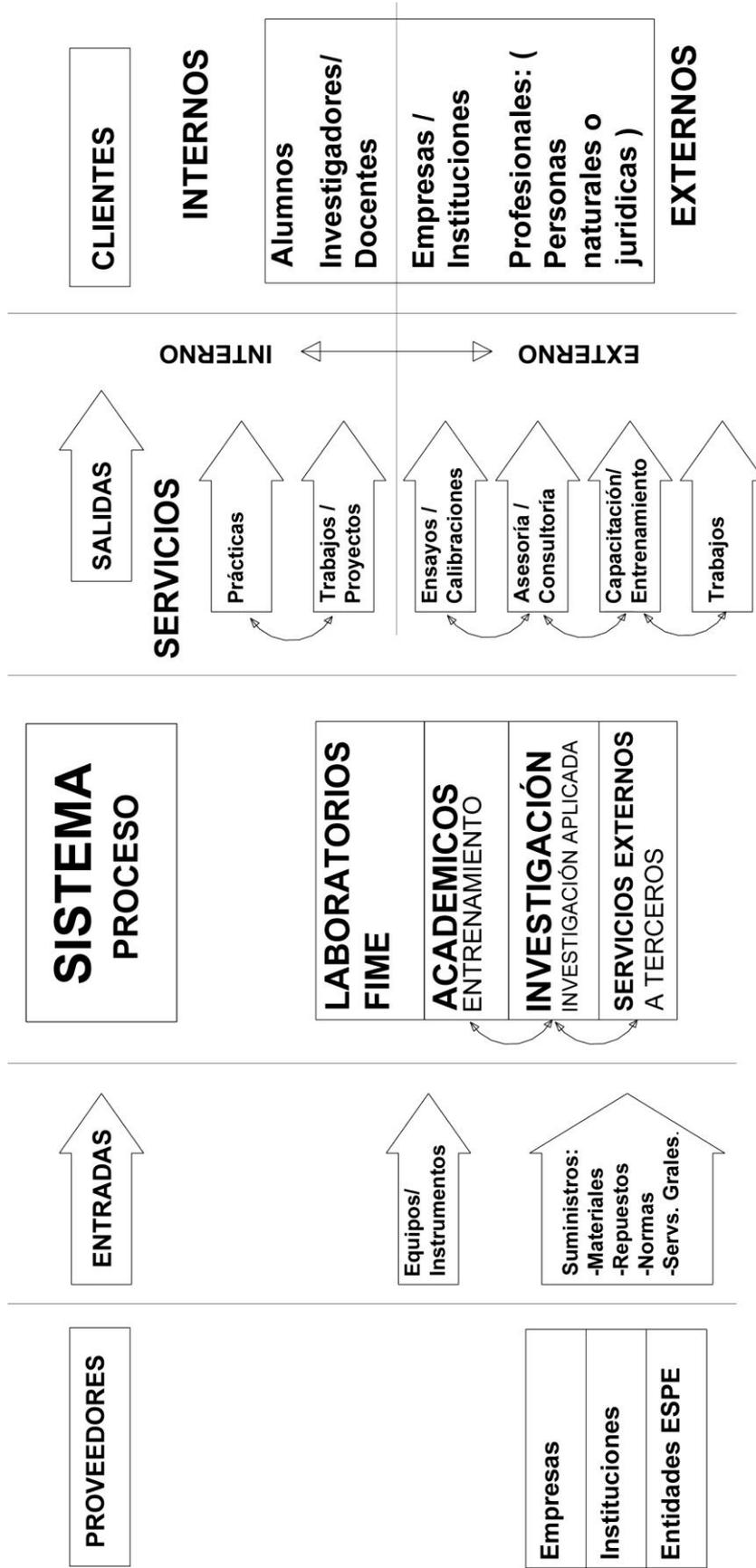


Fig. 2.2 Diagrama de Caracterización de los Laboratorios de la FIME

De la Figura 2.1 se comprende que los laboratorios de la FIME son parte importantísima dentro de los procesos que se llevan a cabo por los distintos sistemas que componen la FIME.

2.2.1 SERVICIOS QUE PRESTAN LOS LABORATORIOS DE LA FIME

Los laboratorios de FIME tienen como misión “ Brindar soporte práctico para la formación de los estudiantes, ejecutar proyectos de investigación aplicada y prestación de servicios en los diferentes campos de la ingeniería mecánica”

Cada laboratorio tiene diferentes áreas de trabajo a las cuales da soporte. Estas áreas están claramente definidas y diferenciadas.

La siguiente figura muestra un diagrama generalizado de Áreas de trabajo:

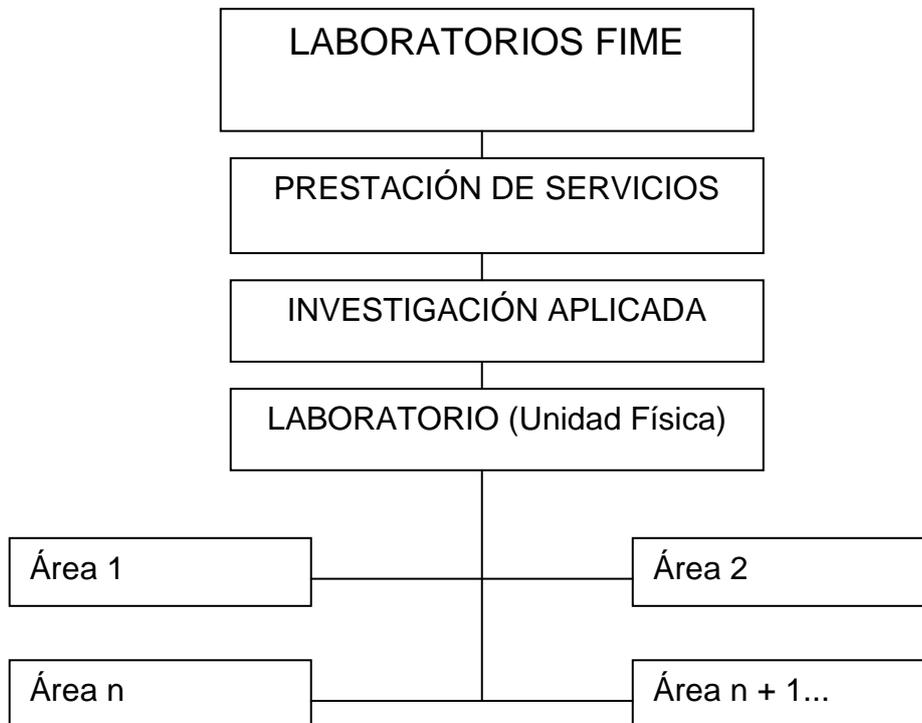


Figura 2.4 Diagrama de Áreas de trabajo.

2.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS

Del diagrama de caracterización de los laboratorios tenemos que existen tres procesos que se llevan a cabo y son:

- a) Proceso Académico
- b) Proceso de Investigación Aplicada
- c) Proceso de Prestación de Servicios externos.

De los clientes se tiene que son para el primer proceso alumnos de la FIME, para el segundo son todos aquellos interesados en la investigación, mientras que para el tercero son personas naturales o jurídicas externas a la ESPE.

Como salidas de los procesos se tiene que en el primero son Prácticas de Laboratorio, de el segundo son Proyectos o Trabajos y de el tercero son Ensayos, Informes Técnicos, y Auditorias.

Para los tres procesos tenemos que sus proveedores son aquellos que entregan:

- Equipos e instrumentos
- Materiales utilizados en los ensayos
- Repuestos y accesorios de los equipos
- Normas e información proporcionada por instituciones
- Servicios generales⁵

Para que las necesidades del cliente queden satisfechas, es necesario que los laboratorios cumplan con los siguientes requisitos:

- Disponibilidad de Laboratorio.
- Confiabilidad de los resultados.
- Tiempo de entrega razonable.
- Buena presentación de Informe Técnico⁶

⁵ PAZ, P., Plan Estratégico del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la ESPE y Complementación Documentaria de su Sistema de Aseguramiento de la Calidad. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 2000.pp. 2-25

⁶ PUJOTA, E. Documentación del Sistema de Calidad para el Laboratorio de Metrología de la ESPE. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2000 pp. 7-12

2.3 ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME

2.3.1 ANTECEDENTES

Como antecedentes de la situación actual del mantenimiento de los laboratorios de la FIME se debe precisar lo que por parte de la facultad se ha venido haciendo en pos de administrar con eficiencia este vital servicio.

La FIME se ha planteado Misión, Objetivos y funciones que deben ser cumplidos dentro de un orden orgánico⁷. Además, se ha venido desarrollando documentos y tesis de grado cuyo objeto de estudio han sido manuales de calidad, planes estratégicos, y desarrollo de documentación de sistemas de calidad, aunque no traten en forma directa al mantenimiento si lo hacen desde un punto de vista periférico.

2.3.1.1 Manual de Calidad de los Laboratorios de la FIME

En este manual se detalla el propósito, el alcance, política, objetivos, responsabilidad de la dirección del sistema de calidad de los laboratorios de la FIME. Así como también se detalla los procesos y la documentación que será necesaria llevar a cabo dentro de éste sistema.

Aunque el mantenimiento no se trata de forma explícita, este manual de calidad soporta coincidentemente y consistentemente los objetivos, misión, política y procesos de un mantenimiento moderno. Más adelante en el desarrollo de éste documento se citará a este manual como soporte para el desempeño del sistema de mantenimiento⁸.

2.3.1.2 Otros documentos

Dentro de estos se encuentran los manuales de calidad, los planes estratégicos y las documentaciones de sistemas de calidad.

El mantenimiento preventivo y / o correctivo es afrontado desde el punto de vista de ser un procedimiento técnico particular de cada laboratorio.

⁷ Pág. 1-5 cap 1

⁸ CABRERA, G., Y OTROS. Laboratorios FIME Manual de Calidad. Sangolquí. ESPE . S.E. 1999

Los procedimientos son detallados y documentados en el manual de procedimientos que en esencia responde las siguientes preguntas ¿Quién hace qué? , ¿Cómo se realiza?, ¿Cuándo se realiza la actividad?

De esta manera queda el personal del laboratorio instruido en forma detallada del como debe manejarse las actividades y acciones comprendidas dentro del laboratorio.⁹

Se encontró además que en los manuales de calidad existen los modelos de registros para anotar las actividades de mantenimiento como son: Libro de vida-identificación del equipo, Libro de vida-accesorios, Libro de vida-repuestos, Libro de vida-funcionamiento del equipo, Libro de vida-daños, calibración de equipos, Historial de calibraciones, entre otros.¹⁰

En la siguiente tabla se describe el tipo de documentación con que cuentan cada uno de los laboratorios:

Tabla 2.2 Listado de documentación de los laboratorios de la FIME

Laboratorio:	Documento:
Laboratorio de Motores	No existe
Laboratorio de Termodinámica	Documentación del Sistema de Calidad
Laboratorios de Fluidos e Hidráulica	Documentación del Sistema de Calidad
Laboratorio de Máquinas-Herramientas	Documentación del Sistema de Calidad
Laboratorio de Sistemas CAD/CAM	No existe
Laboratorio de Metalurgia	Documentación del Sistema de Calidad
Laboratorio de Metrología	Documentación del Sistema de Calidad
Laboratorio de Resistencia de	Plan Estratégico y Documentación

⁹ PUJOTA, E. Documentación del Sistema de Calidad para el Laboratorio de Metrología de la ESPE. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2000 pp 20-21

¹⁰ PUJOTA, E. Documentación del Sistema de Calidad para el Laboratorio de Metrología de la ESPE. Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2000 pp 380-390

Materiales	Complementaria
Laboratorio de Mecanismos	No existe

2.3.2 SITUACIÓN del MANTENIMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME A DICIEMBRE DE 2005

Para inicios de Diciembre de 2005 se visitó los laboratorios de la FIME para constatar el estado del mantenimiento de los mismos y lo que se observó fue lo siguiente:

Tabla 2.3 Estado de la documentación del mantenimiento de los laboratorios de la FIME a diciembre de 2005

Documentación	Normalizada		En uso			Actualizada		Completa		Tipo de documentación	
	SI	NO	Normalizada	Otra	SI	NO	SI	NO	Papel	Electrónica	
Laboratorio		X								X	
Motores				X		X					
Termodinámica	X			X		X				X	
Fluidos e Hidráulica	X			X		X				X	
Máquinas-Herramientas	X			X		X				X	
Sistemas CAD/CAM		X		X		X				X	
Metallurgia	X			X		X				X	
Metrología	X			X	X						X
Resistencia de Materiales	X			X		X				X	
Mecanismos		X		X		X				X	

Tabla 2.4 Estado de las actividades de mantenimiento preventivo a diciembre de 2005

	Grado de cumplimiento de las actividades		
Laboratorio	Bueno	Regular	Malo
Motores		X	
Termodinámica		X	

Fluidos e Hidráulica		X	
Máquinas- Herramientas		X	
Sistemas CAD/CAM		X	
Metalurgia		X	
Metrología	X		
Resistencia de Materiales		X	
Mecanismos		X	

La tabla 2.4 se hizo de acuerdo a criterios como:

- Limpieza de las máquinas
- Orden del laboratorio
- Lubricación máquinas
- Mantenimiento eléctrico
- Mantenimiento óptico (en caso de ser posible)
- Mantenimiento mecánico
- Estado de la documentación

2.3.2.1 Diagnóstico y valoración del mantenimiento de los laboratorios de la FIME

El objetivo del diagnóstico es conocer si la dimensión, calidad y recursos de el servicio de mantenimiento de los laboratorios está en consonancia con los objetivos de la FIME. Es decir, se desea conocer si el mantenimiento será capaz ahora y en el futuro de lograr que los laboratorios trabajen con seguridad de funcionamiento a un costo razonable y soportable para la FIME.

Para cumplir con este propósito existen diversos métodos. Estos métodos de diagnóstico básicamente constan de tres partes que son una primera parte que constituye recolección de datos, una segunda que es el análisis de los datos y una tercera que es la presentación de un informe que tiene como objetivo presentar los resultados del análisis realizado.

Entre los principales métodos se tiene:

- Método de los cuatro índices básicos de Mto.
- Método de la pantalla radar
- Método de análisis y síntesis de variables de Mto.

Se analizó la aplicabilidad de estos métodos para los laboratorios y se concluyó que los dos primeros métodos no son aplicables para el desarrollo del presente proyecto debido a que se necesita de datos y estadísticas que actualmente en los laboratorios no se recogen como tampoco se registran.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el tercer método –Método de análisis y síntesis de variables- debido a las circunstancias de los laboratorios y además por la flexibilidad y universalidad de éste método.

El procedimiento del método utilizado se encuentra en la bibliografía¹¹, en tanto que una muestra de las listas de chequeo se encuentran en el anexo A.

A continuación se presenta el informe resultante de la aplicación del método de análisis y síntesis de variables para la valoración de los sistemas de mantenimiento.

2.3.2.2 Informe del diagnóstico y valoración del mantenimiento en los laboratorios de la FIME.

<u>Estado Actual</u>	Valoración puntos fuertes y débiles Críticas y recomendaciones
<p><u>T-Variable técnicas</u> <u>T-a Empresa y maquinaria</u> El tamaño de Empresa de la FIME es de tamaño mediano.</p> <p><u>Tipo de maquinaria.</u></p> <p>Sencilla 0% Normal 90% Compleja 10%</p> <p>Mecánica 90% Eléctrica 5% Electrónica 5%</p>	<p>Esta comparación se hizo de acuerdo al número de alumnos con de las demás facultades de la ESPE</p> <p>Esta situación hace que se dependa en gran manera de la información y capacitación que la empresa o empresas suministradoras de equipos y maquinaria den a la ESPE y en particular a la FIME en cuestiones de operación y mantenimiento preventivo y correctivo.</p>

¹¹ Lezana, E., Curso de Diagnóstico y Valoración del Mantenimiento de una Empresa. Primera Edición. España. T.M.I.S.I. 2000. pp.155

<p>Nacional 0% Importación 100%</p> <p>La ESPE adquiere equipos nuevos de primera mano</p> <p><u>Instalaciones Auxiliares</u></p> <p>1 Compresor 1 Sistema de Ventilación 1 Caldera</p> <p>Los equipos tienen alta fiabilidad con alta manteneabilidad.</p> <p><u>Edad de la maquinaria e instalaciones</u></p> <p>Más de 15 años 95% Menos de 15 años 5 %</p> <p><u>Grado de ensuciamiento de los laboratorios</u></p> <p>Bajo y por zonas</p> <p><u>Tribología</u></p> <table border="0"> <tr><td>Corrosión</td><td>Poco</td></tr> <tr><td>Abrasión</td><td>Poco</td></tr> <tr><td>Temperatura</td><td>Poco</td></tr> <tr><td>Polvo</td><td>Poco</td></tr> <tr><td>Cavitación</td><td>Poco</td></tr> <tr><td>Fatiga</td><td>Poco</td></tr> <tr><td>Vibración</td><td>Poco</td></tr> <tr><td>Humedad</td><td>Poco</td></tr> </table> <p><u>Equipo eléctrico</u></p> <table border="0"> <tr><td>Motores de C. A.</td><td>100 aprox.</td></tr> <tr><td>Motores de C. C.</td><td>15 aprox.</td></tr> <tr><td>Equipos de regulación</td><td>40 aprox.</td></tr> </table> <p><u>T-b Métodos y medios técnicos de mto.</u></p> <p><u>Documentación técnica de la maquinaria</u></p>	Corrosión	Poco	Abrasión	Poco	Temperatura	Poco	Polvo	Poco	Cavitación	Poco	Fatiga	Poco	Vibración	Poco	Humedad	Poco	Motores de C. A.	100 aprox.	Motores de C. C.	15 aprox.	Equipos de regulación	40 aprox.	<p>Se necesita delimitar quién o quienes realizarán el mantenimiento de los sistemas auxiliares en especial el caso del sistema de ventilación del laboratorio de motores y el mantenimiento del compresor del sistema de aire comprimido del laboratorio de fluidos e hidráulica.</p> <p>Estas condiciones han sido favorables para la preservación de los equipos y maquinaria.</p> <p>Se nota una mayor corrosión en los equipos que utilizan agua como parte de las prácticas de laboratorio, tales como bombas o intercambiadores de calor , debido a la dureza del agua que se utiliza.</p> <p>Debido a esta gran cantidad de motores eléctricos es necesario contar con un técnico en el ramo, o a su vez capacitar a los encargados del mantenimiento preventivo.</p> <p>Es necesario crear la documentación faltante.</p>
Corrosión	Poco																						
Abrasión	Poco																						
Temperatura	Poco																						
Polvo	Poco																						
Cavitación	Poco																						
Fatiga	Poco																						
Vibración	Poco																						
Humedad	Poco																						
Motores de C. A.	100 aprox.																						
Motores de C. C.	15 aprox.																						
Equipos de regulación	40 aprox.																						

Buena	50%	
Mediocre	20%	
Deficiente	20%	
No hay	10%	
<p>Todos los equipos cuentan con manuales de operación. Aproximadamente la mitad de los equipos cuentan con diagrama de circuitos.</p>		
<p><u>Métodos y medios de diagnóstico</u></p>		
Del estado de los componentes de la máquina	Regular	Será necesario hacer un estudio posterior (no en este proyecto) para determinar si es o no preciso adquirir medios de diagnóstico para determinar las fallas en los equipos, ya que no se registra un número elevado de fallas.
De las averías	Regular	
Del funcionamiento de las máquinas	Regular	
Del consumo de energía	malo	
<p><u>Métodos y medios de reparación</u></p>		Sería conveniente que se mejoren la disponibilidad de herramientas para el mantenimiento de los laboratorios
Herramientas	Regular	
Utiles	Regular	
Extractores	Malo	
Máquinas H.	Malo	
<p><u>Calidad de las reparaciones</u></p>		
Propias	Regular	
Externas	Bueno	
<p><u>Rapidez de las reparaciones</u></p>		
Regular		
<p><u>Lubricantes y grasas</u></p>		
<p>No se utiliza lubricantes normalizados No se sabe cuantas marcas se utiliza Se utiliza alrededor de 10 tipos Se utiliza aceites especiales, estos son: grasa de vacío (refrigeración), aceite soluble.</p>		
<p><u>Medios humanos de lubricación:</u></p>		
Semanales		
Dependiendo del laboratorio se lleva el		

<p>control de horas de marcha de la máquina, lubricantes.</p> <p><u>T-c Gestión producción-mantenimiento-nuevos trabajos.</u></p> <p>El tipo de proceso en la FIME es de servicios. Se labora 5 días a la semana de Lunes a Viernes. La mayoría del equipo se utiliza 40 días por año. 75%</p> <p>No existen máquinas cuya parada afecte o bloquee al servicio en un 20% o más en cualquiera de los laboratorios.</p> <p><u>Distribución porcentual de las averías</u> Falta de competencia y capacidad del usuario 20% Degradaciones naturales 80%</p> <p><u>Variables organizativas del mto.</u></p> <p>No existe una información clara entre mantenimiento y calidad.</p> <p><u>Organización interna del mantenimiento.</u></p> <p><u>Nivel actual de Mto. preventivo</u></p> <p>Maquinaria mantenida preventiva sobre el total 100%</p> <p>Operarios dedicados al Mto. preventivo % sobre el total Del 10 al 50%</p> <p>En la actual estructura de Mto. el nivel de ocupación del personal se considera:</p>	<p>Los equipos no tiene una carga excesiva de trabajo lo cual es un punto fuerte dentro de la preservación de los mismos. Sin dejar de mirar el funcionamiento mínimo que deben tener para mantenerlos operativos. Otro punto fuerte en el mantenimiento de los laboratorios es que no existan equipos totalmente imprescindibles, con lo que es posible que el servicio se siga dando a pesar de que uno o más estén en mantenimiento temporal.</p> <p>Esto presenta debido a la edad de los equipos. Es necesario poner mayor atención a las causas de degradación natural que a otras.</p> <p>Este punto es la base del mantenimiento preventivo.</p> <p>Este dato se lo obtuvo de acuerdo al porcentaje del total de horas de trabajo de cada uno de los laboratoristas.</p>
---	--

<p>Normal</p> <p><u>Preparación de trabajos de Mto.</u></p> <p>Tiempos asignados Si Estandarización Si</p> <p><u>Planificación y programación de:</u></p> <p>Mantenimiento preventivo Engrases y limpieza Reparaciones</p> <p>No se cuenta con ordenes de trabajo para el mantenimiento correctivo. Existe personal administrativo en Mto. Si Dedicación total Si Los responsables técnicos de Mto. se dedica parcialmente al Mto.</p> <p>Los operarios de Mto. utilizan herramientas y equipo: <u>convencionales</u></p> <p>La disposición de la maquinaria o equipos exige a los operarios pequeños desplazamientos, pocas idas y venidas, no se necesita subidas y bajadas ni esperas forzosas.</p> <p>La dispersión de los centros de operación es baja</p> <p>Indiquemos ud., el porcentaje de trabajos unitarios de Mto. en el que intervienen a la vez. el siguiente número de operarios:</p> <table data-bbox="177 1579 758 1691"> <tr> <td>No. Operarios</td> <td>% casos</td> </tr> <tr> <td>90%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10%</td> <td></td> </tr> </table> <p><u>O-c.1 Facilidades y obstáculos a las tareas de mto.</u></p> <p>Facilidad para detener la máquina con objeto de hacer mto. Total</p> <p>No se utiliza la informática en: Planificación, preparación de trabajos</p>	No. Operarios	% casos	90%		10%		<p>Es conveniente que se emitan ordenes de trabajo por la utilidad que éstos tienen.</p> <p>No se necesita herramientas especiales lo cual hace que la mantenibilidad de los equipos sea alta</p> <p>La mayoría de las tareas pueden ser realizadas por los laboratoristas, es un punto fuerte.</p> <p>Punto fuerte para el mantenimiento preventivo y correctivo</p> <p>Oportunidad de mejora. Un sistema centralizado informático sería de gran ayuda.</p> <p>Este punto incentiva a que los equipos sigan dando el servicio que hasta</p>
No. Operarios	% casos						
90%							
10%							

<p>de mto., costos, gestión de stoks, fichas historicas, etc..</p> <p>El mercado habitual de la ESPE es normal y creciente.</p> <p>La esperas forzosas del servicio se debe a falta de fungibles.</p> <p><u>Codificación de la maquinaria e instalaciones</u></p> <table border="0"> <tr> <td>Alfanumérica</td> <td>100%</td> </tr> </table> <p>La organización del control de calidad si influye en programas de mantenimiento y acciones de mantenimiento, como también en ejecución del mto.</p>	Alfanumérica	100%	<p>ahora lo están dando.</p> <p>Punto fuerte, se establece una propiedad bi univoca entre código y bien.</p> <p>Esos datos son por laboratorio. Se ve que existe un número bajo de averías.</p>														
Alfanumérica	100%																
<p><u>O-d Estadística de datos de mantenimiento</u></p> <p>Estadística de averías al año</p> <table border="0"> <tr> <td>Mecánicas</td> <td>< 5</td> </tr> <tr> <td>Eléctricas</td> <td>< 5</td> </tr> <tr> <td>Neumáticas</td> <td>< 5</td> </tr> <tr> <td>Óleo hidráulicas</td> <td>< 5</td> </tr> </table> <p><u>O-e Gestión calidad-mantenimiento</u></p> <p>Se cumple parcialmente con los programas de calidad y documentación de calidad que la FIME a llevado a cabo.</p> <p><u>Tareas de mto.</u> Se realizan <u>bien</u> las siguientes tareas o buen mantenimiento'</p> <table border="0"> <tr> <td>Documentación técnica</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Formación del personal</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Mto preventivo</td> <td>Si</td> </tr> <tr> <td>Gestión de repuestos</td> <td>No</td> </tr> </table>	Mecánicas	< 5	Eléctricas	< 5	Neumáticas	< 5	Óleo hidráulicas	< 5	Documentación técnica	No	Formación del personal	No	Mto preventivo	Si	Gestión de repuestos	No	<p>Es necesario que se lleve con mayor compromiso la documentación de las actividades de mantenimiento.</p> <p>Es necesario determinar un cronograma de capacitación en cuanto a mantenimiento se refiere.</p>
Mecánicas	< 5																
Eléctricas	< 5																
Neumáticas	< 5																
Óleo hidráulicas	< 5																
Documentación técnica	No																
Formación del personal	No																
Mto preventivo	Si																
Gestión de repuestos	No																

<p><u>Variables humanas del mantenimiento</u></p> <p><u>Categorización de la mano de obra de mantenimiento</u></p> <p>Existen 1 jefe de laboratorio y 1 laboratorista por laboratorio.</p> <p><u>Especialidades del personal de mantenimiento</u></p> <p>Mecánica Soldadura Mantenimiento óptico</p>	<p>Este punto puede causar dificultades debido a que no se cuenta con especialistas en el mantenimiento de equipo eléctrico</p> <p>Hay que mejorar en el control de las operaciones.</p>
<p><u>H-b Relación producción-mantenimiento relaciones humanas</u></p> <p>Conoce las operaciones Regular Ejecuta las operaciones Regular Se controla las operaciones Malo</p> <p><u>Edad y formación del equipo</u></p> <p>Entre 40 y 65 años 9 Ingenieros comerciales, mecánicos y otros.</p> <p><u>Polivalencia del personal de Mto.</u></p> <p>No existe polivalencia del personal de mto.</p> <p><u>Movilidad del personal de Mto.</u></p> <p>No existe movilidad del personal de Mto.</p> <p>Existe mantenimiento contratado para realizar varios trabajos de buena calidad y buena condición humana.</p> <p><u>Distribución del Mto. contratado</u></p>	<p>Punto débil, es necesario que el personal de mantenimiento conozca lo básico de electricidad a demás de su rama de especialización.</p> <p>Este punto tiene la ventaja de que se puede llegar a conocer a detalle los equipos que a su cargo tiene el laboratorista.</p> <p>Punto fuerte debido a que no existen condiciones peligrosas para realizar las tareas de Mto.</p>

<p>Maquinaria productiva 100%</p>	
<p><u>H-d Mantenimiento y seguridad</u></p>	
<p><u>Grado de seguridad del personal en las instalaciones.</u></p>	<p>Es necesario llevar estadísticas de consumo energético.</p>
<p>% Críticas % Peligrosas % Normales 10% % Sin peligro 90%</p>	
<p><u>G-Variables Energético-Ambientales</u></p>	
<p><u>G-a Energía eléctrica</u></p>	
<p>Potencia eléctrica contratada</p>	
<p>Se desconoce</p>	
<p>Potencia eléctrica instalada</p>	
<p>Se desconoce</p>	
<p>Coefficiente de simultaneidad</p>	
<p>Se desconoce</p>	
<p>Tensión primaria 120V</p>	
<p>Tensión secundaria 240V</p>	
<p>Facturación media mensual</p>	
<p>Se desconoce</p>	
<p>Valor medio del $\cos \Phi$</p>	
<p>Se desconoce</p>	
<p><u>La energía eléctrica se gasta en:</u></p>	
<p>Fuerza motriz</p>	
<p>Calentamiento de hornos</p>	
<p>Alumbrados</p>	
<p>No se persiguen las averías energéticas eléctricas.</p>	<p>Es necesario llevar estadísticas de consumo de combustibles.</p>
<p>En las máquinas típicamente eléctricas: motores, trafos, resistencias, etc., ¿ Se incluye en el programa de Mto. Preventivo medida de pérdidas energéticas eléctricas? No</p>	<p>El mto. preventivo ha mantenido en buenas condiciones a estos equipos.</p>
<p><u>G-b Energía de combustibles y otros</u></p>	
<p>Los laboratorios de la FIME se consume Gasolina y diesel.</p>	

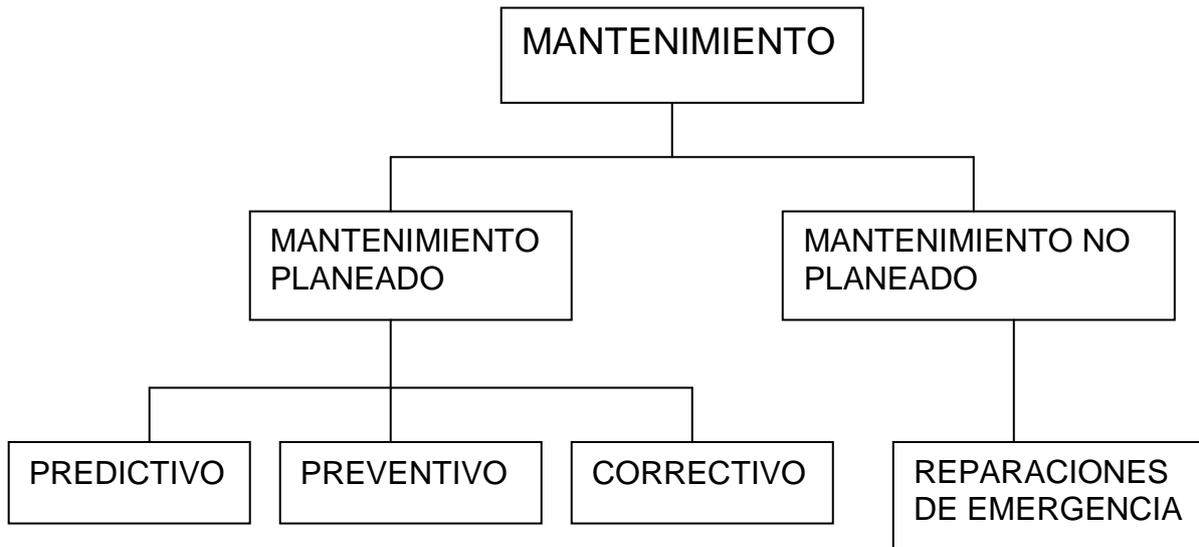
<p>Se tiene un plan anual de mantenimiento de calderas y hornos</p> <p>Los equipos que consumen combustibles son: Motores de combustión interna de gasolina y diesel (de dos y cuatro tiempos) Un caldero, una turbina a gas. Un horno de fundición</p> <p>Se cuenta además con un sistema de aire comprimido.</p> <p>En el mantenimiento preventivo no se incluye normas de localización de pérdidas de energía.</p> <p>Se hace mantenimiento sobre elementos de filtros y purgadores de los equipos que los poseen.</p> <p><u>G-c Mantenimiento Ambiental</u></p> <p>No existe plantas anticontaminantes en los laboratorios</p> <p>Existen equipos que por su naturaleza producen ruido como motores. En la operación de los mismos se utiliza protectores auditivos.</p> <p>No existe un comité de medio ambiente No se tiene en cuenta el aspecto ambiental.</p>	<p>Será necesario un estudio posterior de el impacto ambiental que tienen los residuos sólidos y líquidos que se desprenden del ejercicio de las actividades de los laboratorios, ya que algunos como los residuos líquidos se los descarga directamente a la alcantarilla.</p>
--	---

2.4 ESTUDIO TECNICO ECONÓMICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE LOS LABORATORIOS DE LA FIME

2.4.1 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

Los sistemas de mantenimiento técnico están conformados por los procesos de mantenimiento planeado.

Figura 2.5 Sistemas de mantenimiento



De la figura 2.5 tenemos que el servicio de mantenimiento es la suma de el mantenimiento planeado (sistema de mantenimiento) más el mantenimiento no planeado.

El mantenimiento planeado esta compuesto de tres tipos de mantenimiento como son el predictivo, el preventivo y el correctivo.

El mantenimiento predictivo es un servicio de mantenimiento que procura preservar y mantener un bien o servicio de acuerdo límites establecidos de calidad. Estos límites pueden ser medidos (señales y diagnóstico) en el producto, servicio o en la máquina que da el servicio o que produce el producto.

Para establecer este tipo de mantenimiento es necesario que los productos, servicios y procesos estén cuantificados, además de contar con equipo que pueda cuantificar y establecer relaciones entre las medidas de los procesos y el resultado posterior de los productos o servicios.

El mantenimiento planeado correctivo es un mantenimiento “ a fondo “ en el cual se reestablecen a las condiciones operativas de una máquina a través de restitución de partes y operaciones especiales. Generalmente este tipo de mantenimiento no se lo da dentro de la organización donde la máquina

funciona sino que se da en talleres especializados o en talleres pertenecientes a la empresa que vendió la maquinaria.

El mantenimiento preventivo es un mantenimiento planeado que incorpora instrucciones de inspección y reemplazos tendientes a eliminar la ocurrencia de fallas.

2.4.2 NIVELES DE MANTENIMIENTO

Atendiendo al criterio de el lugar y complejidad del mantenimiento se tiene que:

Tabla 2.5 Niveles de Mantenimiento

Coordenadas / niveles	Quien	Que	Donde	Sobre que
Mantenimiento organizacional	Personal que opera el equipo Mecánicos de la organización	-Inspección visual -chequeo operacional -Ajustes externos -Remoción y reemplazo de algunos componentes	-El sitio operacional -Donde el equipo este localizado	Sobre el equipo que la organización utiliza
Mantenimiento intermedio	Personal asignado a unidades móviles o semimóviles Personal asignado a unidades semimóviles o fijas	-inspecciones detalladas y chequeo de sistemas -servicios mayores -Reparación de equipos mayores y modificaciones -Ajustes complicados -Calibración limitada -Sobrecarga desde el nivel organizacional de mantenimiento	-Unidades móviles y semimóviles -Camiones, vaus, shelter portables o equivalentes -Talleres fijos de campo -Talleres fijos	Sobre el equipo vendido para el uso de la organización
Mantenimiento de depósito	Personal de servicio de depósito Personal de producción del fabricante (Altas habilidades de mantenimiento)	-Ajustes complicados de fábrica -Reparaciones de equipos complejas y modificaciones -Overhauls y refabricaciones -Calibración detallada -Apoyo de abastecimiento -Sobrecarga desde el nivel organizacional de mantenimiento	-Depósito -Actividades de reparación especializadas en la planta del fabricante	Sobre el equipo vendido para el uso de la organización

Desde el punto de vista del nivel de conocimiento del mantenimiento se tiene:

- Preservación periódica(cada cierto tiempo) 1ro y 2do Nivel
- Preservación progresiva (reparación más a fondo determinada por el uso) 3ro y 4to Nivel
- Preservación total (overhauls) 5to Nivel.

Desde el 3er nivel en adelante es necesario hacer un estudio económico para determinar si se hace o no el mantenimiento o preservación.¹²

Concluyendo el sistema de mantenimiento que se puede implantar en los laboratorios de la FIME es el sistema de mantenimiento preventivo dentro de un mantenimiento planeado de nivel organizacional.

¹² DÍAZ, J. S. T. S. E. S. L. Apuntes del curso de Mantenimiento Industrial Dictados en la FIME. 2003

CAPITULO 3

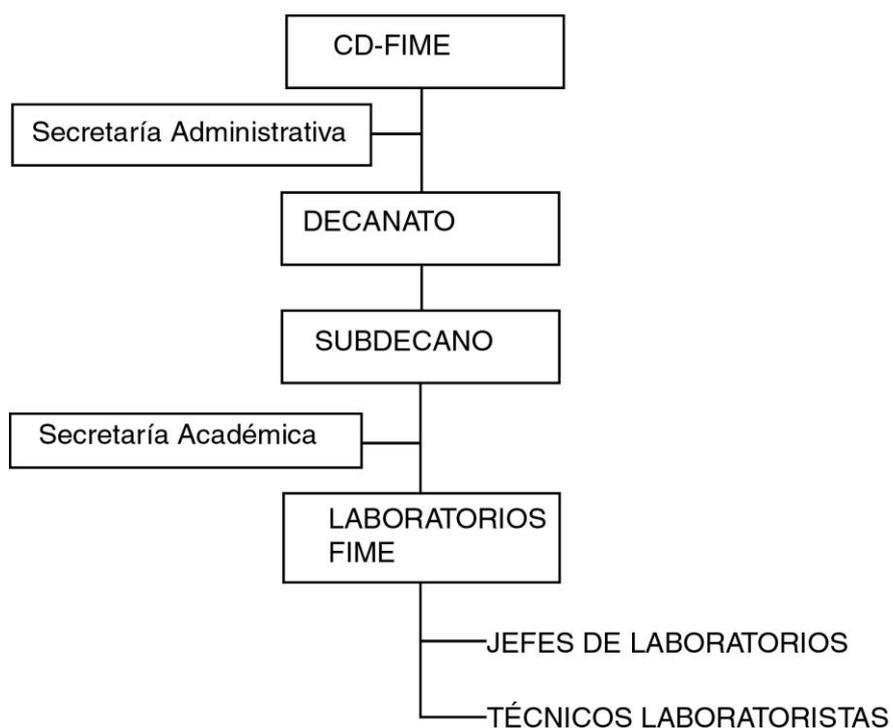
PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.1 ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO EN LOS LABORATORIOS DE LA FIME

La estructura administrativa de la FIME no será cuestionada como tampoco evaluada. Para el presente proyecto se utilizará ésta estructura como soporte para el sistema de mantenimiento preventivo de sus laboratorios.

El siguiente organigrama (Figura 3.1) explica la interrelación entre el personal de la FIME y los laboratorios.

Figura 3.1 Organigrama Estructural



El mantenimiento es considerado un proceso dentro de el Sistema de Calidad de los Laboratorios FIME, y como tal está sujeto al marco administrativo-orgánico del sistema de calidad.¹³

Teniendo así que la administración del sistema de mantenimiento deberá sujetarse a la estructura del sistema de calidad.

3.1.1 RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

3.1.1.1 Los Laboratorios

Poseen un personal administrativo con autoridad y los recursos necesarios para el ejercicio de sus funciones

Especifican y documentan la responsabilidad, la autoridad y la interrelación de todo el personal que dirige, ejecuta o verifica el trabajo relacionado con la calidad de los servicios

3.1.1.2 Los Jefes de Laboratorio

Los Jefes de Laboratorio son responsables de:

Fomentar la capacitación y entrenamiento adecuados, de todo el personal que labora en los laboratorios

Planificar la actualización del conocimiento práctico del personal

3.1.1.3 Los Técnicos Laboratoristas

Los Técnicos Laboratoristas son responsables de:

La totalidad de las operaciones técnicas

Verificar el correcto funcionamiento de los implementos del laboratorio

3.1.2 RECURSOS

Los Jefes de Laboratorio identifican las necesidades de recursos y canalizan su suministro así como la designación del personal que sea necesario para realizar un trabajo.

¹³ CABRERA, G., Y OTROS. Laboratorios FIME Manual de Calidad. Sangolquí. ESPE . S.E. 1999 pp.36

3.1.3 NIVEL DE DOCUMENTACIÓN

Para el Sistema de Mantenimiento se necesitan documentación con los siguientes niveles:

Nivel 3 Instrucciones de mantenimiento

Nivel 4 Registros de mantenimiento, que son documentos que certifican que ocurrió el evento del mantenimiento.

3.1.4 CONTROL DE LOS DOCUMENTOS, ADQUISICIONES Y PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

El control de documentos, las adquisiciones y procedimientos de control se lo hará de acuerdo al Manual de Calidad de Laboratorios FIME

3.2 MONITOREO DE EQUIPOS

El monitoreo o inspección de equipos es un requerimiento del mantenimiento cuando el objetivo básico es asegurar que existe una condición de requisito o calidad.¹⁴

Lo que se busca es comparar las condiciones de un equipo con las de estándares establecidos, y así determinar el estado técnico del equipo y fijar los tipos de reparación con fechas de trabajo, cantidad de repuestos y mano de obra.

Existen dos tipos de inspección que son la predictiva y la preventiva

- Inspección predictiva constituye el monitoreo de valores, utilizando instrumentos y sensores de medida sin producir paros en la maquinaria.
- Inspección preventiva es convencional y determina los estándares mediante los cuales un equipo está dentro de operación. Es una operación normal en el mantenimiento preventivo.

En los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la ESPE tenemos los siguientes tipos de equipo:

- **Equipos de laboratorio.**- son los equipos que se los utiliza para las prácticas de laboratorio y prestación de servicios

¹⁴ DÍAZ, J. S. T. S. E. S. L. Apuntes del curso de Mantenimiento Industrial Dictados en la FIME. 2003

- **Equipos de servicios.**- son equipos como: calderas, generadores eléctricos, suministros y sistemas de vapor, tuberías de aire comprimido, compresores.
- **Edificios de planta.**- en este caso son los edificios de los laboratorios
- **Equipos de protección contra incendio.**-

Los equipos de laboratorio y los equipos de servicio serán sobre los cuales se desarrollará inspecciones regulares preventivas.

Los edificios y los otros equipos cuentan con un cronograma de mantenimiento establecido por la ESPE y la FIME.

El criterio para elaborar una lista de equipos y componentes a inspeccionar se basa en tres requerimientos:

- Primero se pregunta si es un artículo crítico. Acordando que un artículo crítico es aquel en el que el fallo producirá daño al operador y/o pérdidas costosas.
- Segundo, se pregunta si hay un equipo de repuesto disponible en caso de que suceda una falla.
- Tercero, se pregunta si la vida normal de un equipo sin mantenimiento preventivo sobrepasa las necesidades de producción, es decir si se produce primero la obsolescencia al deterioro, las inspecciones pueden ser un desperdicio de dinero.¹⁵

En los laboratorios de la FIME, no existen artículos o equipos que cuando se dañan o se averían bloqueen totalmente el servicio, o cuya parada reduzca la producción o servicio en más de un 50%. La discreción con la cual se seleccionó los equipos es si el equipo se usa o no en prácticas de laboratorio.

Existen además equipos que se usan y que al registrarse daños o averías pueden causar daño al operador o a las instalaciones como por ejemplo calderas, sierras, etc., a estos equipos se prestó mayor atención.

Las frecuencias de las inspecciones se consultó a los laboratoristas debido a que los parámetros para determinar en teoría las frecuencias no se aplican al

¹⁵ ANDRADE, J. , Diseño del Sistema de Mantenimiento Preventivo en la Empresa CARNASA (Panificación y Programación). Tesis Ing. Mec. Sangolquí. ESPE. Facultad de Ingeniería Mecánica 1995 pp. 16-33

régimen de trabajo de los laboratorios. Asimismo, los manuales de los equipos no entregan en su mayoría datos sobre el mantenimiento ni preventivo como tampoco correctivo.

3.2.1 ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN

Las principales actividades de inspección son:

- Chequear elementos eléctricos como contactos, cables, fusibles, tomas
- Verificar el estado de elementos menos confiables
- Verificar el nivel operativo de aceite
- Chequear uniones de partes estáticas y rotativas
- Prevención de averías y fugas
- Chequear apriete de elementos
- Verificar estado de elementos de seguridad

El objetivo de chequear los elementos eléctricos es detectar que no existan elementos en mala condiciones como pueden ser elementos desgastados por electricidad, tampoco debe existir cables quemados y pelados, uniones sueltas, etc..

La verificación del estado de elementos menos confiables obedece a que estos elementos regularmente pueden sufrir descalibraciones, desajustes, desgastes, desalinamientos.

Dentro de la inspección de piezas mecánicas existen dos actividades principales a las cuales hay que tener en cuenta y estas son el desgaste y el estado físico de las piezas.

3.2.1.1 Desgaste

El desgaste es una de las formas de “falla” de las piezas o sistemas. La falla por desgaste por lo general es un proceso gradual y a veces reparable. Cualquier sistema que no falle por uno o por otro modo de falla, inevitablemente se desgastará si se mantiene en servicio mucho tiempo.

El desgaste es un término general que cubre muchas formas de fallas, todas ellas mostrando cambios en la superficie de la pieza. La mayoría de expertos describen cinco categorías generales de desgaste: por adhesión, por abrasión, por erosión, por corrosión y por fatiga superficial.

La falla por desgaste implica una pérdida de material en la superficie de las piezas sólidas en el sistema.

Solo es necesaria la pérdida de un pequeño volumen de material para hacer que todo el sistema no funcione.

Desgaste por adhesión.- cuando superficies limpias se oprimen bajo carga una contra la otra, algunas de las asperezas en contacto tienen tendencia a adherirse recíprocamente por causa de atracción entre átomos superficiales en ambos materiales. Cuando se introducen deslizamiento entre dos superficies, estas adherencias se rompen, causando destrucción superficial o daño.

Desgaste por abrasión.- la abrasión entre dos cuerpos se refiere a un material áspero y duro que se desliza sobre uno más blando. La superficie dura se introduce y elimina material del más blando.

Desgaste por corrosión.-Ocurre en entornos normales en casi todos los metales. La forma más común de corrosión es la oxidación. El desgaste por corrosión agrega al entorno químicamente corrosivo un quebrantamiento mecánico de la capa superficial por contacto de deslizamiento o de rodamiento entre cuerpos.

Desgaste por erosión.- es un desgaste mecánico producido como resultado de la acción de un chorro de líquido o gas sobre una superficie.

Fatiga superficial.- ocurre en el contacto de rodamiento puro o de rodamiento y deslizamiento, pero no en situaciones de puro deslizamiento. Los muy elevados esfuerzos de contacto debidos a las pequeñas áreas de contacto actúan para causar fallas por fatiga de los materiales después de miles de ciclos de esfuerzos repetidos. El picado es la pérdida de pequeños trozos de material de superficie, dejando carcomido detrás. Estos huecos crecerán a áreas más extensas de material superficial escamado, que entonces se conoce como descascarado. Por lo general cuando se inicia el proceso de picado se tiene una advertencia audible. De no atenderse, continuará hasta hacer daños importantes a la pieza.¹⁶

¹⁶ NORTON, R., Machine Design. An integrated approach. First Edition U.S.A. Prentice Hall.1998.pp. 471-526

3.2.1.2 Inspección del estado físico de las piezas

Los juegos y las holguras son criterios para definir la vida útil o la oportunidad de mantenimiento de piezas mecánicas como son los ejes, chumaceras, bloque de cilindros en los motores, bujías, levas, etc..

El laboratorista debe puntualizar en su laboratorio de ser necesario cuál será el equipo que esté bajo estas condiciones de criterio. Definiendo a demás cuales son los métodos y medios de control.

Se lista a continuación los procesos más comunes a manera de un instructivo:

- **Grietas en las carcasas:** inspección visual, chequeo de geometría (lupa, escuadra)
- **Desgaste de asientos en rodamientos y bujes en las carcasas:** medición del diámetro, cambio de la forma del taladro (reloj palpador, micrómetro para interiores)
- **Centro de perforaciones en una carcaza no coinciden:** chequeo de ubicación de centros
- **Superficies onduladas:** medición de holguras utilizando placa o mármol para trazar (mármol, calibres de espesores, galgas, reglas de canto agudo)
- **Desgaste o rotura de roscas internas:** inspección visual y medición (calibres para roscas)
- **Desgaste de asientos de rodamientos y ejes:** inspección visual , medición del diámetro en varios planos y puntos de circunferencia (micrómetro, reloj palpador)
- **Desgaste del espesor de chavetas múltiples:** chequeo de geometría (chaveta-calibre, galgas). Desgaste no más de (0.05 a 0.08) * ancho de la chaveta.
- **Desgaste de chivetero(ranura del árbol) :** medición del ancho del chivetero (chaveta-calibre, galgas)
- **Flexión y torsión:** Chequeo del juego durante el giro (comprador de reloj, reglas de canto agudo)
- **Grietas y ejes de árboles:** inspección visual, chequeo de defectos interiores (lupa)

- **Desgaste o rotura de roscas en ejes:** inspección visual.
- **Juegos radiales y axiales aumentados de los rodamientos:** medición de juegos (conjunto de dispositivos para control de rodamientos).
- **Averías de rodamientos:** como rotura y deformación de la jaula, descascarillado en forma de escamas en el camino de rodadura de los aros, huellas en los caminos de rodadura y elementos rodantes, pulido de gran brillo en el camino de rodadura, microgrietas en la superficie, elemento rodante acuñado, corrosión, falta de redondez, cráteres de quemadura o zonas estriadas: inspección visual (lupa)

A continuación se presentan algunos ejemplos de los criterios para rechazar piezas estándares:

- **Pernos:** arranque de más de dos hilos de rosca en parte del trabajo
- **Ejes y árboles:** deformaciones residuales de torsión, grietas, roturas
- **Chavetas múltiples:** roturas y partidas de pedazos de metal
- **Piñones y ruedas dentadas:** dientes rotos, grietas, desgaste presentes en el mayor número de dientes, destrucción de la capa cementada en más de 5% de la superficie de contacto del diente, desgaste de la capa cementada en más de 80% de su espesor, desgaste de los dientes de 8 a 15% de su espesor (el menor porcentaje es para altas velocidades y cargas)
- **Resortes:** rotura, grietas y pérdida de elasticidad en más de 10% de lo nominal.
- **Rodamientos:** rotura y deformación de la jaula, descascarillado en el camino de rodadura, huellas en las rodaduras y elementos rodantes, pulido en el camino de rodadura, microgrietas en superficie, elemento rodante acuñado, corrosión, falta de los elementos rodantes, juegos radiales fuera del límite, existencia de colores de revenido.
- **Cuerpos o carcazas:** perforaciones o curvaturas, roturas que afecten la resistencia.
- **Asientos, lengüetas, obturadores de válvulas, manguitos:** rayas, cavidades profundas, deformaciones, corrosión que no puede ser corregida con pulido.

3.3 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La programación del mantenimiento preventivo es un sistema de trabajo planeado que incorpora instrucciones de inspección y reemplazos tendientes a eliminar la ocurrencia de fallas.

Mientras que el mantenimiento planeado provee el servicio normal que el equipo requiere, el mantenimiento preventivo se esfuerza por descubrir desarrollo de fallas a partes falladas y así lograr una operación libre de problemas.

Los siguientes puntos necesitan ser enfatizados.

1. El mantenimiento preventivo se basa en trabajos y frecuencias probadas
2. La efectividad del sistema puede solamente ser tan bueno como el personal que lo pone en funcionamiento
3. Debería ser aplicado selectivamente
4. Solamente si todos los paros posibles están encaminados a asegurar una operación libre de problemas.

Resumiendo la programación del mantenimiento preventivo consta de la programación de :

- Inspección
- Servicio Normal
- Reparación a intervalos regulares
- Reemplazos de partes

Servicio normal .-es un conjunto de operaciones para mantener el estado operacional del equipo durante el uso, almacenamiento y transporte. El servicio se compone de una serie de actividades preventivas programadas y pueden ser del turno, diarios, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales y anuales. Los trabajos típicos de servicio son:

- Limpieza del área
- Lubricación
- Adición de lubricantes
- Limpieza periódica de equipos
- Calibración de dispositivos

- Cambio de piezas con vida útil limitada como filtros
- Ajustes de uniones roscadas
- Prueba de funcionamiento de dispositivos
- Control de fugas
- Medidas de conservación
- Otras medidas

Reparación a intervalos regulares.- se refiere a las acciones que se llevan a cabo al término de un intervalo prefijado, para restaurar el estado deseado. Llamados también overhauls.

Reemplazo de partes.- consiste en reemplazar partes de equipo o piezas que sufren desgaste límite o su vida útil termina después de cierto intervalo de tiempo u horas de operación.

3.3.1 SERVICIO DE EQUIPOS

Como requerimiento de la programación del mantenimiento y ya que la mayoría de equipos de laboratorios de la FIME no cuenta con un manual de servicio es necesario exponer cual es el servicio que se da a diferentes equipos que son parte de la mayoría de equipos de laboratorio.

3.3.1.1 Motores eléctricos

En los motores eléctricos se requiere:

- Inspeccionar la instalación y ajuste de sus partes mecánicas, ya que la mayor parte de averías sucede por un mal funcionamiento mecánico, y casi siempre ocurren en los cojinetes y sus alojamientos, el eje y las tapas o escudos laterales
- Inspeccionar los cojinetes y sus alojamientos a fin de determinar si hay excesiva suciedad o contaminantes, abolladuras, desgaste de cualquier clase excesivo en los cojinetes
- Lubricar los rodamientos con grasa adecuada en periodo adecuado
- Verificar el estado del aislamiento del rotor
- Limpiar el rotor.¹⁷

¹⁷ LAWRIE, R., Biblioteca Práctica de Motores Eléctricos. Traducido por Luis González. Primera edición española. España. Centrun. 1990 pp. 329-346

3.3.1.2 Calderos

- Inspeccionar si la caldera y sus controles están operables (válvulas de seguridad, válvulas de control de nivel de agua, control de apagado en bajo nivel de agua)
- Inspeccionar el sistema de alimentación de agua.
- Inspeccionar el correcto funcionamiento del dispositivo de apagado cuando se presenta una alarma de bajo nivel de agua.
- Inspeccionar el electrodo de encendido que este correctamente aislado del cuerpo refractario del caldero y de la columna de agua.
- Inspeccionar que las conexiones eléctricas no estén rotas, o peladas.
- Reducir la sedimentación, lodo e impurezas en la columna de agua para que no se produzca encendidos falsos en niveles de agua que debido a la sedimentación resultan más bajos.
- Mantener limpio lo más que se pueda el caldero.
- Entrenar al personal en caso de emergencias
- Limpiar, lubricar, inspeccionar y probar las válvulas de seguridad
- Limpiar y rebobinar si fuera necesario los controles de apagado cuando se tiene bajo nivel de agua.
- Limpiar, inspeccionar y probar los controles de fallo (límites de variables como agua, presión, combustible.)
- Limpiar, inspeccionar y probar los dispositivos de prueba de llama
- Limpiar, probar motores eléctricos.
- Inspeccionar y reparar el refractario, ladrillos refractarios y su aislamiento. Verificar que no exista humedad en el refractario si se lo ha reparado.
- Inspeccionar internamente y remover lodo y sedimentos
- Revisar el correcto funcionamiento del caldero luego que se haya dado mantenimiento.
- Establecer buenas prácticas de operación. (Por ejemplo : inspeccionar empaques y juntas, revisar que no existan fugas de agua, combustible,

vapor, chequear el nivel de agua, combustible, chequear correcto funcionamiento de sopladores, ventiladores, etc.)¹⁸

3.3.1.3 Bombas

Inspección semestral:

- Inspeccionar los elementos rotativos.
- Limpiar y aceitar los pernos de los bocines
- Inspeccionar los empaques para determinar si deben ser cambiados
- Inspeccionar el alineamiento del motor y la bomba, corregir si fuera necesario
- Limpiar y lubricar rodamientos que usan aceite lubricante
- Inspeccionar y verificar la consistencia de la grasa de los rodamientos lubricados con grasa.

Inspección anual:

- Remover rodamientos, limpiar y examinar para detectar deformaciones.
- Inspeccionar que rodamientos antifricción no tengan rayaduras o trizamientos.
- Lubricar con grasa o aceite dependiendo del caso a los rodamientos
- Remover los empaques del eje e inspeccionar para su funcionamiento.
- Realignar y reconectar el sistema motor y bomba
- Inspeccionar instrumentos de medición.
- Inspeccionar que no existan fugas en tuberías de agua.¹⁹

3.3.1.4. Soldadoras

- Inspeccionar colectores, escobillas y cojinetes.
- Tener cuidado de que el convertidor se caliente demasiado en un punto, o cuando se escuchan ruidos extraños y agudos.
- Limpiar y apretar las uniones roscadas y enchufes.
- Inspeccionar que las terminales de los conductores de corriente de red a la máquina no se muevan de su punto de fijación.

¹⁸ SPRING, H., AND KOHAN, A., Boiler Operator's Guide. 2nd.Edition .U.S.A Mc Graw – Hill .1981 pp. 400-408

¹⁹ KARASSIK, I. Et al , Pump Handbook. 2nd.Edition .U.S.A Mc Graw – Hill .1986 pp. 400-408.pp. 12.14-12.15-12.16

- Cuidar que el ventilador (de tenerlo) se encuentre funcionando en tres fases.
- Cuidar que todas las uniones de los cables estén bien apretadas y limpias.
- Inspeccionar que los cables estén aislados.²⁰

3.3.2 LUBRICACIÓN

3.3.2.1 Generalidades

Dentro del servicio normal de todos los mecanismos y piezas mecánicas se encuentra la lubricación que es sin duda alguna una de las actividades importantes dentro del mantenimiento preventivo. La falta de lubricación se ubica como una de las principales causas de fallas en rodamientos y mecanismos, además la falta de lubricación sobre superficies maquinadas y que están expuestas al ambiente o a humedad se corroen. Por esto es necesario analizar este tema por separado.

El objetivo de la lubricación es reducir la fricción, el desgaste y el calentamiento de partes de máquina en contacto que tengan movimiento relativo entre sí.

3.3.2.2 Tipos de lubricación

Pueden identificarse cinco formas de lubricación:

1. Hidrodinámica
2. Hidrostática
3. Elastohidrodinámica
4. De capa límite
5. De película sólida

Lubricación hidrodinámica significa que las superficies de soporte de carga están separadas por una capa límite de sustancia lubricante relativamente gruesa, de modo que se impide el contacto directo de metal a metal.

La lubricación hidrostática se obtiene introduciendo el lubricante, que a veces es aire o agua, en el área de soporte de carga a una presión lo bastante

²⁰ PIREDDA, M., Manual de Soldadura Eléctrica. Primera Edición. Méjico Ediciones Ciencia y Técnica, S. A. 1990 pp.46-47

elevada para separar las superficies con una capa relativamente gruesa de lubricante.

La lubricación elastohidrodinámica es el fenómeno que ocurre cuando se introduce un lubricante entre superficies que están en contacto rodante, como engranajes y cojinetes de rodamiento.

Lubricación por capa límite se produce cuando el espesor de la película de lubricante es demasiado escaso para separar adecuadamente las superficies en contacto. Esta situación tiene lugar cuando la cantidad de lubricante es insuficiente, o, cuando el movimiento relativo entre dos superficies es demasiado bajo para crear una película de lubricante. Esta condición también puede dar cuando la viscosidad del lubricante es demasiado baja, bien debido a una temperatura alta, o bien a causa de un lubricante con una baja viscosidad inicial.

Este tipo de situación hace que los propósitos de la lubricación no se lleven a cabo y se presente rozamiento, calentamiento y desgaste.²¹

3.3.2.3 Lubricantes

Los lubricantes son los medios físicos para la lubricación, pueden ser gaseosos, líquidos y sólidos. En la industria se utilizan los lubricantes líquidos y sólidos.

Los lubricantes líquidos son aceites petroquímicos o sintéticos a los cuales se les añade aditivos para mejorar sus características de acuerdo a la aplicación deseada.

Un lubricante sólido es una película delgada constituida por un sólido o una combinación de sólidos introducida entre dos superficies de rozamiento con el fin de modificar la fricción y el desgaste.

Términos básicos de lubricación:

Viscosidad.- se define como la resistencia interna de un líquido a fluir.

²¹ SHIGLEY, E., Diseño en ingeniería mecánica. 5ta Ed. Méjico. Mc Graw Hill. 2001. pp.543-544

Índice de viscosidad.- De un aceite se define como la resistencia a variar su viscosidad por efecto de la temperatura. Los lubricantes que tengan un alto índice de viscosidad nos refleja un estado óptimo.

Punto mínimo de fluidez.- es la temperatura mínima a la que el aceite deja fluir.

Oxidación.- es el fenómeno de descomposición del aceite por lo regular por efecto de la temperatura elevada.

Grasa.- es todo producto sólido o semisólido constituido por la dispersión de un agente espesante en un lubricante líquido.

Punto de goteo.-es el punto donde la grasa cambia de estado semisólido a líquido.

Grados de viscosidad ISO. La internacional Estándar Organization(ISO) ha publicado un sistema para designar los grados de viscosidad de los aceites industriales. Cada grado se especifica por ISO VG, seguido por un número que es la viscosidad cinemática nominal, en St, a 40 C. Se listan dieciocho grados de viscosidad que cubren el intervalo de 2 a 1500 St, a 40 C, en incrementos del 50% poco más o menos.

Grados de viscosidad SAE. Los grados de viscosidad SAE 20,30,40,50, para los aceites de cárter, definen la viscosidad a 100C. Un sufijo W indica que el aceite se ha preparado para un servicio en invierno; por consiguiente se acentúa la capacidad de fluir en forma apropiada a temperaturas bajas. Estos aceites están bajo la denominación 0W, 5W, 10W, 20W, y 25W

3.3.2.4 Tipos de lubricantes

A los lubricantes, dado que es un campo muy amplio , los podemos encontrar clasificados de acuerdo a varios parámetros. Dentro de los cuales se encuentran el servicio al que se han de aplicar, viscosidad, compuestos, tipo de uso, etc. Existe también una categorización, y es la que más interesa para el presente proyecto y es de acuerdo al uso industrial, así tenemos lubricantes para:

- Engranajes
- Hidráulicos
- Circulación

- Refrigeración
- Automotrices

Aceites para circulación.- estos pueden ser parafínicos y nafténicos, siendo los aceites circulantes los de más alta calidad que se puede obtener en la actualidad. Su viscosidad va desde 25 a 550 centiestokes de viscosidad a 100F. Los principales son:

- **Aceite para sistemas hidráulicos.**-Las partes críticas que deben lubricar incluyen bombas, motores y válvulas. Tienen que ser de formulación especial y contra el desgaste. Son aceites ISO VG 32 a 68.
- **Aceites para servicio pesado,** para motores de combustión interna. Son refinados especialmente para trabajar a altas temperaturas de las máquinas y para cargas intensas en chumaceras. Estos aceites son altamente resistentes a la oxidación y son estabilizados con aditivos y dispersantes.

Aceites para engranajes Los engranes presentan una gran variedad de elementos que difieren en la severidad de sus necesidades de lubricación. Los engranes rectos, cónicos, helicoidales y de hélice doble operan de tal manera que se tiene lubricación elastohidrodinámica a las velocidades y cargas nominales. Se necesita aceite que contenga antioxidantes, inhibidores de herrumbre, desespumantes, etc., de acuerdo con la aplicación. Los engranes de tornillo sin fin necesitan lubricantes grasos (o compuestos) en una base de petróleo.

En el mercado a estos aceites se los encuentra bajo la clasificación ISO VG 460 (alta viscosidad) para tornillos sin fin e ISO VG 46 hasta 460 para engranajes (rectos, helicoidales, cónicos)

Aceite para motores de combustión interna.- deben desempeñar numerosas funciones a fin de suministrar lubricación adecuada. Los aceites para cárter, además de reducir la fricción y el desgaste, deben mantener limpio el motor y libre de herrumbre y corrosión, deben actuar como enfriadores y selladores y deben servir como aceite hidráulico para las válvulas. El lubricante puede funcionar dentro de límites amplios de temperaturas en presencia de suciedad,

agua y otras condiciones atmosféricas adversas, así como con los materiales formados como resultado de la combustión; deben ser resistentes a la oxidación y a la formación de lodos.

Estos aceites por lo general son minerales, aunque también los hay sintéticos.

Los aceites para motores están clasificados por la SAE (Society of Automotive Engineers) de acuerdo de acuerdo a dos agrupamientos generales: por la viscosidad y el rendimiento.

El agrupamiento a la viscosidad se refiere a la viscosidad que tiene el lubricante a temperaturas a diferentes temperaturas. En tanto que el rendimiento se refiere al tipo de servicios, desde un servicio liviano a un servicio pesado.

Existen también aceites multigrado que poseen buena viscosidad a temperaturas bajas y altas de arranque en frío.

Aceites especiales para refrigeración.-el servicio de refrigeración comprende algunas secciones del sistema que trabajan a bajas temperaturas, en las que se precisa la presencia de aceite(lubricación del compresor)

Los aceites especiales para refrigeración son de viscosidad baja a mediana, que varía entre 15 a 121 centiestokes a 100F (37.7 C). Estos aceites son a base de parafina o naftalina. Los dos características principales para el aceite de refrigeración son: punto de fluidez y punto de congelación. En el anexo B se presenta una lista de lubricantes de acuerdo a su tipo con el nombre comercial con el que se encuentra en el mercado.

La mayor parte de aceites lubricantes se componen de aceite base y aditivos. Por lo general los aceite base son minerales, pero algunos son sintéticos. Se incorporan aditivos químicos en las formulaciones de los aceites con el fin de lograr características deseables de rendimiento que no proporcionan los aceites bases por si solos.

A continuación se lista los principales aditivos:

- **Detergentes-dispersores.**- se utilizan para mantener la limpieza de los motores al evitar la acumulación de hollín y otros productos de la combustión.

- **Inhibidores de la oxidación.-** se emplean para minimizar la oxidación del aceite, en particular a temperaturas elevadas
- **Inhibidores de la herrumbre.-** sirven para evitar el ataque en superficies de acero, al condensar la humedad y productos ácidos corrosivos, los cuales aumentan por el funcionamiento intermitente a baja temperatura.
- **Depresivos de punto de fluidez y mejoradores de punto de viscosidad.-**se usan para asegurar el flujo adecuado a bajas temperaturas y suficiente viscosidad a altas.
- **Aditivos contra desgaste.-** para minimizar el desgaste en condiciones límite de lubricación.
- **Antiespumantes.-** aseguran que el aire se desprenda con facilidad en el aceite.
- **Modificadores de la fricción.-** se utilizan para reducir la fricción en las superficies que se frotan en los mecanismos.²²

3.3.2.5 Grasas

Las grasas lubricantes se forman al dispersar un agente espesador en un lubricante líquido.. Pueden utilizarse ingredientes adicionales con el fin de lograr propiedades especiales. Los jabones son los espesadores más comunes.

Por lo común, el líquido lubricante que se emplea es un aceite de petróleo.

La consistencia o firmeza de la grasa lubricante es lo que hace que se prefiera la grasa, en algunas aplicaciones, en lugar de aceites

3.3.3 SELECCIÓN DE LUBRICANTES

3.3.3.1 Selección de un aceite

Para seleccionar un aceite se necesita considerar:

- Tipo de mecanismo o máquina
- Tipo de servicio (liviano, mediano, pesado, extrapesado)
- Viscosidad necesaria a temperatura de trabajo

²² AVALLONE, E., y BAUMEISTER III , T.,Marks Manual del Ingeniero Mecánico. Traducido por Francisco Noriega, José Enrique de la Cera Alonso y Ma. Teresa Aguilar Ortega. 3ra. Ed. Española. México. Mc Graw-Hill. 1995. pp.6-222, 6-233, 9-122

- Índice de viscosidad necesario para la temperatura de trabajo

3.3.3.2 Selección de una grasa

Para seleccionar una grasa lubricante hay que tener presente los siguientes factores:

- Tipo de máquina
- Temperatura de funcionamiento
- Tipo y tamaño de rodamiento
- Condiciones de carga del trabajo
- Ambiente externo
- Viscosidad adecuada del aceite base.

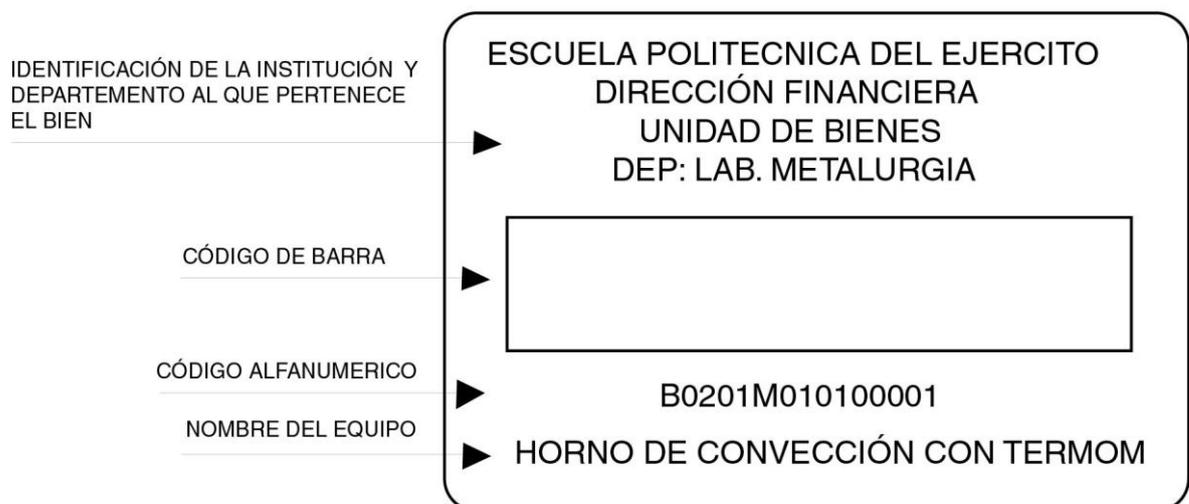
3.4 IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.4.1 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Los laboratorios de la ESPE cuentan con un sistema de codificación para sus bienes. Este sistema codifica a los bienes de manera biunívoca (código – bien)

En la figura 3.2 se muestra un ejemplo de etiqueta de codificación, en la cual se muestran las partes constitutivas.

Figura 3.2 Etiqueta de codificación de equipos



La etiqueta de identificación del equipo consta de:

- Identificación de la institución y departamento al que pertenece el bien. Departamento es una sección o área física de cada una de las facultades. En el caso de la FIME nos interesa los departamentos asociados a los laboratorios. Así los laboratorios son departamentos intrínsecamente.
- Código de barra
- Código alfanumérico. El código consta de trece números y dos letras. Sin entrar en mayor detalle de la codificación, se puede decir que el primer elemento de la codificación es una letra que puntualiza si el elemento es equipo (letra B), herramienta (letra F) o mueble (letra A)
- Nombre del equipo. Es el nombre que la dirección financiera da al bien.

3.4.2 INVENTARIO DE EQUIPOS

El inventario de equipos se lo hizo mediante el siguiente procedimiento:

- Se pidió en el Departamento Financiero una lista de los bienes que poseen los Laboratorios de la FIME. Esta lista estaba ordenada por laboratorio.
- Se filtro la lista por el criterio de equipos y maquinaria.

En el anexo E se puede ver el inventario de equipos y maquinaria de los laboratorios.

3.4.3 DESARROLLO PREVIO

Para poder desarrollar la planeación y programación del Sistema de Mantenimiento Preventivo de los laboratorios de la FIME, se desarrolló como primer paso lo siguiente:

- Se definió cuales son los equipos a ser mantenidos.
- Se visitó cada uno de los laboratorios, como ya se habló en el capítulo 2, con el objetivo de determinar la situación actual del mantenimiento, se realizaron encuestas a 4 laboratoristas. (Anexo A)
- Se recogió información respecto a los laboratorios y sus equipos, con el objetivo de contar con la información necesaria para estructurar el plan de mantenimiento.

- Se definió a través de un análisis (capítulo 2) cuales serían los niveles de mantenimiento que se necesitan desarrollar en los laboratorios de la FIME.
- Se definió la estructura organizativa del Sistema de Mantenimiento (capitulo 3)

Para definir cuales son los equipos a mantener se tomo el criterio, como ya se manifestó, que serían los equipos que se utilizan para las prácticas de laboratorio, prestación de servicios e investigación. (equipos útiles)

Se habló en el capítulo 2 acerca de la situación del mantenimiento en los laboratorios de la FIME y se presentó en la Tabla 2.3 y 2.4 los resultados obtenidos. Como conclusión se estableció que se debe normalizar la documentación, para lo cual se distribuyó en los laboratorios libros de vida para cada uno de los equipos de cada uno de los laboratorios. Estos libros de vida constan con los siguientes formatos (Anexo C):

- Registro de repuestos
- Registro de daños
- Registro de Mantenimiento
- Hoja de identificación del equipo

Estos formatos fueron tomados de la documentación de los manuales de calidad. Los cuales tienen las características necesarias para la recolección de los datos y eventos del mantenimiento. Además estos formatos son flexibles, fáciles de usar, y adecuados para los laboratorios de la FIME.

Como siguiente paso se consultó la documentación que sobre los laboratorios existía. En la tabla 2.2 se tiene una lista de documentos, en referencia a los manuales de calidad, de los laboratorios. En estos manuales se pueden encontrar información vital para el mantenimiento como planos, lista de equipos que se usan en los laboratorios, y recomendaciones sobre el mantenimiento de los equipos.

Los Laboratorios de Mecanismos, CAD-CAM y Motores no contaban con manuales de calidad, por lo que se tubo que levantar los planos de dichos laboratorios.

En el anexo D se encuentran los planos de Motores y Mecanismos.

Luego, para definir las tareas del mantenimiento y la planeación del mantenimiento se definió el nivel del mantenimiento y la organización de la administración del Sistema de Mantenimiento que se habló anteriormente en este mismo capítulo.

Resumiendo se tiene:

El nivel de mantenimiento a desarrollar es un mantenimiento preventivo organizacional, regido bajo el orden orgánico de los laboratorios de la FIME.

Esto quiere decir que las tareas técnicas serán realizadas en la totalidad por los Laboratoristas, en tanto que la adquisición de insumos y repuestos queda definida mediante procesos regulares, que consiste en que la canalización del recurso la hace el Jefe de Laboratorio y la FIME decide cuando, como y en que condiciones entregar el recurso, el bien, o el repuesto necesario.

3.4.4 DETERMINACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SUS FRECUENCIAS.

Como se dijo anteriormente las tareas de mantenimiento preventivo son:

- Inspecciones
- Lubricación
- Cambio de partes
- Servicio

Como antecedentes se sabe que el régimen de servicio de los equipos de los laboratorios es liviano, lo que quiere decir que los equipos no son sometidos a cargas fuertes de trabajo, ni tampoco a ambientes hostiles. Asimismo estos equipos son ocupados pocos días al año.

Para la determinación de las tareas y las frecuencias de mantenimiento preventivo se realizó lo siguiente:

- Se consultó los manuales de los equipos, bibliografía y se recurrió a la experiencia de los Laboratoristas.

En los manuales de funcionamiento de los equipos a excepción de unos pocos se encontró planes de mantenimiento.

La bibliografía trata el mantenimiento de equipos industriales con regímenes severos en ambientes hostiles, además se considera que el equipo es usado la mayor parte del año. Esta situación dificultó determinar las frecuencias de mantenimiento preventivo por este método, sin embargo la información sobre las tareas de mantenimiento como inspecciones, instrucciones de servicio, lubricación fueron de gran ayuda.

- Se visitó los laboratorios y se realizó entrevistas a los Laboratoristas con el fin de determinar las frecuencias y tareas de mantenimiento que quedarían definitivas. Mediante el criterio y experiencia de los Laboratoristas se logro determinar las frecuencias de mantenimiento.
- Se elaboró en hojas de Excel los cronogramas tentativos de los equipos de cada uno de los laboratorios. Estos constaban de tareas y frecuencias de mantenimiento preventivo.
- Se envió estos cronogramas a cada laboratorio con el fin de que se corrijan, añadan o se supriman tareas o frecuencias de haber sido necesario.
- Una vez corregidos estos cronogramas, se los preparó en Microsoft Project debido a las facilidades que presenta este programa para la planeación de tareas y fechas en proyectos.
- Se distribuyó estos cronogramas en cada uno de los laboratorios de la FIME

3.4.4.1 Cronogramas de mantenimiento preventivo

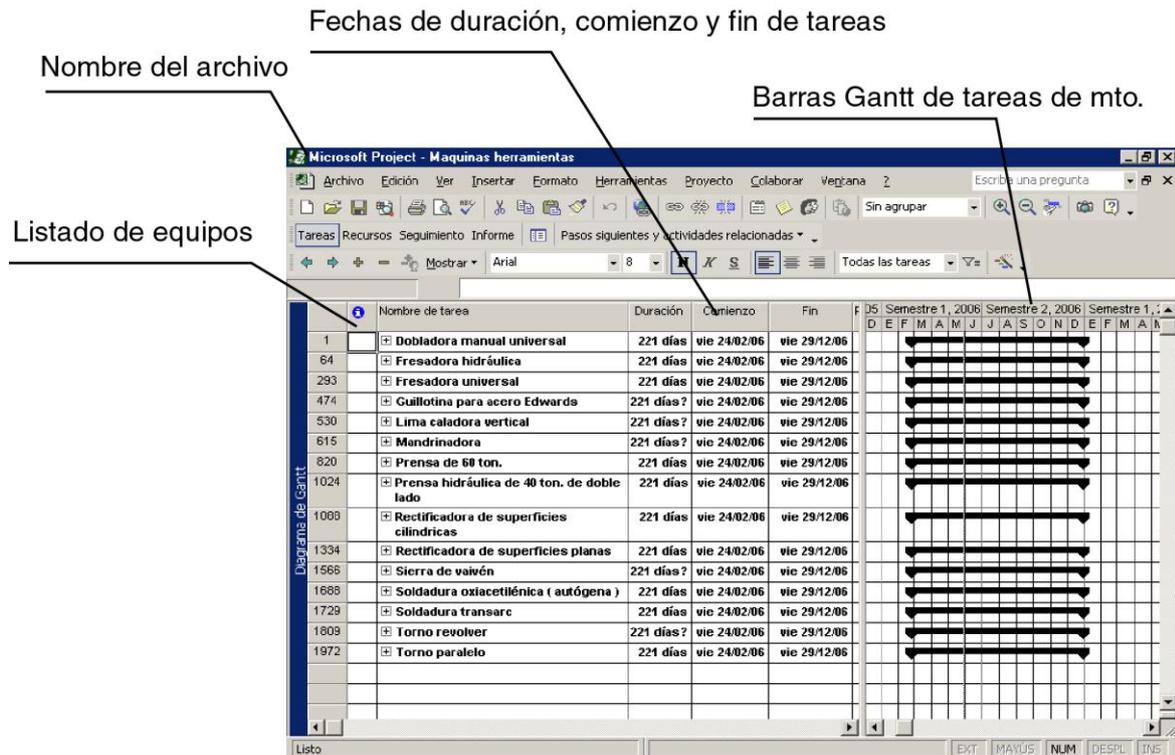
Los archivos en los cuales constan los cronogramas de los laboratorios son:

- Fluidos e hidráulica.mpp
- Maquina herramientas.mpp
- Mecanismos.mpp
- Metalurgia.mpp
- Metrología.mpp
- Motores.mpp
- Resistencia de materiales.mpp
- Termodinámica.mpp

A continuación se explica como están estructurados estos archivos.

Al abrir el archivo, se cuenta con una pantalla como la que se ve en la siguiente figura:

Figura 3.3 Pantalla de archivo de cronograma



El nombre del archivo es el nombre del laboratorio al cuál se está accediendo.

Se encuentra también un **listado de equipos** que son a los cuales se les va a dar mantenimiento preventivo, ordenados de arriba hacia abajo en la columna “ nombre de tarea”.

Las fechas de duración, comienzo y fin de tareas especifican la duración, comienzo y fin de las tareas de mantenimiento. La fechas de duración es el número de días que existe entre el primer día de labores de mantenimiento y el último día de la última tarea de mantenimiento que ha sido programada.

Las barras Gantt de tareas de mantenimiento son una forma gráfica en el que el programa expone la duración de las tareas, la ubicación de las barras respecto a la barra del calendario indica cuando deben ser realizadas dichas tareas.

Las tareas están jerarquizadas de la siguiente manera:

En un primer nivel está el nombre del equipo, en un segundo nivel se encuentran tareas de resumen que pertenecen al tipo de mantenimiento o servicio que se da a dicho equipo y estas son:

- Limpieza general
- Lubricación
- Mantenimiento mecánico
- Mantenimiento eléctrico
- Mantenimiento de refrigeración
- Otros tipos de mantenimiento.

En un tercer nivel se encuentran desglosadas cada una de las tareas de mantenimiento pertenecientes a cada tipo de mantenimiento. Por último existe un cuarto nivel que presenta desglosadas las tareas repetitivas.

La herramienta de tareas repetitivas de Project es adecuada para la planeación de tareas que suceden periódicamente como son tareas semanales, mensuales, semestrales, etc. Además, el programa asigna automáticamente las fechas periódicas de éstas tareas.

En el lado derecho de la pantalla de los archivos se puede observar que las barras Gantt cambian su estado junto con el cambio de nivel de las tareas.

Con la ayuda de las herramientas de Project se pudo establecer las fechas en las cuales se deben realizar las tareas de mantenimiento como también su duración.²³

Los mantenimientos semestrales y anuales se los ubicó de acuerdo a los periodos vacacionales de estudio de la FIME.

Para bajar el nivel de jerarquización de las tareas basta picar el cuadrado pequeño que contiene una cruz que está ubicado al lado izquierdo de cada casillero de la columna “ Nombre de tarea “ y automáticamente se despliega el siguiente nivel de tareas.

²³ SALVARREDY, J. ET AL, Gerenciamiento de Proyectos con Microsoft Excel y Microsoft Project. Primera Edición. Argentina. Omicron System. 2004. pp.222

Lo mismo sucede para subir el nivel de tareas, hay que picar el cuadrado pequeño que contiene un “signo menos “ y automáticamente se sube al nivel requerido.

En la figura 3.4 se muestra los niveles de las tareas de mantenimiento que se tiene en los archivos de Project.

Figura 3.4 Nivel de tareas

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1729	⊕ Soldadura transarc	221 días	vie 24/02/06
1809	⊕ Torno revolver	221 días?	vie 24/02/06
1972	⊖ Torno paralelo	221 días	vie 24/02/06
1973	⊕ Limpieza	221 días	vie 24/02/06
2020	⊕ Lubricación	221 días	vie 24/02/06
2114	⊕ Mantenimiento mecánico	204 días	lun 20/03/06
2129	⊕ Mantenimiento eléctrico	5 días	lun 27/03/06

Labels on the left: Nombre del equipo (points to row 1729), Tareas de mantenimietno (points to row 1973).

En la figura 3.5 se puede ver desglosadas junto con su nivel las tareas de mantenimiento.

Figura 3.5 Actividades de mantenimiento desglosadas

Nivel	Nombre de tarea	Duración	Comi
Nivel 1	1 Dobladora manual universal	221 días	vie 24/02/06
	64 Fresadora hidráulica	221 días	vie 24/02/06
	65 Realizar una limpieza general del equipo	221 días	vie 24/02/06
Nivel 2	111 Lubricación	221 días	vie 24/02/06
	112 Lubricar guías de mesa porta pieza	221 días	vie 24/02/06
	158 Lubricar el embrague de la polea (aceite Regal Oil 68)	221 días	vie 24/02/06
Nivel 3	204 Lubricar cremalleras, guías del copiador (usar aceite Regal Oil 68)	196 días	vie 30/03/06
	209 Lubricar caja de cambios (aceite regal oil 68)	131 días	vie 30/03/06
	210 Lubricar caja de cambios (ac)	1 día	vie 30/03/06
	211 Lubricar caja de cambios (ac)	1 día	vie 30/03/06
Nivel 4	212 Lubricar caja de cambios y guías de deslizamiento del copiador. Utilizar aceite Regal Oil 68	135 días	vie 30/03/06
	215 Mantenimiento mecánico	221 días	vie 24/02/06
	293 Fresadora universal	221 días	vie 24/02/06

Labels on the left: Nivel 1 Nombre del equipo (points to row 1), Nivel 2 Tipo de mantenimiento (points to row 111), Nivel 3 Tareas desglosadas (points to row 204), Nivel 4 Tareas repetitivas desglosadas (points to row 212).

Si se quiere ver solamente el cronograma de un equipo, hay que filtrar el proyecto a través del número de tarea, e ingresar el intervalo en el que consten solo las tareas de un equipo. Como se indica a continuación:

- Se despliega el menú Proyecto de la barra de herramientas de Project.

3.4.5.2 Listado de equipos

Para este propósito se hizo una pequeña base de datos con la finalidad de administrar más fácilmente la información al respecto.

Se creó la base de datos Mantenimiento_FIME.dbf en Microsoft Access.

Access es un programa de base de datos completo que permite almacenar datos de manera interna o vincularse a datos de origen externo.

Access utiliza varios objetos para facilitar el manejo de las bases de datos. Los detalles de cómo crear estos objetos se los encuentra en la bibliografía²⁴.

Se lista a continuación los objetos que fueron utilizados para la realización de la base de datos:

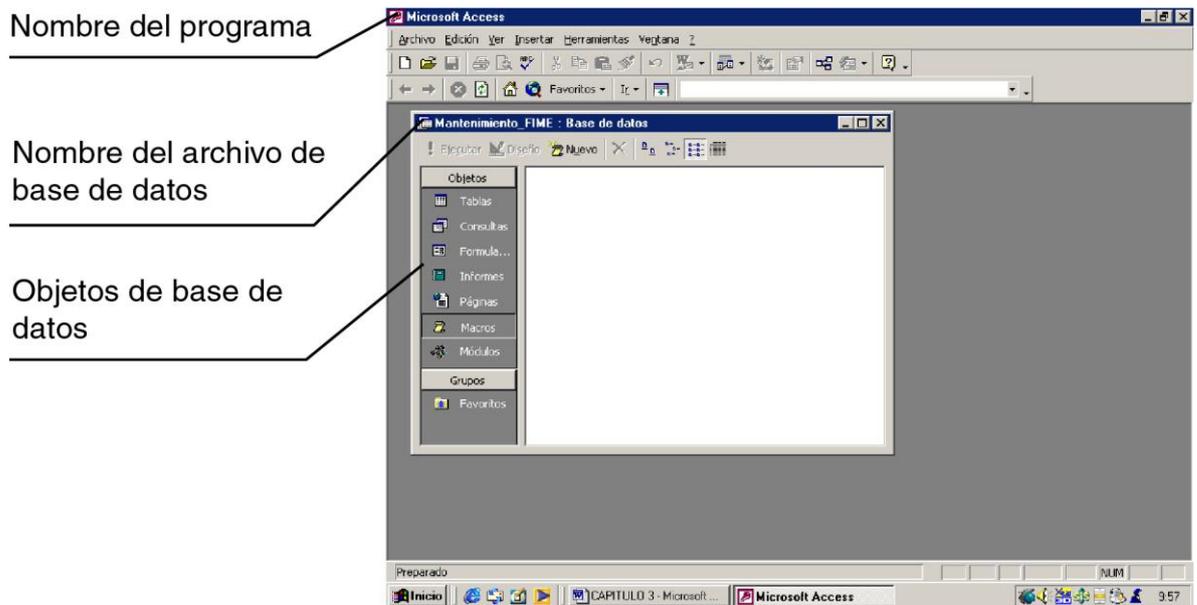
- Tablas.- que se usan para almacenar los datos de manera interna o para vincular datos externos (datos de otras tablas). Las tablas organizan los datos en filas (registros) y columnas (campos)
- Consultas.- que se utilizan para ordenar, filtrar, añadir, eliminar y modificar los datos de Access.
- Formularios.- que sirven para introducir, editar y modificar los datos de las tablas locales o vinculadas.
- Informes.- que se usan para imprimir los datos de una forma activa y de fácil comprensión.

A continuación se detalla la base de datos que se ha diseñado:

Al abrir el archivo Mantenimiento_FIME.dbf se tiene la pantalla que a continuación se presenta:

²⁴ FEDDEMA, H., Guía Completa de Microsoft Access Versión 2002 Runnig +. Traducido por Inés Carbonell. Primera Edición. España. Mc Graw-Hill 2002.pp 850

Figura 3.7 Objetos del archivo de base de datos Mantenimiento_FIME



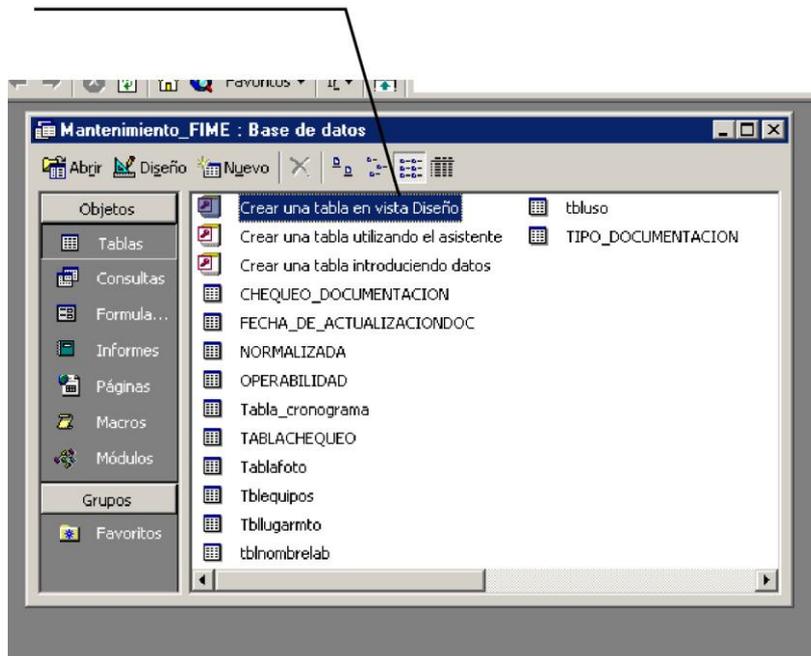
Se tiene en esta pantalla, el nombre del programa (Microsoft Access), el nombre del archivo (Mantenimiento_ FIME) y la columna de objetos (tablas, consultas, formularios, informes, páginas, macros y módulos)

Para poder acceder a la información se debe entrar a cada uno de estos objetos, así se tiene que:

Al entrar a Tablas se tiene una lista de tablas, en el lado derecho de la pantalla, en las cuales se ha almacenado la información que se requiere para el presente proyecto.

Figura 3.8 Tablas de la base de datos Mantenimiento_FIME

TABLAS DE LA BASE DE DATOS



Al entrar en formularios se tiene, en el lado derecho de la pantalla, tres iconos, dos de los cuales se establecen por definición (iconos de crear formulario utilizando asistente y crear formulario en vista diseño) y otro icono con el nombre del formulario(Frmequipos)que se ha creado para introducir, editar y modificar datos. Estos datos se almacenan en las tablas que se crearon para el efecto.

Cuando se entra en Frmequipos, aparece un formulario (Figura 3.9)con diferentes casilla (controles). Las casillas del formulario fueron diseñadas para ser llenadas de acuerdo al tipo de información que se necesita almacenar.

Se utilizaron cuadros de control de texto, estos controles permiten al usuario introducir información desde el teclado.

También se utilizó los cuadros combinados, que son controles que presentan una lista desplegable de selecciones a partir del cual el usuario puede realizar una selección. Este tipo de control se utiliza cuando se necesita un número establecido de opciones en la entrada de datos.

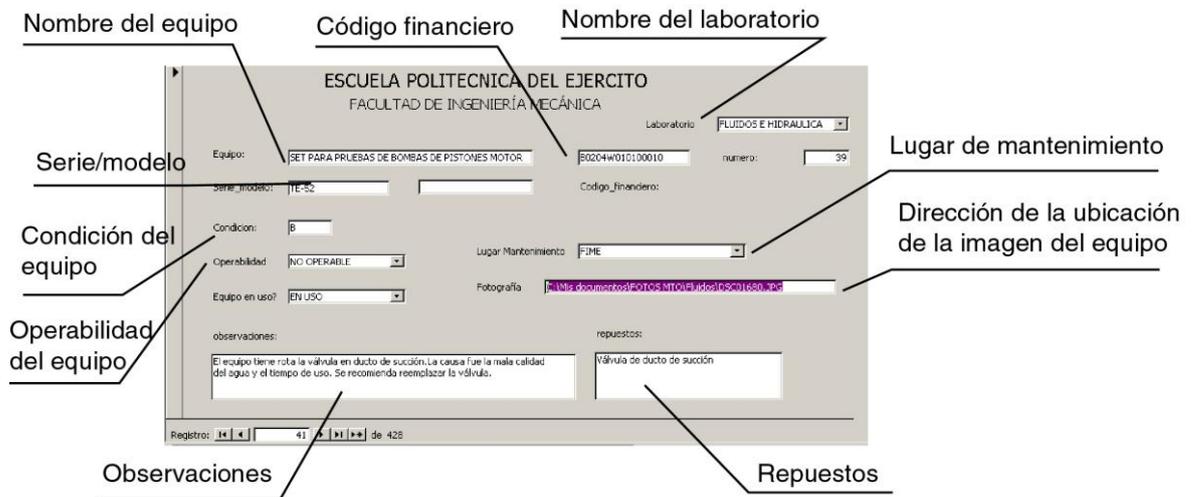
Los cuadros combinados y controles de texto de Frmequipos son:

- **Equipo.-** es un control de texto en donde se ingresa el nombre del equipo. Es necesario que se ingrese el nombre del equipo de acuerdo al código financiero.
- **Código financiero.-** es un control de texto en donde se almacena el código financiero.
- **Laboratorio.-** es un cuadro combinado, que tiene una lista desplegable con los nombres de los laboratorios de la FIME. El usuario debe escoger el nombre del laboratorio al que pertenece el equipo.
- **Serie/ modelo.-** son dos controles de texto en donde se ingresan la serie y el modelo del equipo.
- **Número.-** es un control de texto que sirve para contar el número de equipos que existen por laboratorio.
- **Operabilidad.-** es un cuadro combinado que presenta 3 opciones y que son:
 1. Operable.- que se refiere a un equipo 100% operable. Es decir un equipo que cuente con todos sus sistemas, aditamentos, aparatos de medición, etc., en correcto y total funcionamiento.
 2. Semi operable.- que se refiere a un equipo que funciona pero que no esta 100% operable, por ejemplo equipos que funcionan aunque tengan averías en sus sistemas de medición, en sus sistemas automáticos, en sistemas complementarios, o también que carezcan de elementos de protección, elementos fungibles,etc.
 3. No operable.- que se refiere a equipos cuyas fallas o averías no le permiten operar.
- **Condición.-** es un cuadro combinado, que tiene 3 opciones, que son bueno (B), regular (R)y malo (M).
- **Equipo en uso?.-** en un cuadro combinado que tiene una lista desplegable de dos opciones que son:
 1. EN USO.- que se refiere a un equipo que se utiliza en las prácticas de laboratorio.+
 2. NO SE UTILIZA.- que se refiere a un equipo que no se usa en las prácticas de laboratorio.

- **Lugar mantenimiento.-** este casillero se llena cuando un equipo tiene una falla o avería y se necesita determinar cual es el lugar donde se le puede reestablecer a sus condiciones de operación, tenemos las siguientes opciones:
 1. ESPE.- se escoge si el mantenimiento correctivo se lo puede dar dentro de la ESPE teniendo en cuenta que no se incluya la FIME.
 2. FIME.- se escoge si el mantenimiento correctivo se lo puede dar mediante el uso de los laboratorios de la FIME.
 3. OTRO.- se refiere a que se necesita otro lugar en donde se le pueda reparar ya que no es posible repararlo dentro de la ESPE como tampoco en la FIME.
 4. BAJA.-es una recomendación cuando el equipo no es susceptible de arreglo o reparación.
 5. TRASLADO.-se refiere cuando un equipo no es utilizado por los estudiantes de Ingeniería Mecánica, pero puede ser utilizado en otra dependencia de la ESPE.
- **Observaciones.-** es un casillero de control de texto, en donde se anotan diferentes observaciones de interés para el mantenimiento correctivo. Estas observaciones pueden ser referentes a: por que ocurrió la falla, desde cuando no está operativo el equipo, si es susceptible de arreglo, etc.
- **Fotografía.-** es un cuadro de texto que vincula a la base de datos con un archivo externo, en este caso con un archivo de fotografía digital. Hay que aclarar que las fotografías no son parte de la base de datos, pero sí lo son las direcciones que vinculan al cuadro de texto fotografía con el archivo en donde se encuentra la fotografía del equipo . En el formulario se puede picar la dirección de la fotografía y aparece desplegada la imagen del equipo. En el proyecto las imágenes se encuentran en el archivo “ Mis documentos”
- **Repuestos.-** es un control de texto que se llena con los posibles repuestos necesarios para la reparación del equipo en caso de que este esté averiado. La mayoría de ocasiones no se presenta un cuadro de

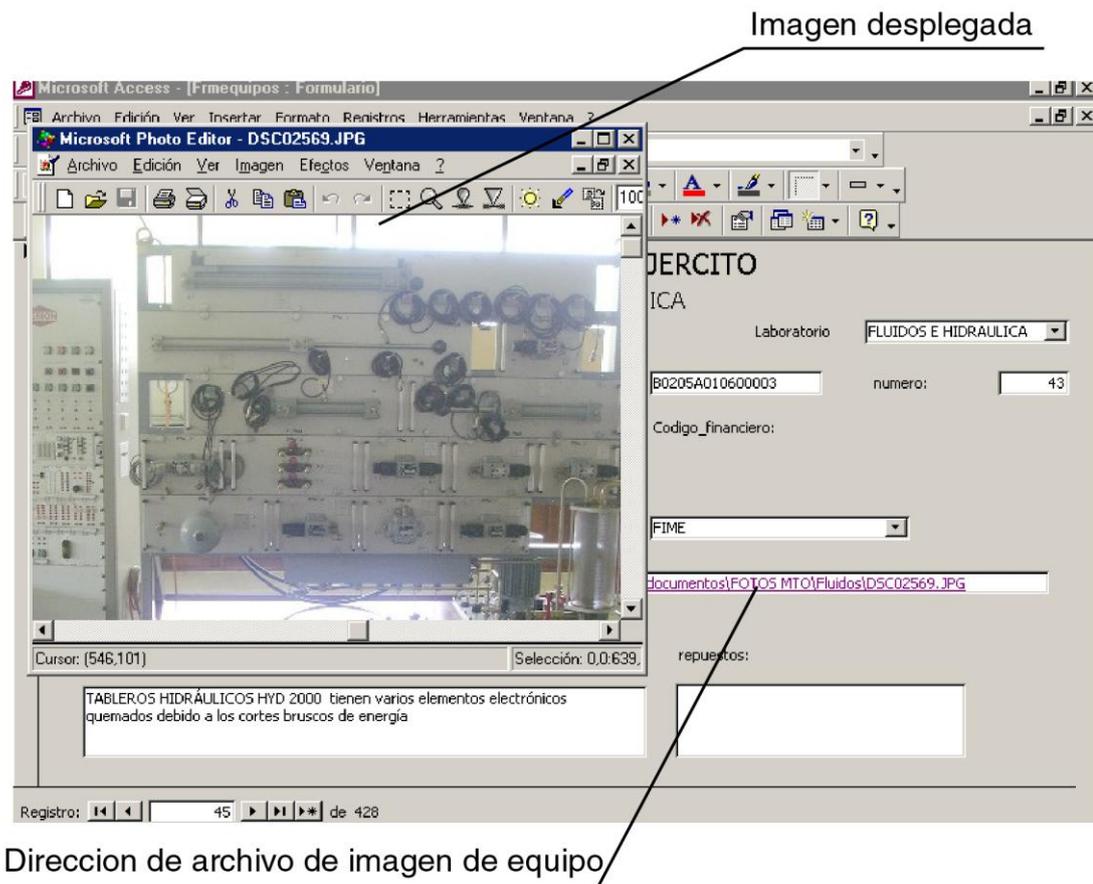
repuestos porque se necesita un diagnóstico especializado para determinarlos.

Figura 3.9 Elementos Formulario



Se ingresó 428 formularios con la información de los equipos de los Laboratorios de la FIME.

Figura 3.10 Pantalla de Formulario



Al entrar en el objeto de consultas en la base de datos tenemos el icono y el nombre de la consulta (conequiposdañados) que se creó.

La consulta conequiposdañados se creó para filtrar la información que fue almacenada en las tablas a través de los formularios. Las tablas se filtraron mediante el criterio de “ No operable” y “semi operable”, teniendo así solo la información del equipo que necesita reparación.

Mediante el objeto informes de base de datos de Access, se creó dos ,los cuales sirven para imprimir los datos de forma activa y fácil comprensión.

Al entrar en el objeto informes se pueden ver los informes llamados “ Informe de equipos semioperables y no operables ” y el informe llamado “informe de equipos”

El “informe de equipos semioperables y no operables” es uno que presenta los datos que filtro la consulta “conequiposdañados” que se habló anteriormente.

Este informe presenta la información en niveles, esto quiere decir que los datos a imprimir los ha agrupado en categorías, que para el presente informe es como sigue:

Primero aparece el nombre del laboratorio al que pertenecen los equipos semioperables y no operables, y a continuación se presenta la lista de los equipos con información de nombre de equipo, código financiero, estado, funcionamiento, observaciones, y por último condición.

En la siguiente figura se presenta la pantalla que se activa cuando se ejecuta el informe y en el anexo G, se presenta el informe completo impreso.

Figura 3.11 Pantalla de informe

Nombre del informe

Encabezado de informe

Nombre del laboratorio

Lista de información sobre equipos semi operables y no operables

<i>FLUIDOS E HIDRAULICA</i>					
Equipo	Código financiero	Estado	Funcionamiento	observaciones	Condición
SISTEMA DE ENTRENAMIENTO HIDRAULICO	802094010600004	SEMI-OPERABLE	EN USO	Los empaques de los elementos giratorios se encuentran rotos debido a sobre presión. Se recomienda en cambio de dichos empaques	B
CANAL DE FLUIDO DE LECHO AJUSTABLE	80201Y012800005	NO OPERABLE	NO SE UTILIZA	El equipo no tiene bomba. El equipo es utilizado en prácticas de la facultad de Ingeniería Civil por lo que se recomienda su traslado a dicha facultad	M
VISCOSIMETRO SAYBOLT (CON 1 PROBETA)	80206ED10100004	NO OPERABLE	NO SE UTILIZA	Control de temperatura defectuoso. La causa del daño fue mal operación del equipo en prácticas con el Ing. Vladimir Kiang. Se recomienda dar la baja	B
VISCOSIMETRO POR CAIDA DE ESFERAS	80206ED10100003	NO OPERABLE	NO SE UTILIZA	El viscosímetro se encuentra roto. El equipo debe ser dado de baja	M
TACOMETRO MANUAL	80209H010100002	NO OPERABLE	EN USO	Estos equipos de medición se utilizan frecuentemente en el laboratorio. Actualmente estos tacómetros manuales (2) se encuentran dañados debido al tiempo de uso de los mismos. Se recomienda dar la baja a estos que están	M

El segundo informe que aparece en el objeto informes de la base de datos es el informe de equipos.

En este informe se presenta la información recolectada con relación a los equipos. Se agrupó los datos de acuerdo a Laboratorios, dentro de los Laboratorios se los agrupó a su vez por el criterio de si se usa o no el equipo, con la intención que se reconozca fácilmente el estado de los equipos que se usan y que por consiguiente son más importantes que los equipos que no se usan.

Así tenemos que este informe muestra los siguientes datos de los equipos: nombre del equipo, código financiero, condición estado y observaciones.

Figura 3.12 Informe de equipos

Nombre del Laboratorio: Laboratorio MAQUINAS MECANICAS

Utilidad: EN USO

Equipos:

Equipo	Código financiero	Condición	Estado	observaciones
ACELERACION EN SISTEMAS DE ENGRANAJE	B02002010100001	B	OPERABLE	
COMPONENTES DE ACELERACION	B02002010100002	B	SEMI-OPERABLE	No sirve el sistema de contador vueltas. Se puede dar mantenimiento en la FIME y dependerá los repuestos del sistema de repuesto
FUENTE DETENCION	B0201C010100002	B	OPERABLE	
FUENTE DETENCION	B0201C010100003	B	OPERABLE	
FUENTE DETENCION	B0201C010100004	B	OPERABLE	
FUENTE DETENCION	B0201C010100005	B	OPERABLE	

Miércoles, 31 de Mayo de 2006 Página 7 de 38

Página: 7

Código financiero Condición Estado Observaciones

El informe completo se encuentra en el anexo H.

3.4.6 LISTADO DE ELEMENTOS FUNGIBLES NECESARIOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

En la siguiente tabla (Tabla 3.1) se presenta el consolidado de elementos fungibles necesarios para el mantenimiento preventivo de los laboratorios de la FIME. La cantidad de cada ítem se tomó de los pedidos de materiales fungibles para mantenimiento que los laboratorios realizaron al decanato en los semestres del año 2005.

Tabla 3.1 Listado de fungibles necesarios para el desarrollo del mantenimiento preventivo.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
ACEITE 20W50	14	gal
ACEITE 3 EN 1	7	frascos
ACEITE HIDRÁULICO	5	gal
ACEITE MEROPA 220	1	GL
ACEITE PARA COMPRESOR	7	GL
ACEITE REFRIGERANTE	2	GL
ACEITE TEXACO URSA LA-3	5	GAL
ALCOHOL POTABLE	2	lt

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
BROCHA 1 1/2 Pulg	2	u
BROCHA 1 Pulg	4	u
BROCHA 1/2 Pulg	10	u
BROCHA 2 Pulg	10	u
BROCHAS DE 10, 20 Y 30 mm	5	u
BROCHAS PARA LIMPIEZA RECIP. VIDRIO	2	u
CEPILLOS	1	juego
CERA RALLY 400 G	5	u
CINTA DOBLE FAZ	2	rollo
DESOXIDANTE	1	gal
DETERGENTE	2	KG
DIESEL	5	gal
ESPATULAS	2	u
EXTENSIONES ELÉCTRICAS 10m 220 v	2	u
FILTRO ACEITE FRAM PH8A	3	u
FILTRO DE GASOLINA RECTO	5	u
FRANELA	6	metros
FRASCO DE ALCOHOL DE 1000 ml	2	u
FRASCO DE BRASSO 250 cm3	2	u
FRASCO DESOXIDANTE	1	u
FRASCOS DE 100ml DE ACEITE 3 EN 1	25	FRASCOS
FUSIBLES 1A	10	u
FUSIBLES 2A	10	u
FUSIBLES 3A	10	u
FUSIBLES 5A	10	u
GASOLINA	73	gal
GRASA LIVIANA	1	kilo
GUAÍPE	20	lb
GUANTES DE CUERO	5	PARES
GUANTES QUIRURGICOS	10	PARES
GUANTES SIN PELUSA	4	u
JUEGO DE DESTORNILLADORES DE RELOJERO	2	u
LAVAVAJILLA	1	u
LIENZO	15	metros
LIJA 100	23	PLIEGO
LIJA 200	23	PLIEGO
LIJA 300	23	PLIEGO
LIJA DE AGUA	10	PLIEGO
LIJA No. 60	5	PLIEGO
LIJA No. 600	10	u
LIMPIA CONTACTOS ELECTRICOS	1	u
LIMPIA CONTACTOS ELECTRÓNICOS	2	TARRO
LINTERNA	1	u
LUPAS 4X	2	u
MANGUERA 1/2 Pulg	20	metros

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
MANGUERA 1Pulg	20	metros
MANGUERA 4mm.	20	metros
MANGUERA 6mm.	20	metros
MASILLA EPÓXICA	5	u
MASKING	4	rollo
METROS DE PAÑO SIN PELUSA	2	u
PAÑOS VILEDA	10	u
PEGAMENTO BRUJITA	5	tubo
PEGAMENTO EPÓXICO	8	tubo
PEGAMENTO ZAPATERO	0.25	gal
PERMATEX	4	tubo
PILAS LR44 MAXELL	60	u
PINCELES MEDIANOS	2	u
PINTURA AMARILLO CATERPILLAR	1	GL.
PINTURA ANTICORROSIVA	2	gal
PINTURA ANTIOX NEGRA MATE	2	LT
PINTURA COLOR ALUMINIO	1	LT
PINTURA COLOR PLOMO	2	GL
PINTURA ESMALTE HIDRORESISTENTE	4	gal
PINTURA LACA	1	GL
PINTURA LACA AZUL OSCURO	1	LT
PINTURA LACA GRIS OSCURO	2	LT
PULIMENTO PARA METALES	4	tubo
PULIMENTO RALLY PARA SUP.LISAS	6	tarro
REMOVEDOR DE PINTURA	1	gal
ROLLOS DE ALGODÓN	3	u
SET DE LIMPIEZA	1	u
SILICON ROJO ALTA TEMP.	4	u
SILICONA TRANSPARENTE	28	tubo
SUELDA ESTAÑO TIPO ALAMBRE	1	ROLLO
TAIPE	19	rollo
TEFLON	30	rollo
TEFLON	10	ROLLO
THIÑER PARA LACA	2	GL
VASELINA	1	kg
VASELINA DE PETROLEO	5	u
ACEITE SPINDURA 10	10	GL
ACEITE PARA VACIO	5	GL
ACEITE PARA REFRIGERACIÓN	3	GL
AGUA DESTILADA	10	BOTELLA
ALCOHOL INDUSTRIAL	10	BOTELLA
PILAS AAA	12	u
PILAS PARA CRONOMETRO	12	u
ESCOBILLON DE ALAMBRE DE 3 METROS	2	u
LIJA 400	16	u
LIJA 500	10	u

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
BRUJAS ANTIGOTEEO GRANDES	3	u
CEPILLOS DE ALAMBRE	3	u
BATERIAS	6	u
MANGUERA DE VINIL 1/4, 1/2, 3/4, 3/8	20	METROS
MANGUERA DE CRISTAL DE TRENDA 1/4, 1/2, 3/4, 3/8	20	METROS
ABRAZADERAS 1/4, 1/2, 3/4, 3/8	10	c/u
ACEITE TELLUS 33	2	GLN
KIT DE LIMPIEZA PARA COMPUTADOR	2	JUEGOS
ACEITE PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS	150	GLN
PERNO M16X75	12	u
PERNO M12X75	12	u
PERNO M8X30	12	u
PRISIONERO M4	12	u
PRISIONERO M6	12	u
LIMPIA CONTACTOS ELECTRICOS	1	u
SILICONA	5	u
TAIPE PARA ALTA TENSION	6	u
LIJA ACERO 180	40	u
LIJA AGUA 320	40	u
WYPE	50	u
BROCHA DE 2"	10	u
FRANELAS	5	u
ACEITE TELLUS 33	10	GAL
ACEITE TELLUS 63	10	GAL
ACEITE REGAL OIL 220	55	GAL
ACEITE HIDRÁULICO TELLUS R22	55	GAL
ACEITE SOLUBLE	15	GAL
GRASA MARFAX II	25	KG
GASOLINA	10	GAL
DIESEL	10	GAL
BROCHA, PAPEL VICTORIA PERMATEX	1	1

CAPITULO 4

ELABORACIÓN DE GUIAS DE PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

4.1 GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO CORRECTIVO

4.1.1 OBJETIVO

Establecer los pasos a seguir para la realización encaminada al mantenimiento correctivo

4.1.2 META

- Instruir a los laboratoristas en el procedimiento encaminado para la realización del mantenimiento correctivo.
- Estandarizar el proceso de trabajo para el mantenimiento correctivo.

4.1.3 PROCEDIMIENTO

Laboratorista:

1. Una vez presentado el problema registra el mismo en el libro de vida de la máquina
2. Revisa el equipo y trata de repararlo dentro de sus posibilidades
3. En caso de no encontrar el daño solicita reparación en formulario MC001

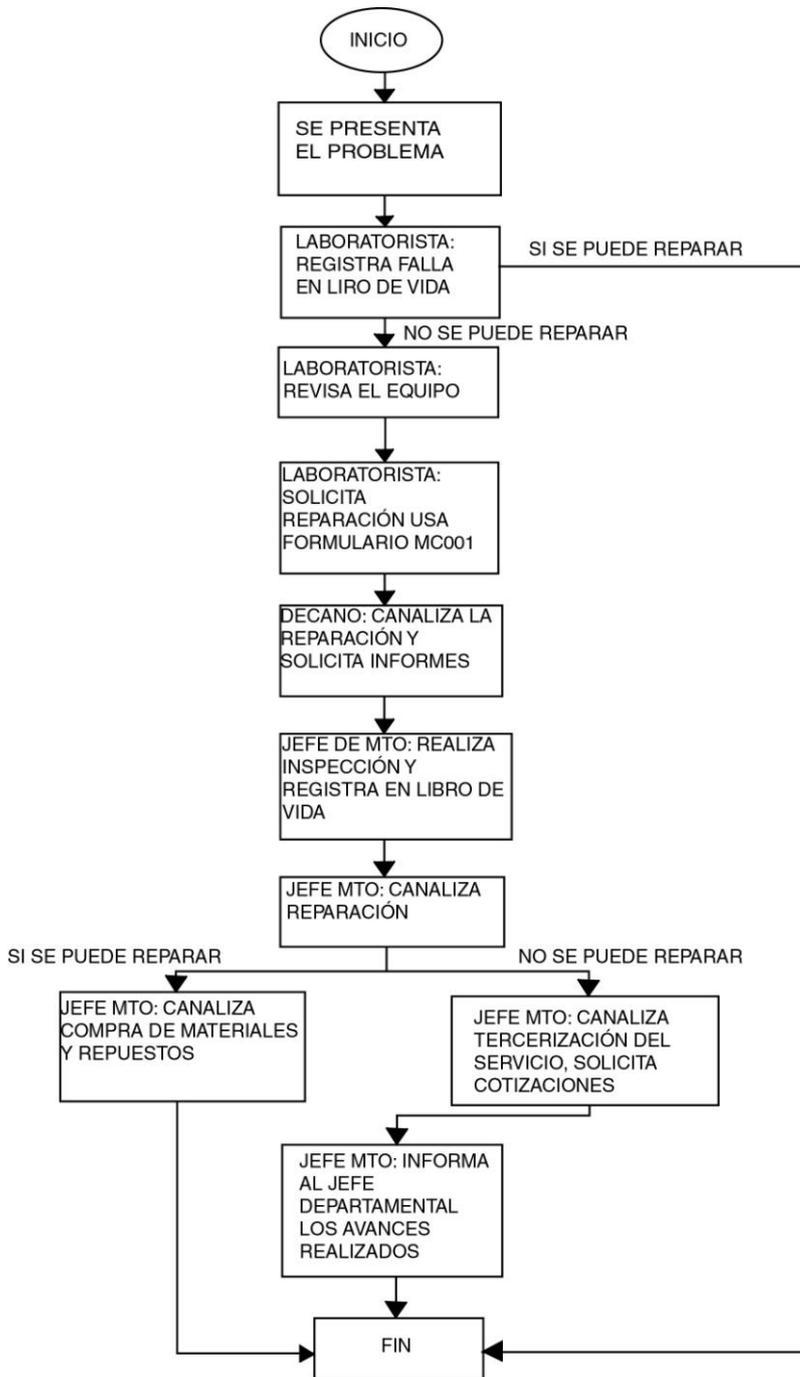
Decano:

1. Canaliza la reparación y/o solicita informes de acuerdo al caso

Jefe de mantenimiento:

1. Realiza inspección correspondiente y registra en libro de vida
2. Canaliza la reparación del equipo; en caso de poder realizarla internamente canaliza compra de materiales dentro de las normas establecidas.
3. En caso de necesidad de tercerización, solicita cotizaciones y se maneja dentro de los procedimientos institucionales.
4. Informa al director departamental los avances realizados

Figura 4.1 Diagrama de flujo procedimiento para mantenimiento correctivo



4.2 GUIA DE PROCEDIMIENTO PARA CONTROL DE INVENTARIO DE BODEGAS

4.2.1 OBJETIVO

Llevar control de todos los elementos y equipos con los que cuentan el laboratorio

4.2.2 META

1. Llevar control de gastos
2. Llevar control de ítems
3. Llevar Kardex actualizado de activos y fungibles

4.2.3 PROCEDIMIENTO

Se presenta necesidad de compra

Jefe de laboratorio:

1. Solicita al decano por memorando la compra

Decano:

2. Canaliza compra de ser necesario

Una vez comprado e ingresado a bodega general :

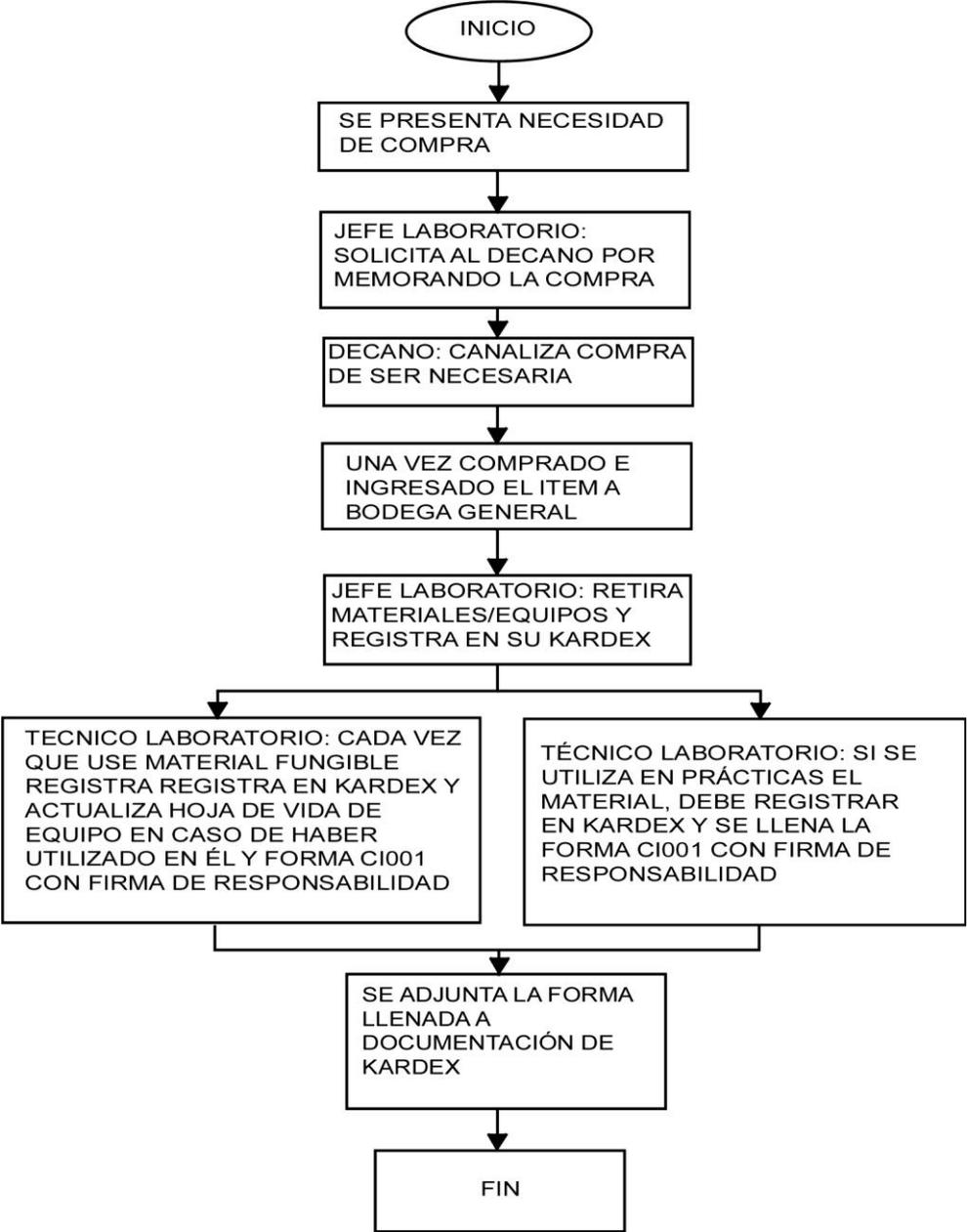
Jefe de laboratorio:

3. Retira materiales / equipos y registra en su kardex

Técnico Laboratorio:

4. Cada vez que use algún material fungible, registra en kardex y actualiza hoja de vida de equipo en caso de haber utilizado en él y registra forma CI 001 con firma de responsabilidad
5. Si se utiliza para prácticas, debe registrarse en el kardex y se llena la forma CI001 con firmas de responsabilidad .
6. Se adjunta la forma llenada a documentación de kardex

Figura 4.2 Diagrama de procedimiento para control de inventario de bodegas



CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

5.1.1 EQUIPOS QUE NECESITAN MANTENIMIENTO CORRECTIVO

5.1.1.1 Antecedentes

Los equipos de la FIME han venido operando por más de 20 años, en los cuales se les ha realizado reubicaciones, reparaciones, adecuaciones, y otros trabajos sobre los mismos, complementado a esto un inexistente plan de mantenimiento preventivo y correctivo a dado por resultado que muchos de sus equipos se encuentren en malas condiciones. Una inadecuada atención a las averías de los equipos ha hecho que daños ocurridos hace más de diez años no se los haya solucionado o definido por lo que existen equipos que sin haber cumplido su vida útil se encuentren inoperables y en muchos casos sean de imposible recuperación.

5.1.1.2 Equipos operables y equipos que necesitan reparación

La información que se recogió durante la realización del proyecto contemplaba entre otras indagar sobre los equipos que necesitan reparación. En la tabla 5.1 se presenta un informe resumido de la información, equipos que operables y equipos que necesitan reparación, mientras que en el anexo H se presenta un informe detallado.

Equipo operable se refiere a equipo que tiene un 100% de operabilidad de sus elementos, mientras que equipo que necesita reparación se refiere a equipo inoperable más equipo que tiene algún fallo que puede ser mayor o menor pero que está funcionando.

Tabla 5.1 Equipos que necesitan reparación

Laboratorio	No. Equipos	Equipos operables	Equipos que necesitan reparación	% Equipos operables	% Equipos que necesitan reparación
Fluidos e Hidráulica	60	39	21	65	35
Máquinas Herramientas	32	18	14	56.3	43.8
Máquinas Mecánicas	46	42	4	91.3	8.7
Metalurgia	61	44	17	72.1	27.9
Metrología	64	59	5	92.2	7.8
Motores	66	60	6	90.9	9.1
Resistencia de Materiales	43	40	3	93.0	7.0
Termodinámica	54	39	15	72.2	27.8
CAD-CAM	2	2	0	100	0
TOTAL	428	343	85	80.1	19.9

Figura 5.1 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Fluidos e Hidráulica

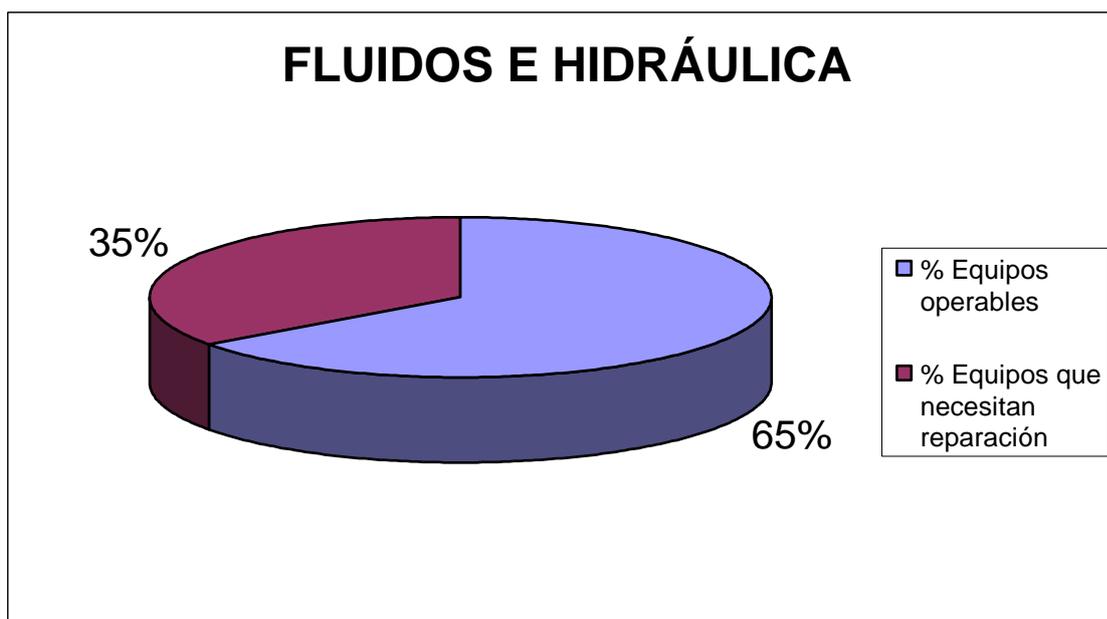


Figura 5.2 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Máquinas Herramientas

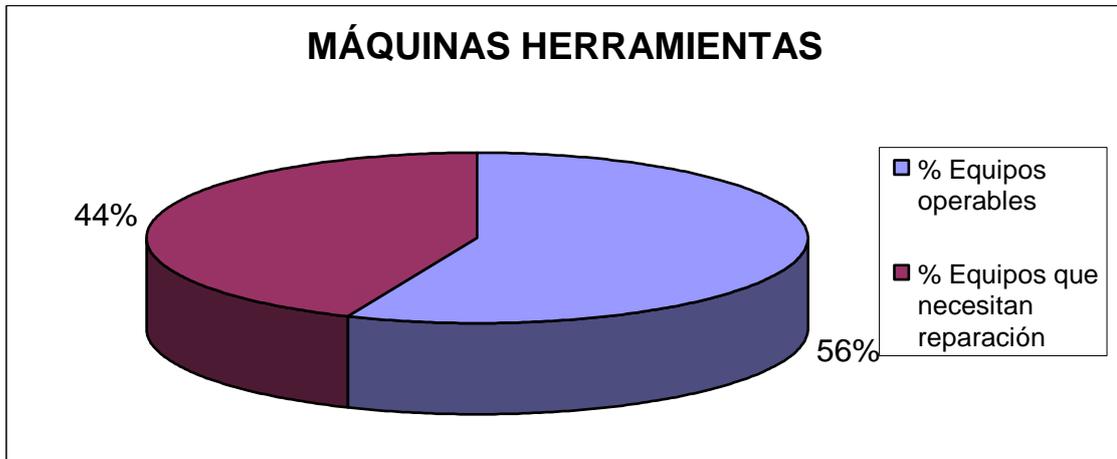


Figura 5.3 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Máquinas Mecánicas

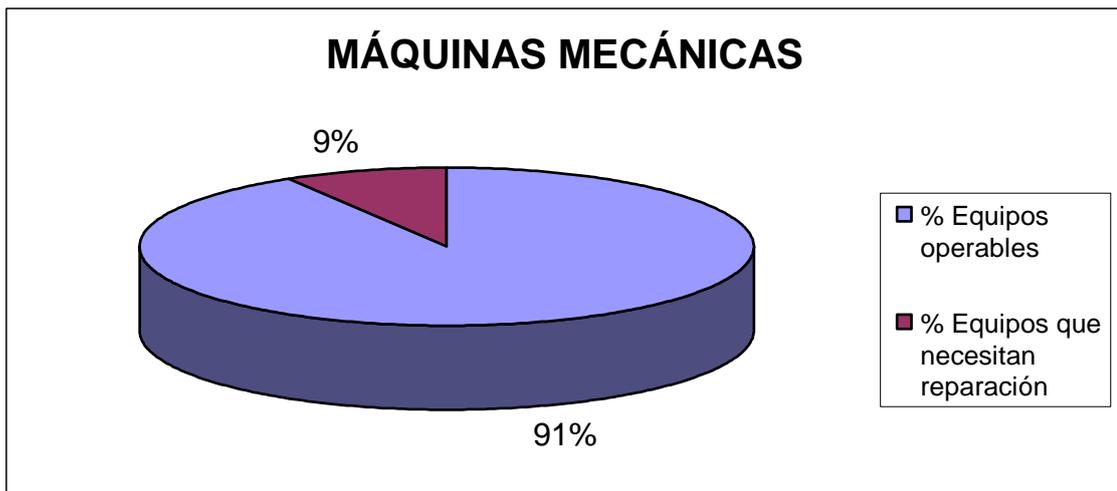


Figura 5.4 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Metalurgia.

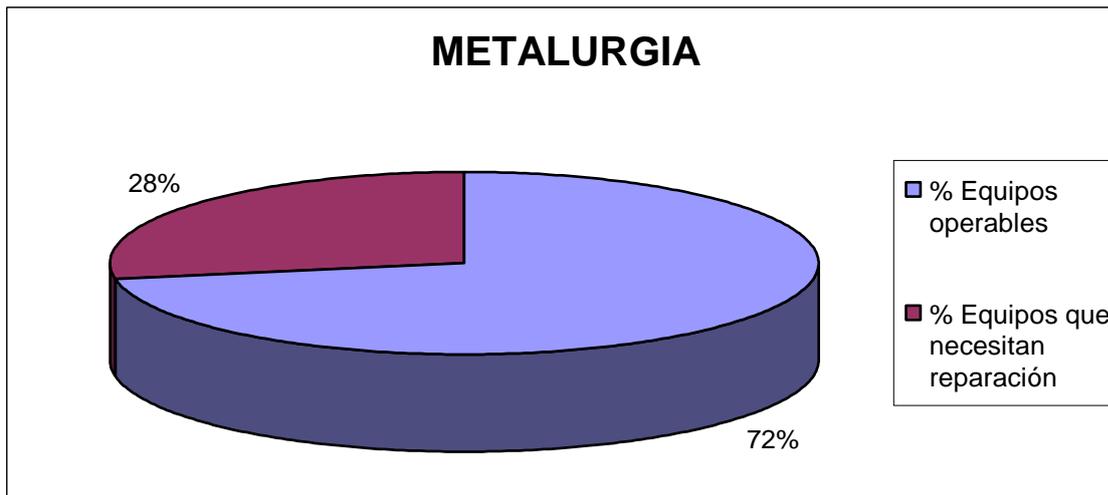


Figura 5.5 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Metrología.

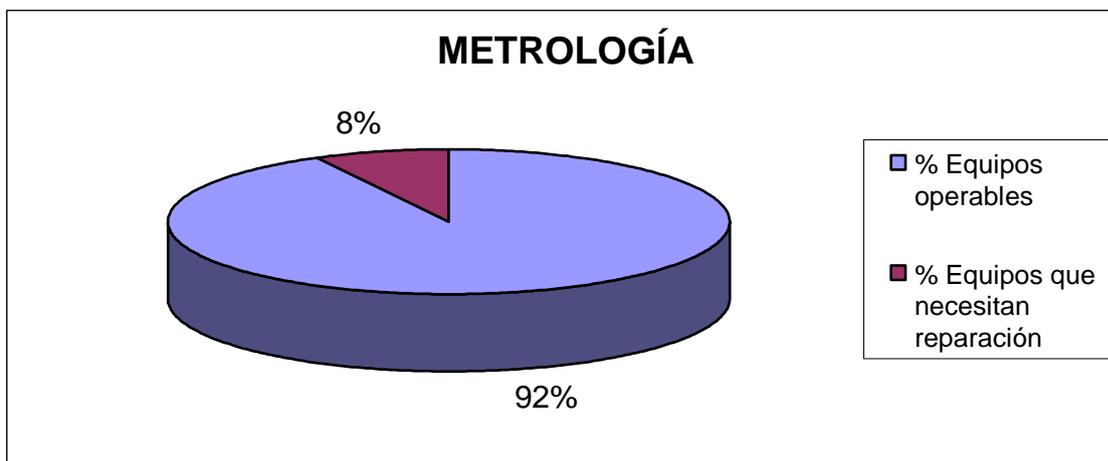


Figura 5.6 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Motores

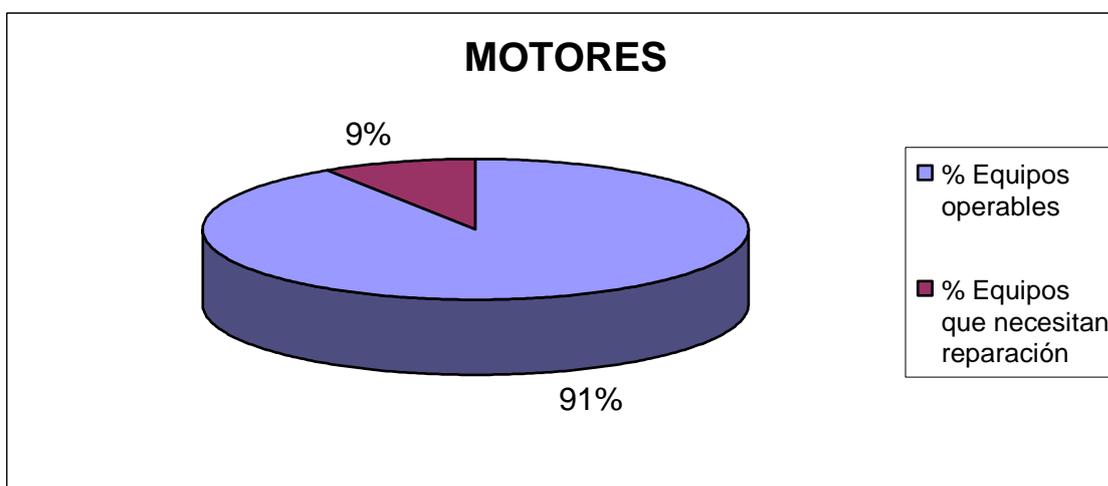


Figura 5.7 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Laboratorio de Resistencia de Materiales

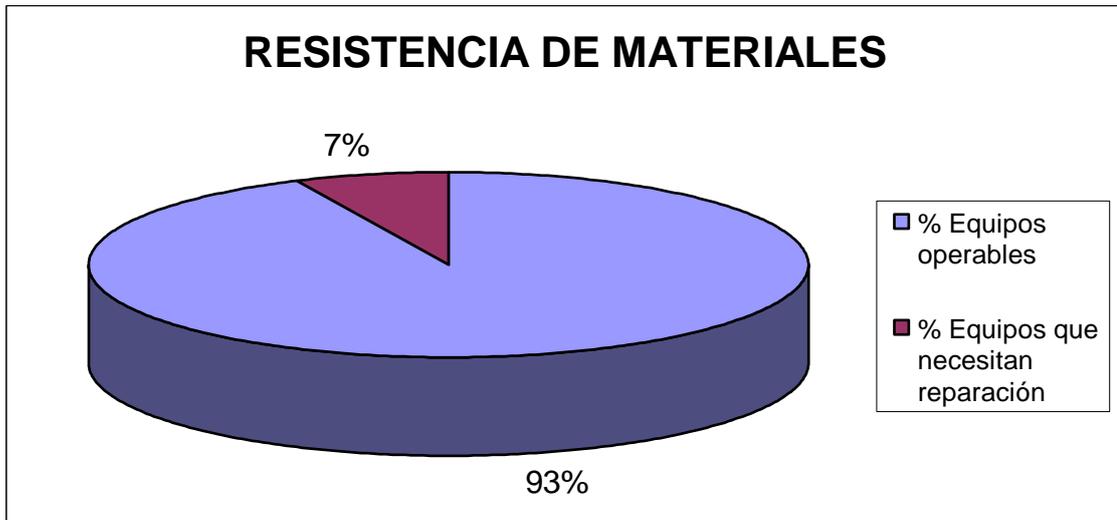


Figura 5.8 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación del Termodinámica

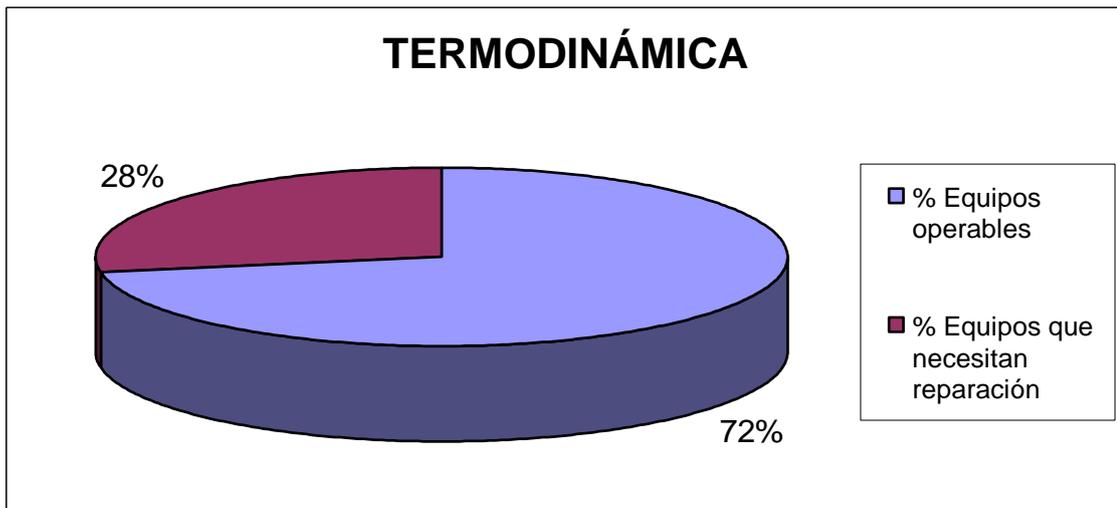
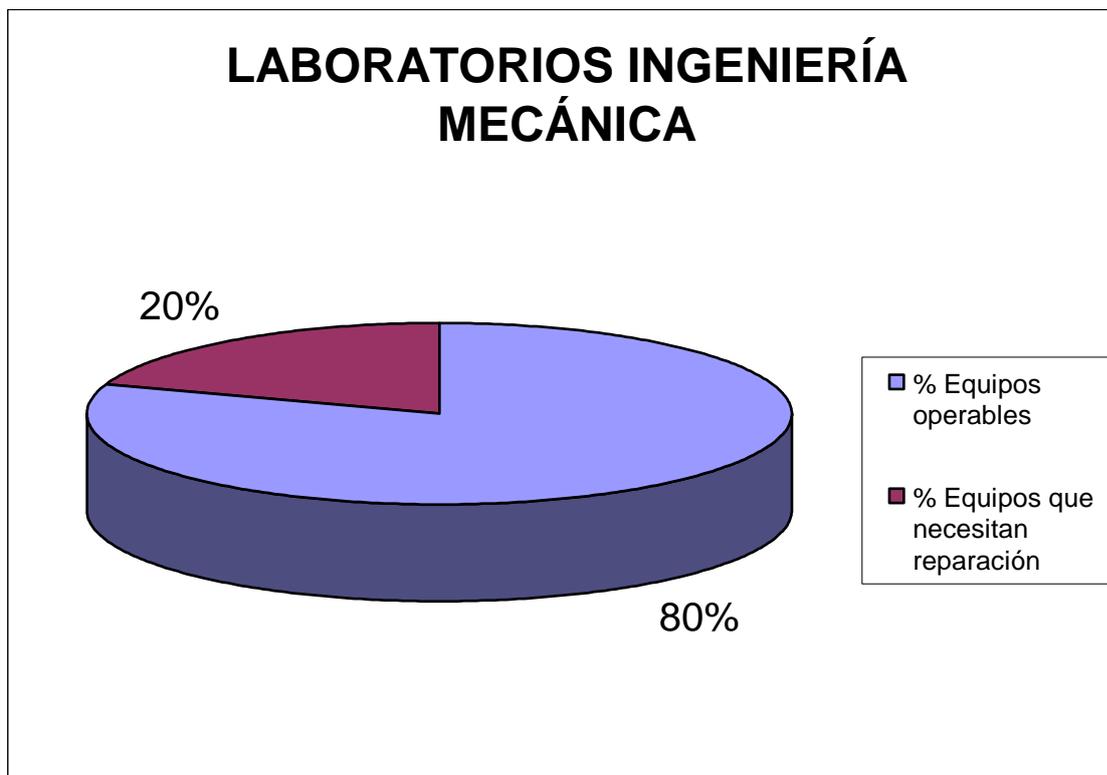


Figura 5.9 Porcentaje de equipos operables y equipos que necesitan reparación de Los Laboratorios de la FIME



5.1.1.3 Equipos que se usan en prácticas y necesitan reparación

En la tabla 5.2 se presenta un informe que resume el número de equipos que necesitan reparación discriminándolos entre los que se usan y los que no se usan en las prácticas de laboratorio. En el anexo I se presenta la lista detallada de los equipos que necesitan ser reparados y que se utilizan en las prácticas, considerando a éstos como equipos importantes dentro de los que se necesita reparar.

Tabla 5.2 Número y porcentaje de equipos que necesitan reparación y que se utilizan en las prácticas de laboratorio.

Laboratorio	Equipos que necesitan reparación	Equipos que se usan en prácticas	Equipos que no se usan	% Equipos que se usan en prácticas	% Equipos que no se usan
Fluidos e Hidráulica	21	10	11	47.6	52.4
Máquinas Herramientas	14	11	3	78.6	21.4
Máquinas Mecánicas	4	2	2	50	50
Metalurgia	17	7	10	41.2	58.8

Laboratorio	Equipos que necesitan reparación	Equipos que se usan en prácticas	Equipos que no se usan	% Equipos que se usan en prácticas	% Equipos que no se usan
Metrología	5	4	1	80	20
Motores	6	3	3	50	50
Resistencia de Materiales	3	2	1	66.7	33.3
Termodinámica	15	9	6	60	40
TOTAL	85	48	37	56.5	43.5

Figura 5.10. Número de equipos que necesitan reparación y se usan en prácticas de laboratorio



5.1.1.4 CONCLUSIONES DE LOS DATOS ESTADÍSTICOS

- El Laboratorio de Fluidos e Hidráulica tiene 21 equipos que necesitan reparación, que significan un 35% de equipos, lo cual es bastante alto. De estos equipos solo 11 se utilizan en prácticas, estos serían los equipos a reparar por la importancia dentro del sistema educativo. Además se cuenta con varios equipos que son utilizados por otras facultades y sería adecuado su traslado donde este equipo es requerido. El grado de dureza del agua utilizada en las prácticas es alta lo que ayuda a formar sedimentos dentro de los equipos y las tuberías, este factor deteriora aceleradamente los componentes de los equipos.
- Máquinas Herramientas es un laboratorio que debido al grado de utilización del mismo (mediano) y a un inadecuada ejecución de tareas

de mantenimiento tiene un alto porcentaje de equipos que necesitan reparación (43%). Entre las averías más frecuentes se encuentran las de tipo eléctrico y electrónico, seguidos de las averías debidas al desgaste producido por los años de uso de las máquinas.

- El laboratorio de Máquinas Mecánicas (mecanismos) tiene solo dos equipos averiados que se utilizan en las prácticas, estas averías son de tipo electrónico. Existe una alta operabilidad de los equipos (91.3%) , debido entre otras causas a que son equipos demostrativos y que las tareas de mantenimiento son relativamente fáciles y simples de ejecutar.
- El Laboratorio de Metalurgia tiene 17 (27.9%) equipos que necesitan reparación, muchos de ellos nunca fueron puestos en funcionamiento, se desconoce las fallas o averías que tienen, y debido al tiempo transcurrido es difícil la recuperación de los mismos. Además, estos equipos son de alta tecnología.
- El Laboratorio de Metrología tiene una alta operabilidad debido al cuidado en el mantenimiento preventivo de sus equipos, las averías que se tienen son de tipo electrónico.
- El Laboratorio de Motores cuenta con la mayoría de equipos operando satisfactoriamente. Las averías de los equipos son electrónicas y debido a obsolescencia.
- Resistencia de Materiales es un laboratorio con alta operabilidad debido al cuidado en su mantenimiento preventivo. Las averías que se tienen son debido a problemas electrónicos y a la obsolescencia de equipos. La obsolescencia en especial esta generando problemas en la obtención de repuestos que han dejado de circular y también existen problemas en la reparación de estos equipos debido a su antigua tecnología eléctrica y electrónica.
- El Laboratorio de Termodinámica tiene 15 (27.8%) equipos que necesitan reparación, la mayoría necesita reponer elementos de medición como rotámetros, termómetros, etc. Existen también fallas electrónicas y eléctricas en equipos que debido a su obsolescencia en el mercado sus partes y repuestos son difíciles de encontrar.

- CAD-CAM es un laboratorio constituido por dos equipos de CNC los cuales se encuentran operables.

5.1.2 CRONOGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se realizaron 294 cronogramas de mantenimiento preventivo de 428 equipos que tienen los Laboratorios de la FIME. En estos cronogramas se consideró dependiendo del equipo: limpieza, lubricación, servicio e inspecciones.

Los equipos a los cuales se formalizó un cronograma de mantenimiento preventivo fueron aquellos considerados importantes dentro de los laboratorios, dejando a criterio del laboratorista el mantenimiento preventivo, que en su mayoría es limpieza, de equipos que no se utilizan, que están inoperables y no se utilizan, equipos electrónicos de medida y herramientas que han sido consideradas como equipo por parte de la Dirección de Bienes de la ESPE.

Hay que puntualizar a demás que existen cronogramas, como los de Motores, en donde en un solo cronograma están más de un equipo debido a que la Dirección de Bienes de la ESPE a separado un equipo en las diferentes partes que lo componen, por ejemplo los bancos de pruebas han sido separados por parte de la Dirección de Bienes en motor, banco de pruebas, medidor de aceite, medidor de aire, medidor de combustible, etc. Hubiese sido impráctico haber hecho cronogramas de cada uno de estos elementos en vez de haber hecho, como en realidad se hizo, un cronograma global del equipo, teniendo así una real idea de las tareas, de su secuencia, de su importancia y de su criterio práctico.

Otro tema particular lo constituye Metrología en donde el equipo no rebasa los 20 equipos y los demás considerados equipos, son patrones o son elementos de medida que es su mayoría necesitan solamente limpieza y lubricación. Para la realización de los cronogramas a estos se les clasifíco dentro de patrones, y por su puesto a los elementos de medida se los clasifíco dentro de sus nombres generales como son micrómetros, pie de rey, etc.

Como se dijo anteriormente estos cronogramas se realizaron con la colaboración, revisión y aprobación de los laboratoristas teniendo así un 100% de criterio técnico-práctico.

5.2 PLAN DE AUDITORIAS

Se planeó un plan de auditorias que contempla una inspección semestral de tareas y documentación de mantenimiento. Con el objetivo de medir cual es el nivel de compromiso y cumplimiento del mantenimiento preventivo.

Las tareas se las han catalogado por nivel de cumplimiento en Bueno, Regular, Malo.

La documentación se la normalizó y estandarizó. En el plan de auditorias lo que se evalúa es si la documentación se encuentra completa y actualizada en niveles de Toda, Mucha, y Poca. La valoración se la hizo en los primeros días de marzo de 2006.

En la Tabla 5.3 se muestra los resultados obtenidos.

Tabla 5.3 Evaluación del desempeño del mantenimiento preventivo.

LABORATORIOS	Nivel de cumplimiento de actividades			Documentación actualizada y completa		
	Bueno	Regular	Malo	Toda	Mucha	Poca
Fluidos e Hidráulica	X				X	
Máquinas Herramientas		X			X	
Máquinas Mecánicas	X				X	
Metalurgia	X				X	
Metrología	X			X		
Motores	X				X	
Resistencia de Materiales	X				X	
Termodinámica	X				X	
CAD-CAM	X				X	

A continuación se presentan fotografías de la constancia del trabajo de mantenimiento que los laboratoristas realizaron hasta los primeros días de marzo.

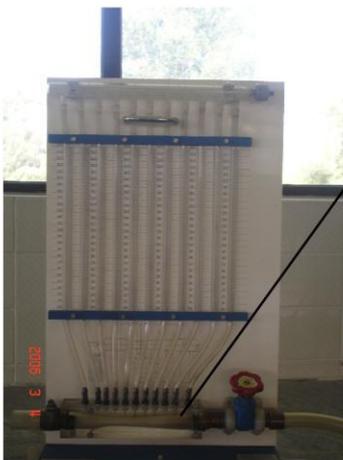
Figura 5.11 Fotografía mantenimiento No.1

EQUIPO EN SERVICIO DE MTO. SEMESTRAL



Figura 5.12 Fotografía mantenimiento No.2

ANTES DEL MANTENIMIENTO



Equipo con sedimentos

Equipo con superficies internas y externas limpias

DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO



Figura 5.13 Fotografía mantenimiento No.3



Figura 5.14 Fotografía mantenimiento No.4



Figura 5.15 Fotografía mantenimiento No.5



Figura 5.16 Fotografía mantenimiento No.6



Figura 5.17 Fotografía mantenimiento No.7

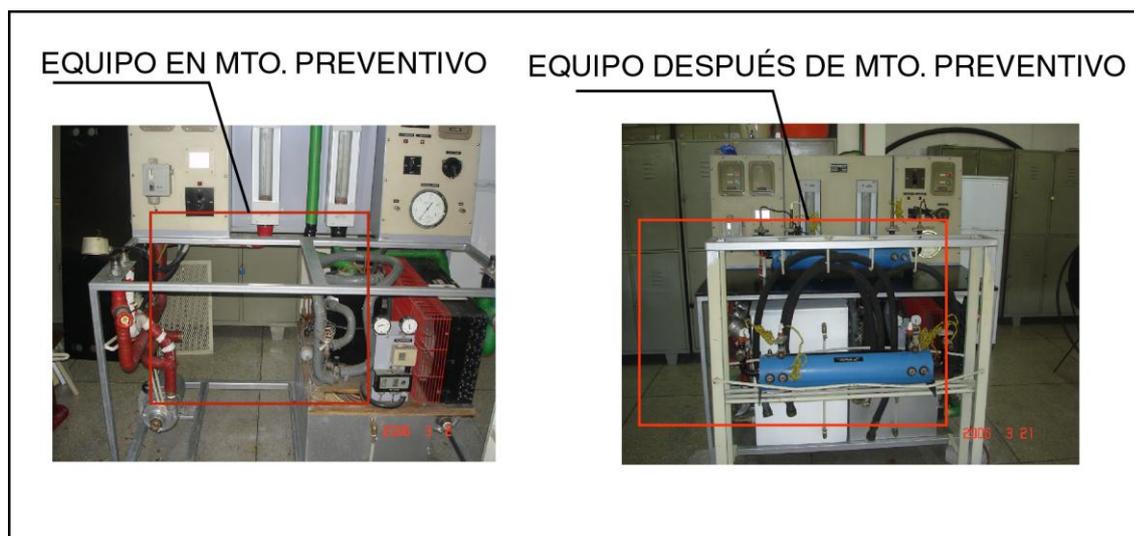


Figura 5.18 Fotografía mantenimiento No.8



Como se muestran en las fotografías existe un alto compromiso de realizar las tareas de mantenimiento preventivo en todos los Laboratorios de la FIME, siendo este campo de fácil implantación.

Existen dificultades en la implantación de la documentación que se necesita llevar en el sistema de mantenimiento por cuanto no hay un total cumplimiento de esta tarea, si no que se la cumple parcialmente.

CAPÍTULO 6

SEGURIDAD INDUSTRIAL

6.1 ANTECEDENTES

Los trabajos de servicio de mantenimiento preventivo de los Laboratorios de la FIME se los puede considerar como de baja peligrosidad y de baja probabilidad de riesgo de acuerdo al tiempo.(baja probabilidad de que se presente o que ocurra un suceso)

No se han presentado accidentes en los trabajos de mantenimiento preventivo en los Laboratorios de la FIME como tampoco se han presentado enfermedades profesionales.

Además, los aspectos relacionados con la higiene dentro de los cuales tenemos:

- Limpieza general,
- Servicios Sanitarios,
- Servicio de agua para consumo humano,
- Sitios asignados para ingerir alimentos,
- Condiciones ambientales, son excelentes dentro de los laboratorios.

Otro aspecto importante a considerar son las condiciones de la instalación, operación, equipos y montaje dentro de los laboratorios. Los equipos a ser mantenidos tienen una distribución adecuada, la cual permite la facilidad de las operaciones sin riesgo de que la operación de otra máquina ponga en riesgo al operario de mantenimiento. Otro aspecto importante es que las máquinas tienen resguardos y dispositivos de seguridad.

6.2 CONTAMINANTES

Los trabajos de mantenimiento como tantos otros modifican el ambiente, y esta modificación conlleva la contaminación del mismo. El objetivo de la Seguridad Industrial es que estos contaminantes no causen daño al recurso humano.

Se consideran contaminantes a las condiciones o elementos de trabajo que puede afectar la resistencia mecánica del cuerpo humano y causarle daños.

Dentro de estos tenemos los siguientes en nuestro caso:

- Mecánicos.- dentro de los cuales tenemos: discos dentados que giran a gran velocidad, cilindros giratorios, puntas afiladas o estriadas que giran a gran velocidad, elementos móviles que se desplazan en forma vertical u horizontal, partículas o fragmentos que se desprenden a gran velocidad, llamas o elementos incandescentes, conductores o elementos energizados en alta o baja tensión, sustancias corrosivas, tóxicas y venenosas.
- Físicos.- en los cuales encontramos: ruido, vibraciones, radiaciones ionizantes y no ionizantes, temperaturas extremas, iluminación defectuosa, campos eléctricos y magnéticos, iluminación incorrecta
- Químicos.- entre los que se cuentan: Aerosoles, gases y vapores, humos, nieblas y rocíos.

6.3 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y PRÁCTICAS DE TRABAJO SEGURO

Los contaminantes en conjunción con prácticas laborales peligrosas o riesgosas pueden conducir a que sucedan accidentes, por lo que se recomienda lo siguiente:

Usar elementos personales de protección especial, dentro de los cuales tenemos:

- Protección de la cabeza contra riesgos de origen mecánico (caídas de objetos, golpes) , eléctrico (contacto con elementos energizados de alta y baja tensión), térmicos (contactos con elementos calientes).
- Protección facial y ocular para evitar impactos o proyección de partículas volantes, proyección de líquidos y metales fundidos, daños por aerosoles, gases y vapores, radiaciones, etc.
- Protección de las manos con guantes de seguridad para evitar daños por agentes mecánicos, eléctricos, químicos y térmicos.
- Protección de los pies, los cuales además de proteger la parte física del pie, protegen del riesgo de humedad y deslizamiento
- Protección del oído
- Protección contra riesgos especiales.

- Equipos de protección contra el calor.²⁵

Por lo que los equipos de protección serían:

- Casco
- Gafas de seguridad
- Pantallas faciales de cabeza para soldador.
- Guantes
- Mangas
- Botas de seguridad
- Ropa de trabajo.
- Faja lumbar para el caso de que el trabajo tenga el operador que cargar objetos pesados u otro trabajo donde se produzca fatiga en la espalda.
- Protectores auditivos.

Dentro de las prácticas de trabajo seguro se tiene:

- Conocer las operaciones.
- Orden y limpieza
- Inducir y entrenar a operadores nuevos
- Adecuado ambiente para trabajar (buena iluminación, ambientes ventilados de ser necesario.)
- Usar equipos de protección
- Uso de herramientas adecuadas para cada trabajo.
- Leer las precauciones que el fabricante de equipo, maquinaria, herramienta o elemento fungible proporciona en sus catálogos, etiquetas u otra forma de divulgación. En especial con sustancias tóxicas, corrosivas e inflamables.
- Para levantamiento de cargas pesadas, utilizar equipo adecuado como grúas, puentes grúa, montacargas.
- Almacenar adecuadamente los combustibles y elementos inflamables.
- Poner adecuada atención a las actividades que se realiza.
- Desconectar los equipos de ser necesario.

²⁵ CARRIÓN, J. Gerencia de Riesgos y Seguridad Integral en la Empresa. Identificación y Valoración de Riesgos. Ecuador Escuela Politécnica Nacional. Programa de Seguridad Industrial de Maestría en Ingeniería Industrial. 2001. pp. 120

- No realizar trabajos bajo el efecto de sustancias tóxicas.
- Permanecer el menor tiempo posible cerca de fuentes de radiaciones ionizantes, por ejemplo equipos de rayos X.(existe fuentes ionizantes en el laboratorio de metalurgia).

6.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN ÁREAS DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES.

Para los trabajos de mantenimiento de la FIME como ya se advirtió, se necesita líquidos inflamables como gasolina y diesel. Estos líquidos se los almacena esporádicamente en los laboratorios en sus respectivas bodegas, aunque no es grande la cantidad almacenada, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Que no se produzcan derrames en el área de almacenamiento.
- Que los tanques de almacenamiento sean los adecuados.
- Que los tanques en donde se almacena líquidos inflamables estén en buen estado.
- Que existan pararrayos para protección de descargas atmosféricas.
- Que no existan instalaciones eléctricas de alta tensión cerca del área de almacenamiento.
- Que exista iluminación suficiente en el área de almacenamiento.

CAPÍTULO 7

COSTOS DE MANTENIMIENTO

7.1 TIPOS DE COSTOS

7.1.1 COSTOS DIRECTOS O COSTOS PRIMOS

Estos costos obedecen a:

- Costos de materiales directos de mantenimiento
- Costos de mano de obra directo (M.O.D.) de mantenimiento

7.1.2 COSTOS INDIRECTOS

Estos costos se deben a:

- a) Pérdidas por inactividad de la máquina en reparación
 - Pérdidas en la producción y desperdicios.
 - Pérdidas en el volumen de ventas-lucro cesante
 - Pérdida de calidad de producción (1ra., 2da. Calidad)
- b) Depreciación extraordinaria de la planta (cuando se reemplaza antes del tiempo de vida útil calculado)
- c) Mano de obra indirecta de mantenimiento

7.1.3 COSTOS GENERALES

Se considera costos generales a:

- Servicios básicos: agua, energía eléctrica
- Depreciación de la maquinaria de mantenimiento
- Otros gastos generales²⁶

7.2 CÁLCULO DE COSTOS

Costos directos:

Para el cálculo de costos de materiales directos se utilizó la lista de materiales fungibles necesarios para mantenimiento que se expuso en el capítulo 3 con

²⁶ DÍAZ, J. S. T. S. E. S. L. Apuntes del curso de Mantenimiento Industrial Dictados en la FIME. 2003

precios referenciales obtenidos de los presupuestos enviados por los Laboratorios de la FIME al Decanato.

Tabla 7.1 Costos de materiales directos

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO APROX.	TOTAL APROX
ACEITE 20W50	14	gal	15	210
ACEITE 3 EN 1	7	frascos	1.5	10.5
ACEITE HIDRÁULICO	5	gal	15	75
ACEITE MEROPA 220	1	GL	50	50
ACEITE PARA COMPRESOR	7	GL	15	105
ACEITE REFRIGERANTE	2	GL	15	30
ACEITE TEXACO URSA LA-3	5	GAL	50	250
ALCOHOL POTABLE	2	lt	2.5	5
BROCHA 1 1/2 Pulg	2	u	1.2	2.4
BROCHA 1 Pulg	4	u	0.8	3.2
BROCHA 1/2 Pulg	10	u	0.8	8
BROCHA 2 Pulg	10	u	1.5	15
BROCHAS DE 10, 20 Y 30 mm	5	u	2	10
BROCHAS PARA LIMPIEZA RECIP. VIDRIO	2	u	1.5	3
CEPILLOS	1	juego	5	5
CERA RALLY 400 G	5	u	6	30
CINTA DOBLE FAZ	2	rollo	2.5	5
DESOXIDANTE	1	gal	15	15
DETERGENTE	2	KG	2.5	5
DIESEL	5	gal	1	5
ESPATULAS	2	u	2	4
EXTENSIONES ELÉCTRICAS 10m 220 v	2	u	5	10
FILTRO ACEITE FRAM PH8A	3	u	9	27
FILTRO DE GASOLINA RECTO	5	u	5	25
FRANELA	6	metros	3	18
FRASCO DE ALCOHOL DE 1000 ml	2	u	8	16
FRASCO DE BRASSO 250 cm3	2	u	1	2
FRASCO DESOXIDANTE	1	u	15	15
FRASCOS DE 100ml DE ACEITE 3 EN 1	25	FRASCOS	4	100
FUSIBLES 1A	10	u	1	10
FUSIBLES 2A	10	u	1	10
FUSIBLES 3A	10	u	1	10
FUSIBLES 5A	10	u	1	10
GASOLINA	73	gal	1.5	109.5
GRASA LIVIANA	1	kilo	3	3
GUAÍPE	20	lb	1.5	30
GUANTES DE CUERO	5	PARES	6	30
GUANTES QUIRURGICOS	10	PARES	1	10
GUANTES SIN PELUSA	4	u	4	16
JUEGO DE DESTORNILLADORES DE RELOJERO	2	u	5	10
LAVAVAJILLA	1	u	2	2
LIENZO	15	metros	1.5	22.5
LIJA 100	23	PLIEGO	1	23
LIJA 200	23	PLIEGO	1	23

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO APROX.	TOTAL APROX
LIJA 300	23	PLIEGO	1	23
LIJA DE AGUA	10	PLIEGO	6	60
LIJA No. 60	5	PLIEGO	3	15
LIJA No. 600	10	u	1	10
LIMPIA CONTACTOS ELECTRICOS	1	u	15	15
LIMPIA CONTACTOS ELECTRÓNICOS	2	TARRO	5	10
LINTERNA	1	u	5	5
LUPAS 4X	2	u	9	18
MANGUERA 1/2 Pulg	20	metros	2	40
MANGUERA 1 Pulg	20	metros	2	40
MANGUERA 4mm.	20	metros	1.25	25
MANGUERA 6mm.	20	metros	1.5	30
MASILLA EPÓXICA	5	u	4	20
MASKING	4	rollo	0.75	3
METROS DE PAÑO SIN PELUSA	2	u	2.5	5
PAÑOS VILEDA	10	u	3	30
PEGAMENTO BRUJITA	5	tubo	1.5	7.5
PEGAMENTO EPÓXICO	8	tubo	2	16
PEGAMENTO ZAPATERO	0.25	gal	3	0.75
PERMATEX	4	tubo	1	4
PILAS LR44 MAXELL	60	u	2	120
PINCELES MEDIANOS	2	u	1	2
PINTURA AMARILLO CATERPILLAR	1	GL.	10	10
PINTURA ANTICORROSIVA	2	gal	20	40
PINTURA ANTIOX NEGRA MATE	2	LT	6	12
PINTURA COLOR ALUMINIO	1	LT	3	3
PINTURA COLOR PLOMO	2	GL	10	20
PINTURA ESMALTE HIDRORESISTENTE	4	gal	10	40
PINTURA LACA	1	GL	10	10
PINTURA LACA AZUL OSCURO	1	LT	4	4
PINTURA LACA GRIS OSCURO	2	LT	7	14
PULIMENTO PARA METALES	4	tubo	1.5	6
PULIMENTO RALLY PARA SUP.LISAS	6	tarro	1.5	9
REMOVEDOR DE PINTURA	1	gal	20	20
ROLLOS DE ALGODÓN	3	u	5	15
SET DE LIMPIEZA	1	u	20	20
SILICON ROJO ALTA TEMP.	4	u	3	12
SILICONA TRANSPARENTE	28	tubo	1.5	42
SUELDA ESTAÑO TIPO ALAMBRE	1	ROLLO	10	10
TAIPE	19	rollo	1.2	22.8
TEFLON	30	rollo	0.5	15
TEFLON	10	ROLLO	1	10
THIÑER PARA LACA	2	GL	12	24
VASELINA	1	kg	15	15
VASELINA DE PETROLEO	5	u	4	20
ACEITE SPINDURA 10	10	GL	15	150
ACEITE PARA VACIO	5	GL	8	40
ACEITE PARA REFRIGERACIÓN	3	GL	6	18
AGUA DESTILADA	10	BOTELLA	1	10

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO APROX.	TOTAL APROX
ALCOHOL INDUSTRIAL	10	BOTELLA	2	20
PILAS AAA	12	u	3	36
PILAS PARA CRONOMETRO	12	u	1	12
ESCOBILLON DE ALAMBRE DE 3 METROS	2	u	15	30
LIJA 400	16	u	1	16
LIJA 500	10	u	1	10
BRUJAS ANTIGOTEOS GRANDES	3	u	3	9
CEPILLOS DE ALAMBRE	3	u	2	6
BATERIAS	6	u	2	12
MANGUERA DE VINIL 1/4, 1/2, 3/4, 3/8	20	METROS	1	20
MANGUERA DE CRISTAL DE TRENDA 1/4, 1/2, 3/4, 3/8	20	METROS	1	20
ABRAZADERAS 1/4, 1/2, 3/4, 3/8	10	c/u	1.5	15
ACEITE TELLUS 33	2	GLN	10	20
KIT DE LIMPIEZA PARA COMPUTADOR	2	JUEGOS	6	12
ACEITE PARA SISTEMAS HIDRÁULICOS	150	GLN	15	2250
PERNO M16X75	12	u	1	12
PERNO M12X75	12	u	1	12
PERNO M8X30	12	u	1	12
PRISIONERO M4	12	u	1	12
PRISIONERO M6	12	u	1	12
LIMPIA CONTACTOS ELECTRICOS	1	u	1	1
SILICONA	5	u	15	75
TAIPE PARA ALTA TENSION	6	u	1.2	7.2
LIJA ACERO 180	40	u	1	40
LIJA AGUA 320	40	u	6	240
WYPE	50	u	1.5	75
BROCHA DE 2"	10	u	1	10
FRANELAS	5	u	3	15
ACEITE TELLUS 33	10	GAL	15	150
ACEITE TELLUS 63	10	GAL	15	150
ACEITE REGAL OIL 220	55	GAL	15	825
ACEITE HIDRÁULICO TELLUS R22	55	GAL	15	825
ACEITE SOLUBLE	15	GAL	15	225
GRASA MARFAX II	25	KG	3	75
GASOLINA	10	GAL	1.5	15
DIESEL	10	GAL	1	10
BROCHA, PAPEL VICTORIA PERMATAX	1	1	1	1

Total	7776.35
-------	---------

Como costo de mano de obra directa se tomó la proporción del 25% del sueldo al año de cada laboratorista. Por cuanto se considera que el 25% de las horas de trabajo el laboratorista lo destina para trabajos de mantenimiento.

$$M.O.D. = 0.25 \times 9 \times S.L.A \text{ (USD/año)}$$

Donde:

M. O. D. Mano de obra directa

S. L. A. Sueldo básico de laboratorista al año (este valor no incluye las remuneraciones complementarias como decimos sueldos, compensaciones salariales, bonos, etc.). Para este cálculo se tomo el sueldo mensual básico de 322.06 USD.

0.25 es el 25%

9 son lo laboratoristas que pertenecen a los Laboratorios de la FIME

M. O. D. = $0.25 \times 9 \times 3864.72$ (USD/año)

M. O. D. = 8695.62 USD

El calculo de los costos indirectos se los consideró cero, debido a que la baja utilización de los equipos permite dar mantenimiento sin parar el servicio de los equipos, además que ningún equipo produce piezas por lo cual no se produce desperdicios como tampoco se reduce ventas

Para los costos generales debido a que no se posee información respecto a estos rubros, se los consideró como un 10% del total de los costos directos. En este rubro esta considerado también los costos de papelería, administración, etc.

Con lo cual se tiene el siguiente tabla:

Tabla 7.2 Costos de Mantenimiento preventivo

Costos directos o costos primos	USD
Costo de materiales directos de mantenimiento	7776.35
Costo de Mano de obra directa	8695.62
Total costos directos	16471.97
Costos indirectos	
Pérdidas por inactividad de la máquina en reparación	0
Depreciación extraordinaria del laboratorio	0
Mano de obra indirecta	0
Total costos indirectos	0
Costos generales	
Total costos generales	1647.19
Total costos de Mantenimiento preventivo	18119.16

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

8.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

8.1.1 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

De acuerdo con los objetivos planteados, el proyecto no demandó un egreso de dinero significativo diferente al que se ha venido haciendo en la facultad por concepto de lubricación, reparaciones y sueldos. Lo que se ha tratado de establecer es una racionalización y redistribución de los recursos, dando así un financiamiento a través de redistribución más que un financiamiento a través de inversión o gasto, de ahí que la inversión y el gasto del proyecto sean parte de recursos previamente asignados o gastos asignados al ejercicio de los laboratorios.

8.1.2 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

8.1.2.1 Inversión fija

Las inversiones fijas constituyen lo que más tarde serán los Activos Fijos de la empresa y corresponden a los bienes que la empresa adquiere con el ánimo de destinarlos a su explotación, sin que sean objeto de transacciones comerciales usuales en el curso de sus operaciones.²⁷

Dentro de estas inversiones están:

- Estudios, proyectos, gastos de organización.
- Terrenos
- Edificios
- Instalaciones externas y gastos fuera de fábrica
- Maquinaria y equipo
- Instalación
- Vehículos
- Herramientas, accesorios, elementos de laboratorio.

²⁷ CALDAS, F. Y PANDO, F. Proyectos Industriales. Primera Edición. Honduras. BANCO CENTROAMERICANO DE INTEGRACIÓN ECONÓMICA. 1980. pp. 64-152

- Puesta en marcha
- Capacitación del personal.
- Intereses en el periodo de construcción.
- Muebles e instalación de oficina.

Para el presente proyecto solo se tendrán en cuenta gastos de estudios, proyectos y gastos de organización.

Estudios, proyectos y gastos de organización

En este rubro se consideró los gastos correspondientes al estudio, diseño e implantación primaria del Sistema de Mantenimiento Preventivo. En este rubro también se consideró los gastos de asesores y técnicos que han colaborado en el estudio y diseño del proyecto. En el cuadro siguiente se presenta estos gastos a detalle:

Cuadro 8.1 Cuadro de inversión en estudios, proyectos y gastos de inversión

1.-INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN

1.1 PERSONAL

Cant.	Posición	Horas-H	USD	USD
			Valor H-H	Valor total
1	Director de Tesis	60	15	900
1	Codirector de Tesis	40	7	280
1	Tesista	800	2	1600
	TOTAL 1,1			2780

1.2 MISCELANEOS

			USD
Útiles de Oficina			200
Servicios básicos (electricidad, agua potable, teléfono, otros)			200
TOTAL 1,2			400
			SUBTOTAL 1 3180

2. COSTOS DIRECTOS

2.2 REMUNERACIONES A NO PROFESIONALES

Cant.	Posición	Horas-H	USD	USD
			Valor H-H	Valor total
7	Ayudante de Laboratorio	5	4	140
	TOTAL 2.2			140

2.5 OTROS COSTOS DIRECTOS

Cant.	Descripción	Costo total
	Contrataciones de servicios	200
	Adquisición de software, libros y revistas	500
	TOTAL 2.5	700

SUBTOTAL 2	840
-------------------	------------

3. IMPREVISTOS	402
-----------------------	------------

4. TOTAL GENERAL	4422
-------------------------	-------------

8.1.2.2 Capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde al monto de disponibilidad que debe tener la empresa, para atender sus necesidades ordinarias de operación. Un método de cálculo aceptado es la que desglosa las necesidades de capital de trabajo en los siguientes conceptos:

- Materia prima en existencia y en tránsito
- Otros materiales en existencia
- Materiales en proceso
- Caja y bancos
- Productos terminados.
- Productos vendidos, por cobrar.

Para el presente proyecto el capital de trabajo que se necesita es de:

- a) Otros materiales de existencia, que corresponden a material y accesorios de mantenimiento.
- b) Caja y bancos, que corresponde a gastos corrientes y sistemáticos tales como pagos de sueldos y planillas, pago de energía eléctrica, etc.

En el cuadro siguiente se muestra estos rubros. Los materiales en existencia se calcularon según detalle de técnicos, mientras que, como se dijo anteriormente se tomo el 25% del total del sueldo básico de los laboratoristas como sueldos en el proyecto y se tomó un 10% de los costos como pago de planillas de agua, electricidad y administración en vista que la FIME no cuenta con un registro de estos rubros desglosados referentes a mantenimiento.

Cuadro 8.2 Capital de trabajo

CAPITAL DE TRABAJO	USD/AÑO
Otros materiales	7776.35
Caja y bancos	
Sueldos	8695.62
Gastos varios (administración, energía, agua potable, papelería, etc.)	1647.19
TOTAL CAJA BANCOS	10342.81
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO	18119.16

8.1.2.4 Financiamiento

La primera parte del proyecto se financió de acuerdo al cuadro siguiente:

Cuadro 8.3 Cuadro de Financiamiento de Estudio, Diseño e Implementación del Sistema de Mantenimiento.

FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO					
RUBROS	PRESUP.	RECURSOS EXTERNOS	%	RECURSOS PROPIOS	%
1.INGENIERIA Y ADM.	3180	2780	87,42	400	12,58
2.COSTOS DIRECTOS	840	100	11,90	740	88,10
3.IMPREVISTOS	402	120	0	282	70,15
4.ESCALAMIENTO DE COSTOS	0	0	0	0	0
5.COSTOS FINANCIEROS	0	0	0	0	0
TOTAL GENERAL	4422	3000		1422	
ENTIDADES DE FINANCIAMIENTO					
NACIONALES					
ENTIDAD					MONTO
ESPE					1422
TOTAL:					1422

Los recursos propios se refiere a recursos de la FIME, mientras los recursos externos se refiere a recursos que no fueron aportados por la FIME.

El proyecto se lo ha realizado a 10 años debido que la depreciación de los equipos se lo realiza a diez años. Se a proyectado un flujo constante de dinero que debe ser desembolsado anualmente.

El cuadro siguiente muestra el cronograma de desembolsos.

Cuadro 8.4 Cronograma de desembolsos.

Año	MONTO ESTUDIOS	MONTO MANTENIMIENTO
1	1422	18119.16
2	0	18119.16
3	0	18119.16
4	0	18119.16
5	0	18119.16
6	0	18119.16
7	0	18119.16
8	0	18119.16
9	0	18119.16
10	0	18119.16

8.2 ANÁLISIS FINANCIERO

El mantenimiento es en la mayoría de casos tomado como un gasto que se necesita desembolsar para mantener la capacidad productiva de una planta (en el caso presente para mantener la capacidad operativa de los laboratorios).

El equipo y maquinaria es depreciado a tiempo fijo, con la previsión de que dentro del tiempo de vida útil en que el bien es depreciado, hay que gastar en mantenimiento. De no hacerlo se presenta una pérdida debido a la disminución del tiempo de vida útil del equipo.

Los beneficios del mantenimiento están en que no exista una reducción en el tiempo de vida útil de la máquina y que no se produzca un deterioro acelerado de los bienes. Si esto se presentara, habría una pérdida debido a la fracción del total del costo de la máquina que no se aprovecharía.

En países en vías de desarrollo, como es el nuestro, debido a la carencia de recursos económicos, el equipo y maquinaria se los renueva a largo plazo y se los utiliza inclusive varios años sobre el límite del tiempo de vida útil y del tiempo de vida contable. Siendo por esta razón importante un buen sistema de mantenimiento, ya que garantiza ese periodo de alargamiento de la vida útil,

consiguiendo un beneficio de explotación añadida a la inversión inicial de los equipos. Además de disminuir la premura de la reposición de bienes cuando éstos ya han cumplido su vida útil.

Para hacer un análisis financiero se necesita conocer el valor de los bienes, el tiempo de depreciación y el valor actual de los equipos.

El Dirección de Bienes de la ESPE no cuenta con un inventario actualizado del valor de los equipos, ya que aún tiene sus inventarios con valores en sucres. Los equipos se los ha depreciado a diez años (10% por año) , lo que quiere decir que ya cumplieron su vida útil, pero debido a que se encuentran en buenas condiciones es necesario revalorizarlos. La tarea de revalorización esta pendiente.

Por lo que se ha expuesto anteriormente no se puede hacer un análisis financiero con flujo de dinero, pero se puede bajo ciertas circunstancias hacer un análisis de los beneficios del proyecto.

Primero se consideró que el proyecto es a diez años y que además de conseguir que no exista pérdida por reducción de vida útil del equipo se tendrá un aumento en el 50% de vida útil de los equipos.

Segundo se consideró que el mantenimiento preventivo anual es menor o igual al 10% del valor del bien. De donde se tiene lo siguiente:

Cuadro 8.5 Cuadro de porcentajes de inversión versus porcentaje de beneficio.

Inversión	Anual	En 10 años
Inversión	10%	100%
Costo de no pérdida de vida útil	10%	100%
Costo de añadir vida útil	5%	50%
Total beneficio	15%	150%

Del cuadro 8.3 se tiene que el “ costo de inversión” de 10 % en mantenimiento nos da una “ utilidad “ del 15% anual lo que significa una tasa interna de retorno del 150%.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

1. Se determinó la planeación y la programación del Mantenimiento Preventivo de los 294 equipos más importantes de los Laboratorios de la FIME.
2. Se elaboró los cronogramas de Mantenimiento Preventivo de los equipos en Microsoft Project.
3. Se estandarizó la documentación necesaria para llevar datos relevantes del mantenimiento de los equipos
4. Se estructuró guías de procedimiento para Mantenimiento Correctivo y para Control de Inventario de Bodegas.
5. Se determinó cuales son los equipos que necesitan reparación.
6. Se definió cual es la lista de materiales fungibles para el Mantenimiento Preventivo de los Laboratorios de la FIME.
7. Se elaboró una base de datos con información básica de todos los equipos de los Laboratorios de la FIME.
8. Se creó los planos de los laboratorios de Motores y Máquinas Mecánicas (Mecanismos).
9. Se mejoró el nivel de cumplimiento de tareas de Mantenimiento Preventivo de Regular a Bueno.
10. Se mejoró y formalizó la comunicación del personal técnico y del personal administrativo encargados del Mantenimiento Preventivo de los Laboratorios de la FIME.

9.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la planeación y la programación del Mantenimiento Preventivo se evalúe anualmente con el objetivo de depurar y mejorar los procesos.
- Se aconseja capacitar al personal técnico de mantenimiento en electricidad industrial debido a que los equipos de los laboratorios cuentan con elementos eléctricos en su constitución, además de que la mayoría de averías no solucionadas son relacionadas con elementos eléctricos, sin olvidar que en el presente y mucho más en el futuro el peso del mantenimiento eléctrico y electrónico ha subido y subirá debido a que las maquinaria y equipo tiende a cambiar los sistemas de control mecánico en eléctrico como el eléctrico en electrónico.
- Se sugiere una adecuada atención al Mantenimiento Preventivo y a las causas de las fallas en los equipos por cuanto la mayoría de ellos a cumplido su vida útil y la utilización de éstos será mayor a causa de que ha crecido el mercado estudiantil en la FIME.
- Se recomienda que el estímulo y el control en el Mantenimiento Preventivo se mantenga o se incremente con el fin de que se fortalezca el compromiso de realizar esta tarea tan importante dentro de la calidad de servicio que brinda a facultad.
- Se sugiere que el siguiente paso dentro del Sistema de Mantenimiento sea la incorporación de un paquete informático que facilite la administración y control del mantenimiento.