

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA



“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PROLONGAR LA OPERATIVIDAD DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO”

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO

JUAN GUILLERMO MANCCO PÉREZ

Callao, 2019
PERÚ

DEDICATORIA

A la memoria de mis queridos padres Héctor y Jesusa en homenaje y recuerdo por su amor, sacrificio y dedicación.

A mis hijos Flor e Iván que son la fuerza y razón de mi vida.

A mis hermanas Blandina, Ayde y Maribel Mancco por su comprensión y aliento continuo.

También a mi prima Martha y a mi sobrina Kathy que me brindaron su apoyo desde la distancia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis profesores quienes me enseñaron más que el saber científico, el conocimiento que no se aprende en aulas y a saber compartirlo con los demás.

En especial a mi Facultad, mi querida FIME, por haberme albergado en sus aulas como estudiante y que luego siendo profesional pude regresar para tener la oportunidad de ser docente.

A todos mis colegas por su amistad estén o no en la Facultad y del mismo modo a mi asesor por los aportes y recomendaciones para desarrollar el presente trabajo.

También a mí estimada Anita por su colaboración y comprensión en la presentación de la presente tesis.

INDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.1 Identificación del Problema	9
1.2 Formulación de problemas	10
1.2.1 Problema general.....	10
1.2.2 Problemas específicos.....	10
1.3 Objetivos de la investigación	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 Justificación	12
1.4.1 Justificación Legal:	12
1.4.2 Justificación Teórica:.....	12
1.4.3 Justificación Económica:	12
1.4.4 Justificación Social:	12
1.5 Importancia	13
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Antecedentes del estudio	14
2.2 Marco Teórico.....	16
2.2.1 Definiciones básicas de mantenimiento.....	16
2.2.2 Tipos de mantenimiento	17
2.2.3 Gestión de Mantenimiento.....	20
2.2.4 El ciclo del mantenimiento	21
2.2.5 Técnicas de Mantenimiento.....	27
2.2.6 El Ciclo de Vida	35
2.2.7 Indicadores de gestión mantenimiento.	39
2.2.8 Normatividad	42
2.2.9 Diseño de instalaciones en los laboratorios	43
2.2.10 Mantenimiento de laboratorios	43
2.2.11 Plan de Mantenimiento.....	47
2.2.12 Laboratorio de Materiales (LM)	48
2.2.13 Laboratorio de Materiales de la FIME – UNAC	52
2.3 Definiciones de términos básicos.....	62

III.	VARIABLES E HIPÓTESIS	64
3.1	Variables de Investigación.....	64
3.2	Operacionalización de las variables.....	65
3.3	Hipótesis General e Hipótesis Específicas.....	66
3.3.1	Hipótesis General.....	66
3.3.2	Hipótesis Específicas	66
IV.	METODOLOGÍA.....	67
4.1	El Tipo de Investigación.....	67
4.2	Diseño de Investigación.....	68
4.3	Población y Muestra	74
4.4	Formas e instrumentos de recolectar de datos	74
4.4.1	Primera etapa de investigación:	74
4.4.2	Segunda Etapa de Investigación:	75
4.4.3	Tercera Etapa de Investigación:	75
4.5	Procedimientos de obtención de los datos	75
4.5.1	Codificación de equipos y máquinas.....	76
4.5.2	Inventario de equipos y máquinas	77
4.5.3	Elaboración de fichas técnicas.....	78
4.5.4	Diagnóstico situacional	79
4.5.5	Actividades de mantenimiento	85
4.5.6	Plan anual de actividades del Mntto. Preventivo del LM ...	86
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	87
4.6.1	Codificación de equipos	87
4.6.2	Inventario de Equipos y Máquinas	88
4.6.3	Elaboración de fichas técnicas de equipos y máquinas ...	90
4.6.4	Diagnóstico situacional	101
4.6.5	Actividades de mantenimiento	111
4.6.6	Plan de Anual del Mantenimiento Preventivo del LM.....	114
V.	RESULTADOS.....	124
5.1	Codificación de equipos	124
5.2	Del inventario.....	124
5.3	Acerca de fichas técnicas.....	124
5.4	Respecto al diagnóstico.....	124
5.5	Resultados de tareas de mantenimiento	125
5.6	Elaboración del proyecto de Mantenimiento.....	125
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	126
6.1	Contrastación de hipótesis con resultados.....	126

6.2	Resultados contrastados con estudios similares	126
VII.	CONCLUSIONES	127
VIII.	RECOMENDACIONES	128
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
9.1	Bibliografía.....	129

ANEXOS:

- ANEXO A : Matriz de consistencia
- ANEXO B : Catálogos del fabricante
- ANEXO B-1: Catálogo de Máquina Universal
- ANEXO B-2: Catálogo de Máquina de Dureza
- ANEXO B-3: Catálogo de Máquina de Fatiga
- ANEXO B-4: Catálogo del Horno Eléctrico
- ANEXO B-5: Catálogo del Cilindro Grueso

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1	El ciclo de mantenimiento	22
FIGURA 2.2	El ciclo de gestión del mantenimiento	25
FIGURA 2.3	El ciclo operacional del mantenimiento	26
FIGURA 2.4	Gráfico de un ejemplo de análisis de criticidad	35
FIGURA 2.5	Curva de la bañera o Ciclo de Vida	37
FIGURA 2.6	Degeneración con la determinación de la vida útil	38
FIGURA 2.7	Ubicación de la Universidad Nacional del Callao	53
FIGURA 2.8	Plano de ubicación de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía en la Ciudad Universitaria	54
FIGURA 2.9	Organigrama de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía	57
FIGURA 2.10	Organigrama de los laboratorios y talleres	59
FIGURA 2.11	Distribución de las máquinas y equipos	61
FIGURA 4.1	Diseño de la investigación	68
FIGURA 4.2	Árbol de problemas	71
FIGURA 4.3	Árbol de objetivos	72
FIGURA 4.4	Modelo de codificación de máquinas y equipos	77
FIGURA 4.5	Diagrama causa-efecto: horno eléctrico	122
FIGURA 4.6	Diagrama causa-efecto: cilindro de pared gruesa	123

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1	Resumen de modelos de mantenimiento	18
CUADRO 2.2	Resumen de tipos de mantenimiento	19
CUADRO 2.3	Niveles de prioridad en averías	32
CUADRO 3.1	Operacionalización de las variables	65
CUADRO 4.1	Matriz de involucrados	70
CUADRO 4.2	Matriz del marco lógico	73
CUADRO 4.3	Formato de diagnóstico	82
CUADRO 4.4	Máquinas y equipos significativos	83
CUADRO 4.5	Asignaturas que utilizan el LMM – FIME	83
CUADRO 4.6	Formato para análisis de criticidad	84
CUADRO 4.7	Códigos de las máquinas y equipos	88
CUADRO 4.8	Inventario técnico de las máquinas y equipos	89
CUADRO 4.9	Ficha técnica de la Máquina de Fatiga	90
CUADRO 4.10	Ficha técnica de la Máquina Universal	91
CUADRO 4.11	Ficha técnica de la Máquina de Dureza	92
CUADRO 4.12	Ficha técnica de la Máquina de Impacto	93
CUADRO 4.13	Ficha técnica del Horno Eléctrico	94
CUADRO 4.14	Ficha técnica del equipo de Cilindro de Pared Gruesa	95
CUADRO 4.15	Ficha técnica del equipo de Torsión	96
CUADRO 4.16	Ficha técnica del equipo de Flexión	97
CUADRO 4.17	Ficha técnica del Esmeril de Banco	98

CUADRO 4.18	Ficha técnica del Tornillo de Banco	99
CUADRO 4.19	Ficha técnica general de máquinas y equipos	100
CUADRO 4.20	Modelo de ficha de horas de trabajo	102
CUADRO 4.21	Horas de trabajo prom. de máquinas y equipos	102
CUADRO 4.22	Parámetros de diagnóstico de máq. y equipos	105
CUADRO 4.23	Nivel de prioridad de las máquinas y equipos	105
CUADRO 4.24	Diagnóstico de máquinas y equipos	106
CUADRO 4.25	Niveles de criticidad	107
CUADRO 4.26	Criterios de criticidad	108
CUADRO 4.27	Resultados de cálculos de criticidad.	109
CUADRO 4.28	Niveles de criticidad de las máquinas y equipos	110
CUADRO 4.29	Formato de actividades de mantenimiento diario	112
CUADRO 4.30	Matriz de limpieza del laboratorio de mecánica de materiales.	116
CUADRO 4.31	Matriz de inspección del laboratorio de mecánica de materiales.	117
CUADRO 4.32	Matriz de mantenimiento del laboratorio de mecánica de materiales	118
CUADRO 4.33	Plan anual de mantenimiento del laboratorio de mecánica de materiales	119

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1	Horas de trabajo de las máquinas y equipos	103
GRÁFICO 4.2	Análisis de criticidad de máquinas y equipos	110

RESUMEN

La presente tesis plantea diseñar un Plan para llevar a cabo Mantenimiento Preventivo de equipos y máquinas del Laboratorio de Materiales de la FIME, donde se realizó trabajos de campo para recolectar la información del estado actual.

Con dichos datos hallados se logró evaluar, analizar, comprender e identificar la función y la operatividad estableciendo sus parámetros, fichas técnicas y de control de horas trabajadas.

Se realizó el diagnóstico donde se consideró los parámetros de: nivel de riesgo, grado de obsolescencia, requisito histórico de mantenimiento; porque ellos están asociados al estado de preservación y de funcionamiento.

El plan se basa en el mantenimiento preventivo porque se requiere prolongar su operatividad.

En consecuencia, se tuvo que utilizar análisis de criticidad mediante la priorización de labores de mantenimiento sobre la base de los parámetros considerados según la realidad propia del laboratorio.

Finalmente se obtuvo un plan de mantenimiento según su criticidad donde se señala labores de mantenimiento preventivo programadas con una determinada frecuencia que se presentan en las tres matrices de: Limpieza, Inspección y de Mantenimiento.

PALABRAS CLAVES: Plan de Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo, Laboratorio, Operatividad, Diagnóstico, Criticidad.

ABSTRACT

This thesis proposes the design of a Preventive Maintenance Plan for the machines and equipment of the Materials Mechanics Laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering and Energy, where field work was carried out to collect information on the current state.

With the data obtained, it was possible to evaluate, analyze, understand and identify the function and operability by establishing its parameters, technical files and control of working hours.

The diagnosis was made where the following parameters were considered: level of risk, degree of obsolescence, historical maintenance requirement; because they are associated with the state of conservation and functioning.

The plan was based on preventive maintenance because it is necessary to prolong its operation.

Consequently, the criticality analysis had to be applied by prioritizing the maintenance activities based on the parameters considered according to the laboratory's own reality.

Finally, a maintenance plan was obtained according to its criticality, which indicates the scheduled preventive maintenance activities with a certain frequency that are detailed in the three matrices of: Cleaning, Inspection and Maintenance.

KEYWORDS: Maintenance Plan, Preventive Maintenance, Laboratory, Operability, Diagnosis, Criticality.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del Problema

En la FIME–UNAC se encuentra un laboratorio de Materiales, que desde su formación aproximadamente hace 20 años se le ha consignado un área de 30 m². El mencionado laboratorio cuenta con equipos y máquinas que en su mayoría no poseen ficha técnica alguna y no tiene los manuales de operación y mantenimiento. Esto genera fallas y en casos extremos el daño permanente de dichas máquinas y equipos, acortando su vida útil y su operatividad en el laboratorio, así como afecta normas de seguridad que deben seguir, teniendo presente que son utilizados por los estudiantes, sumado a esto la falta de señalización constituyen un factor de riesgo en la operación de equipos y máquinas.

La falta de un plan de mantenimiento a los equipos y máquinas perjudica el desarrollo eficiente de todas las experiencias que complementan la parte teórica además de que los resultados obtenidos durante los ensayos no sean considerados, puesto que llevan consigo una serie de errores obteniéndose datos que distan de los datos teóricos donde se aprecia una discrepancia con resultados poco confiables.

Por consiguiente, no se debe dejar pasar más tiempo pues se podrían presentar fallas cada vez más graves en consecuencia los equipos y maquinas dejarían de funcionar definitivamente y esto causaría un retraso académico además del económico en la FIME entonces debe tomarse como una alternativa de solución la formulación de un Plan de Mantenimiento para todos los equipos y máquinas del Laboratorio de Materiales.

1.2 Formulación de problemas

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo el Plan de Mantenimiento Preventivo puede prolongar la operatividad de las máquinas y equipos del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo el estado actual establece la operatividad de equipos y máquinas del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la FIME-UNAC?
- ¿Cómo el Análisis de Criticidad contribuye en la operatividad de los equipos y máquinas del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la FIME-UNAC?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

- Formular el Plan de Mantenimiento Preventivo para prolongar la operatividad de las máquinas y equipos del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado actual para establecer la operatividad de los equipos y máquinas del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la FIME-UNAC.
- Realizar Análisis de Criticidad para contribuir que sigan operando los equipos y máquinas del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la FIME-UNAC.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Legal:

La propuesta de un Plan de Mantenimiento se sustenta en diferentes normas, reglamentos y leyes como: La Ley Universitaria N°: 30220, que en su Art.:1° señala mejorar la calidad en la educación superior y si hablamos de calidad se entiende que debemos formar profesionales competentes.

Del mismo modo el Art. 14 acápite 14.1 del estatuto UNAC, señala que la universidad debe formar profesionales en forma integral, científicos que sean humanistas en las diferentes áreas del conocimiento humano.

1.4.2 Justificación Teórica:

En la asimilación de conocimientos de la especialidad de Ingeniería Mecánica se cursan las materias de Ingeniería de Materiales y Mecánica de Materiales que deben contar con laboratorios que tengan el equipo suficiente, para impulsar el desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas relacionadas con esta.

1.4.3 Justificación Económica:

La disponibilidad del Laboratorio de Materiales; implicaría que ya no sería necesario acudir a otros centros para alquilar sus equipos y máquinas que son muy costosos.

1.4.4 Justificación Social:

La UNAC siempre preocupada por formar profesionales de calidad que contribuyan con el desarrollo nacional; de tal forma que sean beneficiados con el Laboratorio de Materiales.

1.5 Importancia

Es necesario señalar que las máquinas, equipos, instrumentos e instalaciones necesitan de mantenimiento, para tomar las medidas y acciones necesarias para asegurar su normal funcionamiento ya que por el uso y el tiempo están expuestas al proceso irreversible de desgaste o envejecimiento, además al medio al que se encuentran expuestos, por lo que para remediar estas inevitables consecuencias se los debe asociar con el mantenimiento y así evitar su obsolescencia.

Actualmente la Facultad carece de políticas organizadas, programas y estrategias de mantenimiento basados en los modos usuales de falla de sus equipos y máquinas.

La total ausencia de un plan para mantener operativos los equipos y máquinas del Laboratorio de Materiales tiene incidencia directa sobre el nivel académico que brinda la Facultad de Mecánica y de Energía.

Dicha incidencia se ve en el desgaste de equipos y máquinas, que en algunos casos han generado su inoperatividad, esto dificulta el avance en las prácticas experimentales en el laboratorio.

Debido a lo anterior era necesario hacer el estudio donde se puedan determinar labores de mantenimiento necesarias para cada máquina y equipo, para formular un plan para mantener operativo según los requerimientos todos los equipos y máquinas del laboratorio y disminuir la frecuencia de fallas, tiempos de paradas durante el mantenimiento, para garantizar en oportunidad el desarrollo de todas las prácticas de laboratorio que se deben desarrollar en el semestre académicos

Se utilizó análisis de criticidad en los equipos y máquinas que conforman el laboratorio, para formular un Plan de Mantenimiento, adaptado a sus condiciones y necesidades operativas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

Para desarrollar la presente investigación se consultaron algunos trabajos similares encontrándose los siguientes:

Rivera, J. (2015). **Modelo en toma de Decisiones en Mantenimiento para Evaluar Impactos en Mantenibilidad, Disponibilidad, Confiabilidad y Costos.** En esta investigación se estudia la mejora continua en operaciones de mantenimiento, donde se desarrolló el Modelo en Toma de decisiones en Mantenimiento y se evaluó los impactos en KPI tales como: Mantenibilidad, Disponibilidad, Confiabilidad y Costos.

Se buscó una forma de analizar la confiabilidad mediante la técnica Cost Scatter Diagrams (CSD) para valorar la información y calidad obtenidas a través de su representatividad.

El autor concluye en formular una metodología que permita representar los índices de rendimiento de interés según la presencia de fallas para proyectar una propuesta de mejora y así determinar la tendencia de ejecutar o no dicha mejora.

Flores, J y Huaccha, E. (2012). **Estrategia de Gestión de Mantenimiento para los activos de los Talleres y Laboratorios de la FIME-UNAC.** En la mencionada tesis se encuentra una breve descripción del problema de mantenimiento de equipos y maquinas en los diversos talleres y laboratorios de la FIME, así como un marco teórico que abarca los conceptos de mantenimiento y gestión de mantenimiento; también se muestra la obtención de datos necesarios y procesamiento con las diversas técnicas de investigación.

El autor concluye según los resultados que encontró en elaborar una propuesta de plan de gestión en el mantenimiento para los laboratorios de la FIME.

Chaparro, J. (2012). **Plan de Mejoramiento del Servicio del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la FIC –UNI**. El presente trabajo, tiene por finalidad, presentar los lineamientos necesarios con tendencia a poner en práctica el Plan para mejorar el servicio que brinda actualmente dicho laboratorio de Ensayo de Materiales LEM-FIC-UNI en administración y servicios. El trabajo está elaborado según los lineamientos conceptuales del enfoque moderno de la gestión empresarial.

El autor concluye en proponer la modernización de la infraestructura física y equipamiento, pero señala como necesario que el personal, técnico y administrativo del “LEM-FIC-UNI” se involucre en el cambio.

Martínez, D. (2014). **Plan de Corrección de Fallas para Equipos de Ensayos de Materiales y Estructuras**. La citada investigación propone un plan de corrección de fallas de esa manera los equipos de ensayos de materiales y estructuras estén rehabilitados.

La metodología utilizada fue de tipo descriptiva y proyectiva, no experimental, utilizando la observación directa, la entrevista y revisión documental, como técnicas para recolectar datos. La población fue conformada por los laboratorios de estructuras y materiales de universidades públicas nacionales, tomando como muestra al Laboratorio de Estructuras y Materiales de Ingeniería Civil teniendo como unidades de análisis una máquina de ensayo, una máquina universal de tracción y una prensa hidráulica para ensayar cilindros de concreto.

El autor concluye que los equipos están inoperativos, sin mantenimiento y con daños menores, presentando 38 fallas funcionales de las que el 50% son críticas mientras que 87% son de bajo costo, al respecto se tuvo que corregir las referidas fallas mediante su análisis y diagnóstico mediante pruebas de inspección visual directa y pruebas simplificadas.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Definiciones básicas de mantenimiento

Según la norma DIN - 31051 del Instituto Alemán de Normalización, el mantenimiento es un conjunto de actividades que se lleven a cabo para recuperar y mantener operativo las instalaciones o equipos a través de medios técnicos, de esa manera se controla las instalaciones productivas, así como auxiliares y de servicios. Dicho de otro modo, el mantenimiento son labores que se requieren para reestablecer o conservar a bajo costo. Conforme la definición presentada se observan diferentes actividades:

- Prevenir y/o corregir averías.
- Cuantificar y/o evaluar las instalaciones.
- Aspecto económico (costes).

En la década del 70, en Gran Bretaña se generó una nueva tecnología, la Terotecnología (del griego conservar, cuidar) cuyo campo de acción va más allá de la simple conservación:

La Terotecnología son técnicas financieras, prácticas de Gestión que se aplican en activos físicos con la finalidad de disminuir “coste del ciclo de vida”. El concepto señala que se debe especificar la disponibilidad de los equipos para un determinado tiempo especificado. (Díaz, 2010)

Todo ello nos conduce a pensar que el mantenimiento se inicia con proyecto de máquina. En consecuencia, para un mantenimiento adecuado, necesariamente se debe contar con las especificaciones técnicas de los equipos, instalación y puesta en marcha. Se debe tener presente que las labores planteadas tienen que ejecutarse con los operarios en mantenimiento y todo debe quedar documentado para controlar el estado del equipo. A dicho estado acudimos siempre durante la vida de la máquina siempre que analicemos su rendimiento, funcionalidad y demás prestaciones (Díaz, 2010)

2.2.2 Tipos de mantenimiento

La evolución del mantenimiento en toda la historia, ha originado un sinnúmero de tipos y filosofías de mantenimiento siendo un reto conocerlas todas y aún más seleccionar adecuadamente y adaptarlas a una organización, donde se han distinguido seis tipos de mantenimiento, por esta situación (véanse el cuadro N° 2.1 y 2.2 de las págs. 18 y 19) únicamente se muestra un resumen de los tipos y modelos de mantenimiento (Dumagualla, 2014).

Los tipos de mantenimiento son una concepción académica y no se puede aplicar a un equipo en particular; siendo mejor aplicar un modelo de mantenimiento, considerando como modelo de mantenimiento a la combinación de distintos tipos de mantenimiento. Dicha combinación será la más adecuada de todos estos tipos de mantenimiento la que presente razones condicionadas al coste de las pérdidas en la producción cuando se realiza la parada del equipo, al costo de reparación, en impacto ambiental, en seguridad y calidad del servicio o producto, etc. (García S. , 2003).

La planificación del mantenimiento tiene dos aspectos: El mantenimiento legal y mantenimiento subcontratado de un especialista. Las tareas adicionales de mantenimiento legal o subcontratado necesariamente deben estar dentro del plan de mantenimiento. En algunas empresas se aplican filosofías de mantenimiento: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad cuyas siglas en inglés significa “RCM: Reliability Centered Maintenance” y Mantenimiento Productivo Total el cual se le conoce como “TPM: Total Productive Maintenance” (Dumagualla, 2014).

Todos estos modelos que a continuación se muestran consideran dos actividades que son: Las inspecciones visuales y la lubricación ya que ambas tareas realizadas en equipos son rentables porque son de bajo costo y permite detectar rápidamente las averías (García S. , 2003).

Cuadro 2.1

RESUMEN DE MODELOS O GUIAS DE MANTENIMIENTO

Modelos o guías de Mantenimiento	Programable	Aplicación
Modelo Correctivo - Mantenimiento en uso - Mantenimiento Correctivo	No	Válido para equipos cuyas fallas no necesariamente significan problema económico o técnico.
Modelo Condicional - Mantenimiento utilizado - Mantenimiento correctivo - Mantenimiento condicional	Si	Válido para equipo que no se utilizan mucho o cuando probabilidad de falla es baja.
Modelo sistemático - Mantenimiento utilizado - Mantenimiento correctivo - Mantenimiento condicional - Mantenimiento preventivo	Si	En equipos que no operan las 24 horas del día y hay épocas que están parados, y cuando lo hacen requieren de una elevada fiabilidad.
Modelo de alta disponibilidad - Mantenimiento utilizado - Mantenimiento correctivo - Mantenimiento condicional - Mantenimiento preventivo - Mantenimiento cero horas	Si	Para equipos cuyo funcionamiento más del 90%.

Fuente: Elsa Maribel Dumaguala Encalada, Implementación y Gestión de un Plan de Mantenimiento para Laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.México.2014.

Cuadro 2.2
RESUMEN DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

Tipos de mantenimiento	Concepto
Mantenimiento en uso	Es el más básico se refiere a tareas elementales : tomas de datos, inspecciones visuales, lubricación, limpieza, reapriete de tornillos.
Mantenimiento condicional	Es cuando se descubren anomalías en el momento del mantenimiento ,por ello se prepara una intervención, de lo contrario no se hace nada en el equipo.
Mantenimiento correctivo	Conjunto de actividades que se realizan para la corrección del defecto cuando no opera el equipo de la reparación de averías.
Mantenimiento preventivo	Es cuando se ejecuta a intervalos predeterminados de tal manera se minimice la probabilidad de falla.
Mantenimiento predictivo	Son actividades que requieren avanzada tecnología con dominio en matemáticas y física, así como conocimientos técnicos.
Mantenimiento cero horas	Esta labor permite dejar el equipo como si fuera nuevo , cambiando o reparando sus elementos expuestos a desgaste.
Mantenimiento centrado en confiabilidad	Es un método sistemático y lógico que analiza fallas de equipos observando su funcionalidad para determinar las medidas preventivas.
Mantenimiento productivo total	Es aquella filosofía que busca la mejora en equipos de producción para que pueda proporcionar su mayor rendimiento en función de su concepción y de la situación actual.

Fuente: Elsa Maribel Dumaguila Encalada, Implementación y Gestión de un Plan de Mantenimiento para Laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.México.2014

2.2.3 Gestión de Mantenimiento

Son todas las actividades que determinan lo que se requiere con el mantenimiento, las estrategias, responsabilidades, actitudes y se las realizan con la planificación, control y supervisión; tener presente los parámetros para una buena gestión del mantenimiento (Dumagualla, 2014).

o Gestión de mantenimiento preventivo

Es la programación de actividades de tal manera se conserve el equipo en condiciones óptimas de operación. Estas actividades se basan en controlar las partes críticas del equipo cuando aún no se presentan fallas, considerándose factores como: vida útil, esfuerzo, potencia y algunas características específicas del equipo, que permiten establecer una frecuencia para labores de mantenimiento, dando como resultado una disminución de costos, un aumento de vida útil del equipo, seguridad a los trabajadores y mejora la calidad del producto. También son parte del mantenimiento preventivo el engrase, cambio de aceites, limpieza y sustitución de algunos repuestos importantes del equipo, lo que comúnmente se le conoce como mantenimiento rutinario son también mantenimiento preventivo (Dumagualla, 2014).

La finalidad del mantenimiento preventivo es garantizar las instalaciones industriales y la disponibilidad de los equipos, reduciendo las reparaciones mediante inspecciones periódicas y renovando los elementos averiados dando uniformidad en el trabajo al personal según una programación de actividades (Dumagualla, 2014).

El mantenimiento preventivo con lleva a elevar el costo, si se disminuye la frecuencia de inspecciones, esto a su vez genera un costo y si el equipo se encuentra en buen estado significa un gasto innecesario. Al incrementar las frecuencias hay riesgo de presencia de fallas en las inspecciones consecutivas, en consecuencia, el éxito de este mantenimiento depende de la frecuencia correcta que se debe elegir (Dumagualla, 2014).

- **Gestión de mantenimiento correctivo**

Son las diferentes labores encaminadas a corregir el defecto cuando el equipo deja de operar, sin afectar la capacidad productiva de manera instantánea, el costo ocasionado cuando aparece una avería imprevista está muy por debajo a la inversión necesaria para poner en práctica un mantenimiento más complejo. Como consecuencia tenemos averías imprevistas, y no se puede planificar la reparación de los equipos averiados, se emplea más tiempo de lo necesario porque no hay repuestos o por falta del personal (Dumagualla, 2014).

- **Gestión de repuestos**

Cuando se lleva el control de repuestos en una tarea de mantenimiento se actúa de inmediato cuando se presenta la falla. Lo ideal sería contar con una bodega llena de repuestos disponibles, sin embargo, el costo de almacenar el repuesto en la bodega no es rentable por lo que sólo se debe considerar tener en la bodega lo necesario (Dumagualla, 2014)

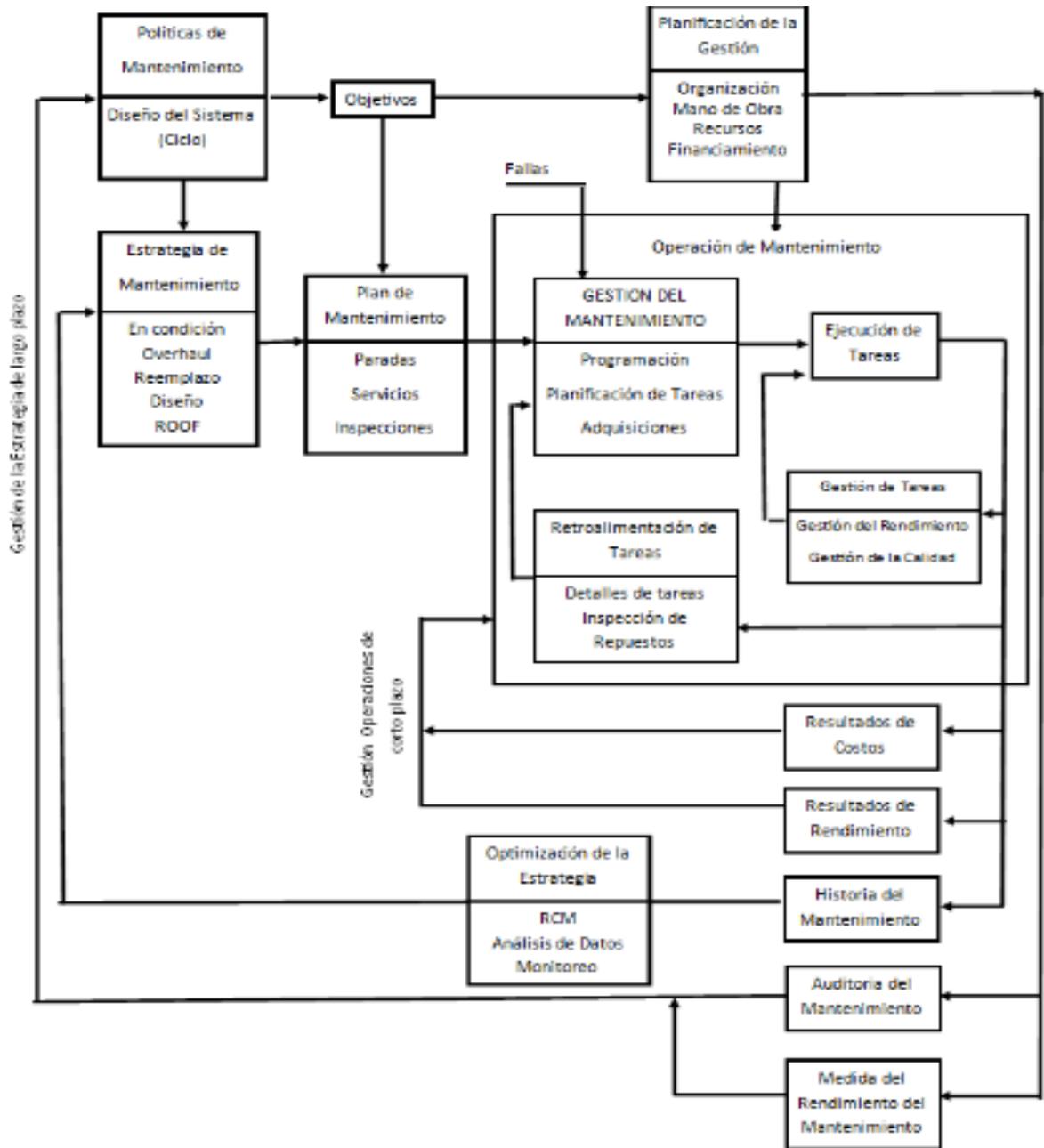
- **Gestión de recursos humanos**

Como la remuneración en mano de obra ocupa un porcentaje significativo, en los costos por mantenimiento es importante analizar la existencia del personal capacitado que responda ante las necesidades de la planta, si está organizado el análisis se realiza para evitar un derroche de recursos
(Dumagualla, 2014)

2.2.4 El ciclo del mantenimiento

Es un modelo interno para organizar el mantenimiento, se denomina “el ciclo de Mantenimiento”, este modelo consiste de dos ciclos superpuestos. Un ciclo exterior que representa el proceso en gestión de organización de mantenimiento denominado Ciclo en Gestión del Mantenimiento y un ciclo interno que representa el proceso operacional y técnico llamado Ciclo Operacional del Mantenimiento. (Flores & Huaccha , 2012).

Figura 2.1
EL CICLO DE MANTENIMIENTO



Fuente: Huaccha Salazar Ever Walter, Flores Sánchez, J. G Estrategia de Gestión de Mantenimiento para los activos de los Talleres y Laboratorios de la FIME. Perú. 2012

- **El ciclo de la gestión del mantenimiento**

Este ciclo consiste de cinco procesos integrados, los cuales son:

- Política de Mantenimiento: Las políticas como normas que guían las funciones gerenciales que son escritas, verbales o simplemente sobreentendidas, cada departamento de mantenimiento debería establecer sus objetivos, como la ejecución de organizar el mantenimiento es descrito por el ciclo de Mantenimiento, luego el documento de política debería “diseñar” su propio ciclo de Mantenimiento (Flores & Huaccha , 2012).
- Objetivos: El equipo de gestión de Mantenimiento debería, al menos anualmente mantener y actualizar los objetivos del departamento, esto debería basarse y alinearse con la estructura definida en la política de mantenimiento (Flores & Huaccha , 2012).
- Planificar la Gestión: Basado en el documento de políticas y objetivos del mantenimiento planea si la organización del Mantenimiento está operativa. El proceso de planificación comienza típicamente luego de finalizar el ejercicio de establecimiento de objetivos (Flores & Huaccha , 2012).
- En este aspecto, la responsabilidad específica de administrar el mantenimiento para todos los niveles incluye:
 - Organización: La estructura de la organización empleada el porqué, como y cuando esto se cambia.
 - Recursos: fuerzas y tipos, sea emplear mano de obra propia o externa de la compañía, herramientas, materiales, etc.
 - Financiamiento: presupuesto corriente, clase especial de cuentas, tarifas estándar, etc.
- Auditoría de Mantenimiento: Debe realizarse una auditoría formal del departamento tratando que sea anual, el cual completa el lazo del control del ciclo en gestión del mantenimiento ya sea una vez cada año. Esto incluye una auditoría estricta y una suave. La auditoría estricta consiste en una inspección adecuada de toda la planta, empleando una lista de verificación bien definida y un mecanismo de

evaluación. La auditoría suave, por otro lado, auditoría de administrar el Mantenimiento, así como el arte del sistema técnico para asegurar los logros, retención a largo plazo de los resultados requeridos por la política y objetivos (Flores & Huaccha , 2012).

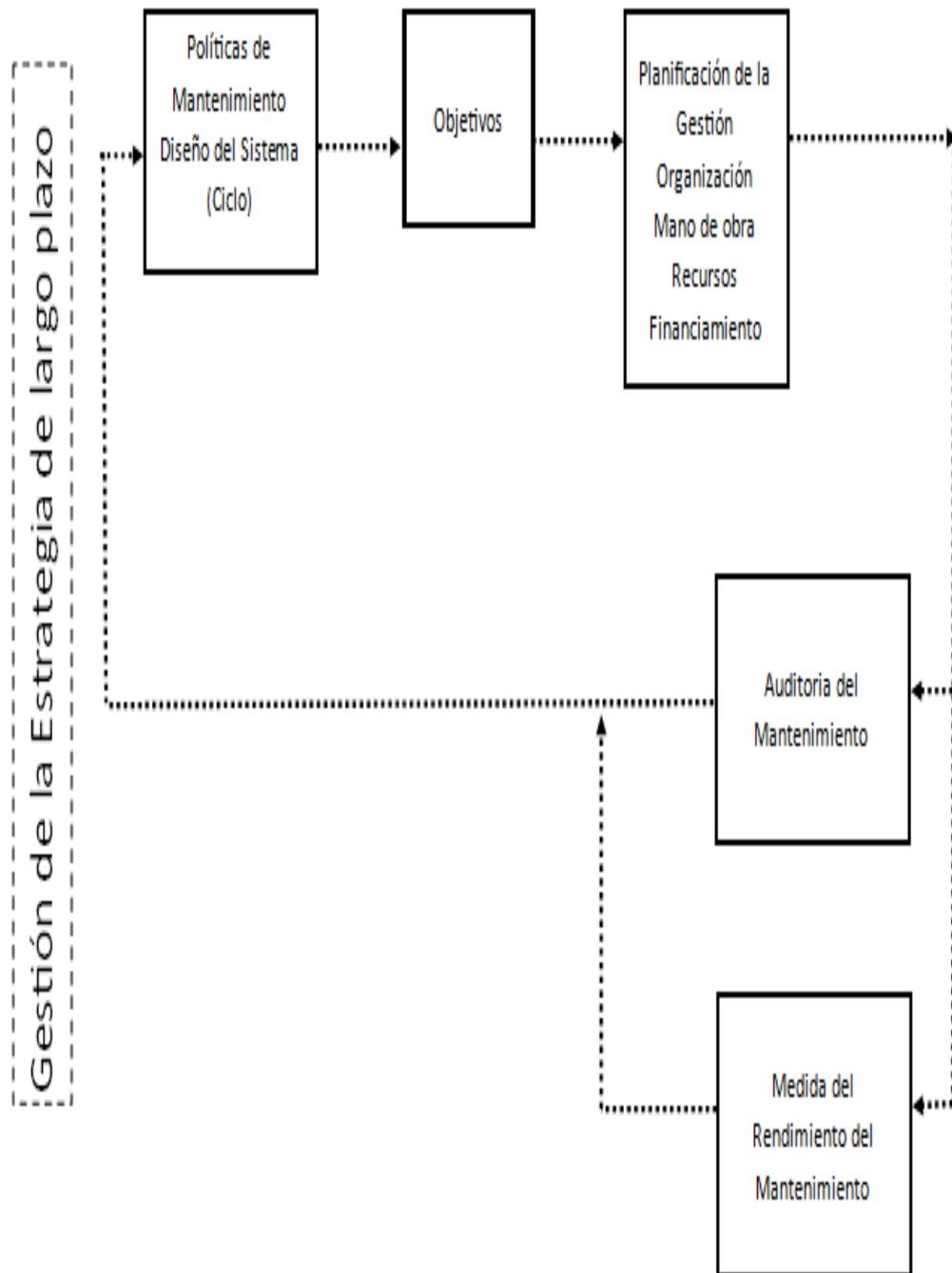
- Medición del rendimiento del Mantenimiento: La medición es una parte crucial de cualquier proceso de gestión, sin ésta medición no podemos “cerrar el lazo” (esto es el lazo de control), se tiene que encontrar parámetros prácticos que se pueda medir y utilizar, que nos ayuden a mejorar el proceso de mantenimiento (Flores & Huaccha , 2012).

- **El ciclo operacional del mantenimiento**

El ciclo interior, como se estableció previamente, está referido con la planificación técnica y la parte operacional del negocio en el campo del mantenimiento. La siguiente figura describe este sub-ciclo (Flores & Huaccha , 2012).

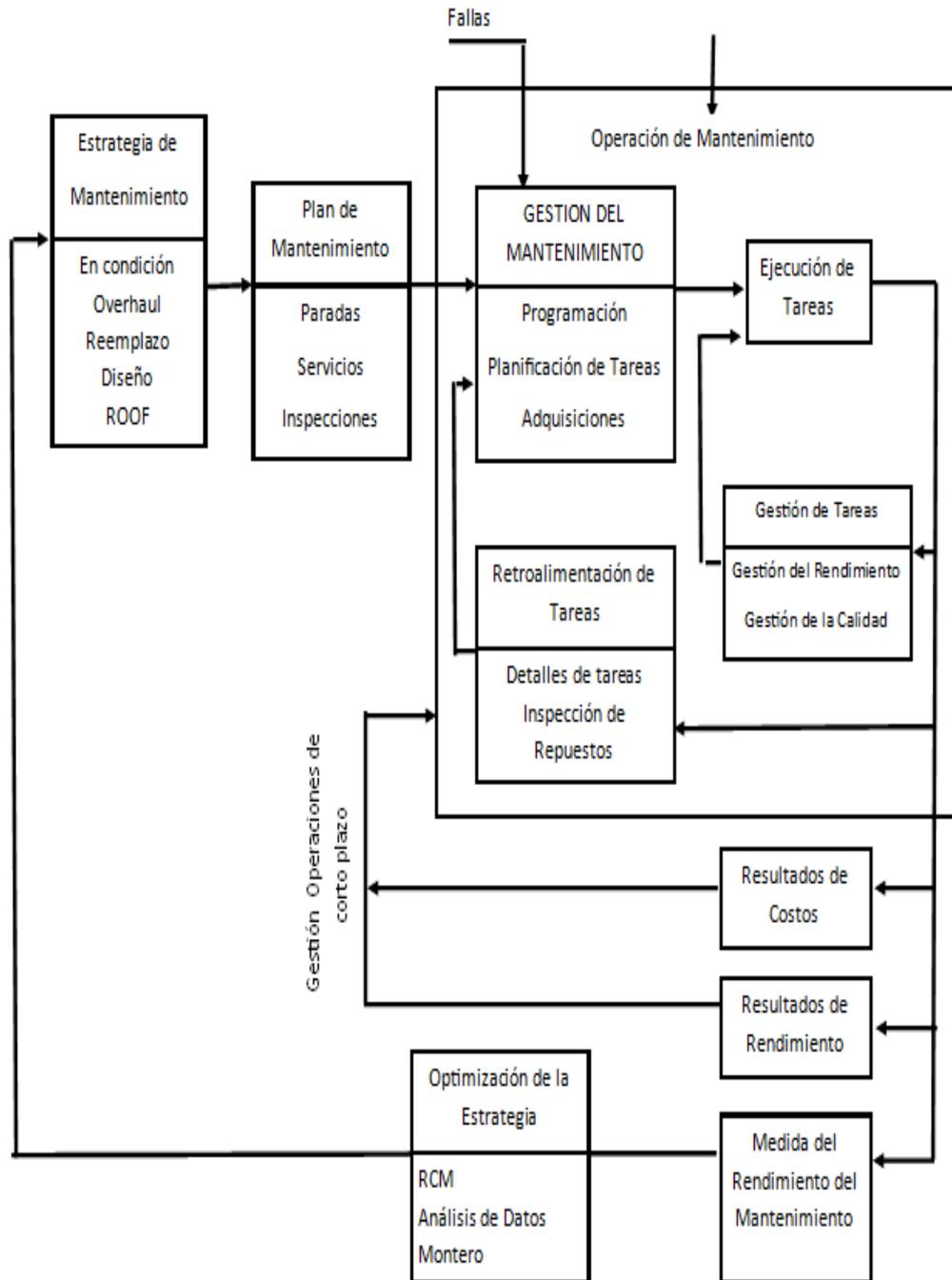
El ciclo interior consiste de dos procesos principales, el primer proceso es planificar el mantenimiento el cual incluye: la Estrategia del mantenimiento, Plan de mantenimiento y optimización de la Estrategia de Mantenimiento, el segundo proceso es la Operación del Mantenimiento (Flores & Huaccha , 2012).

Figura 2.2
CICLO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO



Fuente: Jaime Gregorio Flores Sánchez, Estrategia de Gestión de Mantenimiento para los activos de los Talleres y Laboratorios de la FIME. Perú. 2012

Figura 2.3
EL CICLO OPERACIONAL DEL MANTENIMIENTO



Fuente: Jaime Gregorio Flores Sánchez, Estrategia de Gestión de Mantenimiento para los activos de los Talleres y Laboratorios de la FIME. Perú. 2012.

- **Planificación del Mantenimiento:**

- Estrategia de mantenimiento. - En este proceso se toma una decisión si se selecciona en primer lugar la estrategia de prevención, el Mantenimiento Correctivo o el Diseño. En todos los casos, se debe elegir una estrategia específica a emplear (Flores & Huaccha , 2012).
- Plan de mantenimiento. - Para cada máquina se debe esquematizar Plan de Mantenimiento combinando varios componentes estratégicos.
- Tareas de Mantenimiento. -Son una lista de acciones que deberían realizarse, los materiales requeridos probables, cualquier equipo o herramienta necesaria y medidas de precaución que deben tomarse (Flores & Huaccha , 2012).
- Un pronóstico del requerimiento de mano de obra en las diferentes ocupaciones para la ejecución del plan.
- Optimización de la estrategia. - La estrategia seleccionada puede utilizarse en forma regular basada en los antecedentes del equipo.
- Operación del Mantenimiento. - Es la operación de gestión interna del mantenimiento, llevar a las tareas y administrar las tareas.
- Gestión interna del mantenimiento: Esta es la función conocida como: Planificar el Mantenimiento y esto abarca todo lo referente a la programación de las tareas (Flores & Huaccha , 2012).

2.2.5 Técnicas de Mantenimiento

En una empresa no son excluyentes los tipos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo; sin embargo, cuando una empresa se plantea que estrategia de mantenimiento a seguir, generalmente se aplica la mezcla de los mantenimientos mencionados (Ros, 2010)

Las técnicas importantes son:

- Alineación de ejes.
- Equilibrado de rotores
- Estado de fallas en equipos (Mantenimiento correctivo).
- Análisis de averías.
- Inspecciones y lectura de indicadores.

En este marco, hay necesidad de plantear algunas técnicas aplicables

al mantenimiento industrial, que son fundamentales para proseguir el camino anticipativo y mejora continua (Ros, 2010).

▪ **Alineación de ejes**

Alinear ejes es ajustar la posición relativa de dos máquinas acopladas de maneras que sus ejes formen una línea recta cuando la maquina está en operación (Ros, 2010).

Los posibles alineamientos pueden ser:

- Radial o paralelo
- Angular
- Combinación de los anteriores.

Todo proceso de alineamiento debe seguir cuatro pasos:

- Medir magnitudes y las desviaciones.
- Determinar los desplazamientos de corrección.
- Efectuar desplazamiento.
- Comprobar su alineación (Ros, 2010).

Para corregir diferentes tipos de desalienación existen diferentes métodos entre ellos pueden destacarse de menor a mayor precisión, los siguientes:

- Regla y nivel
- Reloj comparador
- Sistema de rayo láser (Ros, 2010).

▪ **Equilibrado de Rotores**

Están equilibrados cuando al girar no presentan vibraciones.

El objeto del equilibrado es:

- Aumentar la vida de cojinetes.
- Disminuir vibraciones y ruidos.
- Disminuir tensiones mecánicas.
- Disminuir pérdidas de energía.
- Disminuir fatiga del operador (Ros, 2010).

Se sabe que Norma ISO 1925 señala cuatro tipos de desequilibrio excluyentes.

- Desequilibrio estático.

- Desequilibrio de par
- Desequilibrio cuasi-estático y dinámico (Ros, 2010).

- **Falla**

Es un suceso después del cual un equipo o sistema completo, deja de cumplir total o parcialmente sus funciones. Se dice también que es una desviación de la calidad respecto a su valor nominal (Martinez, 2014)

Clases de fallas:

Fallas Tempranas

Se originan al inicio de su vida útil del equipo y forma un pequeño porcentaje de la falla total. Pueden ser generadas por desperfectos de los materiales, diseño o montaje (Martinez, 2014).

Fallas Adultas

Se presentan con mayor frecuencia durante su vida útil. Son derivadas por las formas de operación y se presentan más lentamente que las anteriores, por ejemplo, las fallas estructurales (desgaste de bujes de pasadores), hidráulicas (rotura de mancuernas y sellos rotos) o por mantenimiento (suciedad en un filtro de aire) (Martinez, 2014).

Fallas Tardías

Es una fracción de fallas totales, se originan lentamente y se presentan en la etapa final de la vida de un mecanismo o parte, por ej. las fallas electromecánicas (envejecimiento del aislamiento de un motor, pérdida de flujo luminoso en la lámpara, etc.). También las fallas mecánicas (cambios de rodajes de una parte, cambio de motor, etc.) (Martinez, 2014)

Análisis de fallas

Como método es definido como la colección y almacenamiento de información básica respecto a fallas sucedidas en equipos para utilizarla en los futuros estudios y análisis estadísticos, de tal manera permitan conocer el comportamiento de fallas que presenta determinado equipo (Martinez, 2014).

Confiabilidad operacional

Es una metodología de análisis, que se soporta en herramientas que permiten estimar el comportamiento de activos de una forma sistemática, a fin de conocer su nivel de operatividad, cantidad del riesgo y otras labores de mitigación y mantenimiento que requiere, para asegurar su seguridad, integridad y la continuidad operacional

Entendiendo como confiabilidad operacional a un sistema en cumplir la función dentro del marco de diseño y considerando un contexto operacional específico. (Martínez, 2010)

Está constituido por los cuatro factores a controlar:

Confiabilidad humana: Se necesita de un alto compromiso de gerencia para liderar los procesos de capacitación, motivación e incentivación de equipos de trabajo, producir nuevas actitudes, seguridad, desarrollo y reconocimiento, de tal manera se logre un alto involucramiento de talentos humanos (Martínez, 2010).

Confiabilidad de procesos: Implica operación entre parámetros de equipos o en un nivel inferior de capacidad de diseño, dicho de otro modo, sin generar sobrecarga a equipos y el correcto entendimiento de procesos y procedimientos. (Martínez, 2010).

Confiabilidad de equipos: Es cuando un equipo tenga la probabilidad que pueda ser restaurado para que vuelva operar en un período determinado. Está supeditado a la fase del diseño de equipos y de confiabilidad de equipos de trabajo. Se mide a través del indicador TMPR: Tiempo Medio Para Reparar. (Martínez, 2010).

Mantenibilidad de equipos: Es la capacidad del equipo, en alguna condición de uso se pueda conservar, o ser restaurado, alcanzando un estado donde puede realizar la función que se necesita (Martínez, 2010).

Existen múltiples herramientas de que se vale la confiabilidad para formular planes estratégicos y alcanzar una excelente gestión del mantenimiento industrial. La selección de estas depende de ciertos factores tales como tipo de proceso al que obedecen, objetivo a los cuales responden, tipo de análisis que se realizan, entre otros (Martínez, 2010).

- **Avería**

La avería es un modo de uno de los estados posibles de un elemento averiado para una función específica (ICONTEC, 1999).

Clasificación de averías:

Avería parcial

Es una avería que se caracteriza por la carencia de aptitud de un elemento en ejecutar funciones requeridas, pero no todas (ICONTEC, 1999).

Avería permanente

Son fallas que se mantienen mientras no se ejecuten las labores de mantenimiento correctivo (ICONTEC, 1999).

Avería crónica

Proviene de una falla sistemática (ICONTEC, 1999).

Avería transitoria

Es la falla que se presenta durante un tiempo limitado, sin que haya habido ninguna acción de mantenimiento correctivo. Una avería transitoria a menudo es repetitiva (ICONTEC, 1999).

Averiado:

Es calificación de un elemento en estado de avería (Dumaguala, 2014).

Asignación de prioridades

Se debe identificar el tipo de avería y debe ser atendida prioritariamente. En muchas empresas se establecen tres tipos de prioridades las cuales se muestran en la Cuadro 2.3 de la pág. 32. (Dumaguala, 2014).

Diagnóstico de Averías

El tiempo de determinar el estado de una avería es significativo debido:

- Instalaciones nuevas o recientes
- Personal distinto del habitual
- Averías poco evidentes aludidas a la instrumentación
- Turnos de rotación y periodos de vacaciones del personal

Esto podría retrasar la reparación de la avería, por esta razón es importante las experiencias del personal de mantenimiento, para poderlas aplicar en futuras averías similares. Se debe documentar mediante una lista todos los detalles para hacer una inspección del estado de la falla (Dumaguala, 2014).

En el diagnóstico de falla se detalla como mínimo lo siguiente:

- Las posibles causas que pueden motivar el fallo
- Las posibles soluciones del problema.

Cuadro 2.3

NIVELES DE PRIORIDAD EN AVERÍAS

Nivel de prioridad	Criterio
<p>Avería urgente Son las que por lo general causa grave en perjuicio de la empresa, por lo cual deben ser atendidas inmediatamente</p>	<p>Cuando existen averías que ocasionan daños a personas o al medio ambiente. Este criterio se aplica en equipos o máquinas de los cuales depende la producción total.</p>
<p>Avería importante Son aquellas que pueden esperar hasta que por completo las averías urgentes sean atendidas.</p>	<p>El criterio se le aplica al equipo o maquinaria en los cuales se determina un problema donde además pueda continuar operando y no implique para de producción.</p>
<p>Avería Programable Son averías en las cuales no afectan casi en nada el funcionamiento de máquina o equipo y pueden ser reparadas cuando suceda una para en su totalidad.</p>	<p>Este criterio se aplica en equipos redundantes.</p>

Fuente: Elsa Maribel Dumaguala Encalada, Implementación y gestión de un Plan de Mantenimiento para Laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. México. 2014.

▪ **Inspección visual**

Es una técnica del mantenimiento predictivo donde se observa el equipo, buscando desperfectos a simple vista, que pueden ser: ruidos anormales, vibraciones extrañas y fugas de aceite o aire, verificación de la pintura y signos de corrosión. Cuando se toma a los indicadores se anota los diferentes parámetros medidos continuamente en equipos y compararlos con el rango normal. Fuera de este rango el equipo presenta falla (Ros, 2010).

Estas herramientas explican comportamiento de la confiabilidad de equipos y entre algunas técnicas podemos mencionar:

○ **Análisis de Causa-Raíz (ACR)**

Es una herramienta que permite detectar fallas, cuando se elimina la falla

además de mejorar la confiabilidad, seguridad y la disponibilidad, también se mejora la productividad en las operaciones de una empresa, además se logra reducir los costos del mantenimiento (Benitez, 2012).

- **Análisis del Modo y Efectos de Fallas (AMEF)**

Es una metodología que se utiliza como herramienta clave para optimizar la confiabilidad de procesos y productos.

El AMEF, señala los procedimientos que se deben seguir para determinar y valorar las fallas potenciales del producto o proceso, junto con el efecto que las provocan. A partir de allí se debe establecer prioridades y acciones para intentar anular o reducir que ocurran posibles fallas potenciales que más vulneran la confiabilidad del proceso (Benitez, 2012).

- **Análisis de Criticidad (AC)**

Según Benítez R. (2012), la criticidad es una medición ponderada que tiene en cuenta lo siguiente:

- El efecto que ocasionaría una falla del equipo en el proceso.
- La rapidez de reparar una falla.
- Que ocurran fallas con regularidad.

El criterio es tomar en cuenta la criticidad como indicador de “magnitud del problema” que originan fallas en módulos y equipos. Cuando se obtenga el nivel de criticidad, el mismo será utilizado para determinar la estrategia de mantenimiento del equipo o módulo evaluado; es decir; que todo lo que se necesita para definir y cuantificar la criticidad. El análisis de criticidad es herramienta que sirve para considerar bajo criterios homologados, jerarquías de los sistemas, equipos y componentes.

Cuando las frecuencias de fallas medidas para los modos y escenarios considerados son extremadamente pequeñas; y como resultado no se logra una diferenciación por criticidad apropiada, se recomienda utilizar un modelo de criticidad basado en variables de estado, este modelo es aplicable a equipos estáticos centrado en la integridad mecánica y el riesgo. Al manejar las variables de estado, el modelo obtiene una gran capacidad de predicción de niveles de criticidad que contribuye a una mejora continua en sistemas de confiabilidad operacional, asegurado valores elevados del

ciclo de vida y uso según a la productividad y la rentabilidad de activos (Benitez, 2012).

Los criterios de priorización, se emplea la adecuación del método Análisis de Criticidad, desarrollado por el Instituto de Desarrollo Profesional y Técnico, Venezuela, PDVSA CIED, 2002.

El concepto de cada criterio es:

- Frecuencia de fallas
- Nivel de producción
- Tiempo promedio
- Efecto en la producción
- Costo de reparación
- Impacto ambiental y en seguridad (Ixcot, 2011).

Se asigna una puntuación a todos los criterios empleados en análisis de criticidad y los valores obtenidos son reemplazados en una fórmula:

$$\text{Criticidad} = (\text{Frecuencia de falla}) (\text{Consecuencia})$$

Consecuencia = a+b

a = Costo reparación + impacto seguridad personal + impacto ambiental.

b = (Impacto en labores) (tiempo promedio reparar).

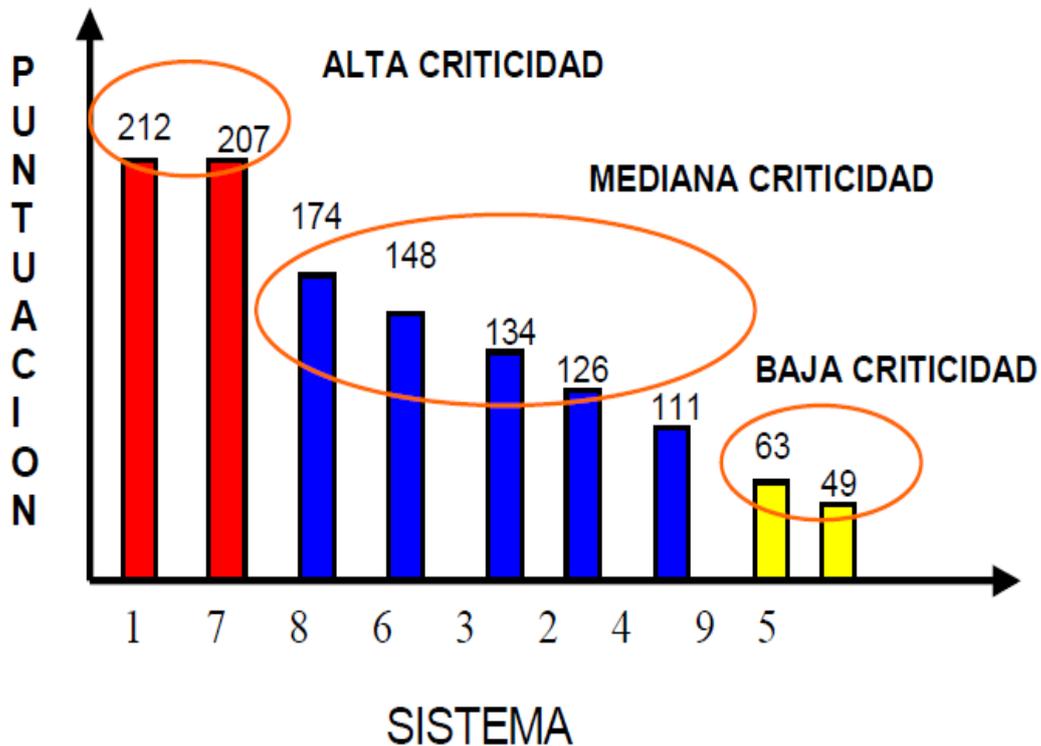
Los resultados de criticidad obtenidos, permite con facilidad observar reparto descendente de sistemas evaluados.

La repartición de barras, en muchos casos, permitirá establecer fácilmente tres zonas:

- Alta criticidad
- Mediana criticidad
- Baja criticidad

La figura 2.4 muestra un ejemplo del diagrama de barra que indica las zonas que describen el análisis de criticidad.

Figura 2.4
GRÁFICO DE UN EJEMPLO DE UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD



Fuente: Huerta Mendoza, R. "Análisis de criticidad como metodología que mejora la confiabilidad operacional". (Ponencia que se dio para presentar en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE, La Habana, septiembre 2000).

2.2.6 El Ciclo de Vida

Ciclo de vida es la etapa durante la cual todos los costos de activos se evalúan y simboliza el intervalo de toda la vida del activo el cual es una variable estimada, mas no una constante (Rodriguez, 2015).

Se define como activo a un objeto, equipo que tiene potencial o valor actual para una organización. Norma ISO 55000-2.3 (2014).

- **Evaluación de Costo del Ciclo de Vida (CCV)**

La principal finalidad de investigar el CCV de un activo es medir los gastos en su totalidad (indirectos o directos, variables o fijos) retribuido durante su vida útil es decir en los diversos periodos de su vida. Esta información es necesaria para el momento de tomar decisiones (basado en un análisis económico) al adquirir equipos, optimización y rediseños, planificación de

mantenimientos y sustitución o repotenciación de un activo (Rodríguez, 2015)

- **Ciclo de vida útil esperado**

Según Rodríguez, C. (2015), la vida de un sistema (elemento, equipo, proceso, componente) se conoce, como el promedio de años en el cual el sistema debe funcionar.

- **Vida tecnológica:** son los años esperados de operación mientras que la tecnología causa obsolescencia en el sistema.
- **Vida económica:** número de años estimados en que el sistema genera los menores costes durante el proceso de producción
- **Vida útil**

La vida útil se le conoce como el ciclo o periodo global estimado, de los activos durante el cual obedecen ciertas normas de uso y mantenimiento, cumpliendo con eficiencia las funciones nominales para las cuales fueron diseñados, con una tasa de fallos tolerable teniendo en cuenta de no pasar los límites de funcionamiento y utilización fijados por el fabricante. El activo que soporta la producción de un servicio o bien posee una vida útil como tal; pero por desgaste, no debe continuar siendo utilizado (Espinoza, 2014).

Se puede prolongar o acortar la vida útil incrementando o reduciendo los gastos de mantenimiento del activo sin que llegue a culminar su vida útil como tal, ya sea que el activo se encuentre óptimamente mantenido; por motivos económicos, es posible dejar de usar el activo (Espinoza, 2014).

Algún equipo o máquina, en toda su vida, atraviesa por tres períodos bien definidos y caracterizados, todos ellos, en función de una tasa de fallas fija.

Estos periodos se pueden diferenciar, junto con sus características primordiales que se observa con la curva de la bañera de la figura 2.5 de la pág. 38 (Espinoza, 2014).

- **Período de Arranque.**

Como observamos la figura 2.5, es un período que se diferencia por mostrar una tasa de fallas en descenso conforme avanza el tiempo; estas fallas se originan por el arranque de algún equipo y guarda relación con las fallas de diseño no corregidos, equivocación en su manufactura, instalación y montaje del equipo, deficiencia en los materiales, componentes fuera de

especificación, etc. (Espinoza, 2014).

- **Período de Normal Funcionamiento**

De acuerdo a Espinoza, E. (2014), este periodo de tiempo también se le conoce como vida útil del equipo, cuyo inicio concuerda con el final del arranque, dicho periodo se caracteriza principalmente cuando se presenta una tasa de fallas constante, es en este tiempo se tiene la expectativa de que el equipo cumpla con casi todas sus funciones.

Las cualidades fundamentales de esta etapa son las que:

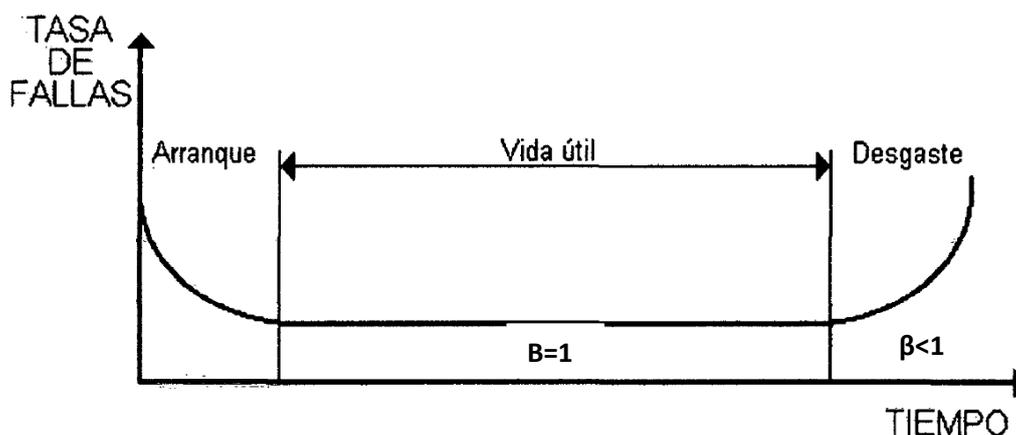
- Cubre la gran parte de la vida del equipo.
- La tasa de fallas es constante.
- Las fallas se presentan al azar, por ello no se pueden predecir.

- **Período de Desgaste**

Durante este periodo hay presencia de una elevada tasa de fallas, por el deterioro físico propio del uso, tal como fatiga, corrosión, etc. Cuando un equipo se encuentra en esta fase de su vida, llegará el instante en que no será económicamente viable mantenerlo, por ello se suelen tomar decisiones como el reemplazo o la ejecución de mantenimientos mayores capaces de devolverle sus condiciones operativas (Espinoza, 2014).

La curva que se conoce como la bañera nos indica el periodo o ciclo de vida en una instalación, equipo o pieza, además se puede apreciar donde existe la mayor o menor incidencia de fallas (Espinoza, 2014).

Figura 2.5
CURVA DE LA BAÑERA O CICLO DE VIDA



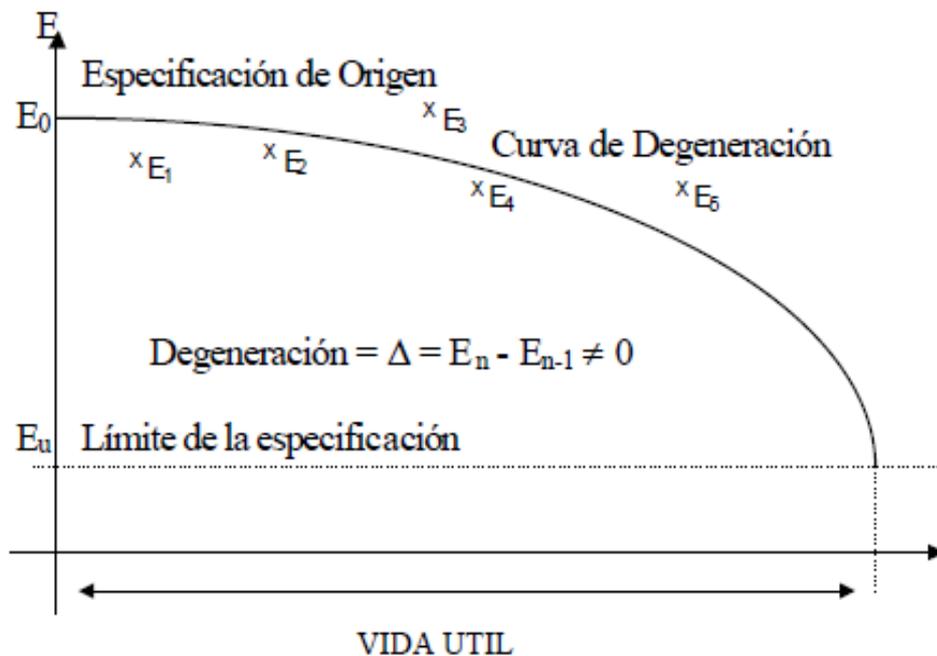
Fuente: Augusto Lourival Tavares, En el libro Administración Moderna de Mantenimiento.

Según Tavares L. (1999), otra forma de obtener la vida útil es la curva de degeneración $E(t)$ que está en función del tiempo.

Donde " E_u " es un valor fijado por un criterio técnico económico y E_0 es la especificación de origen o condición inicial de la pieza donde tal que:

- Mientras " E " sea mayor que " E_u ", tenemos la condición técnico económica aceptable de utilización.
- Cuando " E " sea igual o menor a " E_u ", tenemos la condición técnico - económica inaceptable de utilización.
- La intersección de la curva de degeneración con el valor de " E_u ", determina la vida útil y todo el concepto, está basado en curvas de degeneración, donde " $E(t)$ " es igual o menor a " E_0 ".

Figura 2.6
DEGENERACIÓN CON DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL



Fuente: Augusto Lourival Tavares, Administración Moderna de Mantenimiento.

2.2.7 Indicadores de gestión mantenimiento.

Según Tavares, L. (1999), dice que, para facilitar la evaluación de actividades del mantenimiento, se utilizan los "Índices de Clase Mundial", que emplean todos los países. Los "índices de clase mundial" son seis; de los cuales cuatro son de la Análisis de Gestión de Equipos y dos de Gestión de Costos. Según las siguientes relaciones:

Tiempo promedio entre fallas (TMEF). Nos relaciona el producto entre las horas de operación y el número de ítems con el número total de fallas en un periodo determinado (Tavares, 1999)

$$\text{TMEF} = \frac{\text{NOIT} \cdot \text{HROP}}{\sum \text{NTMC}}$$

NOIT: Numero de ítems

HROP: Horas de operación

NTMC: Número total de los mantenimientos correctivos

Este índice se debe utilizar en los ítems que se reparan después de la falla.

Tiempo promedio de reparación (TMPR) - Relación entre tiempo total de actividades correctivas de los ítems con falla y todas las fallas encontradas en esos ítems, durante el periodo observado (Tavares, 1999).

$$\text{TMPR} = \frac{\sum \text{HTMC}}{\text{NTMC}}$$

HTMC: Horas totales de mantenimientos correctivos

NTMC: Número total de los mantenimientos correctivos.

Este índice se debe usar, para ítems donde los tiempos de reparación son muy importantes relacionado con el tiempo de operación.

Tiempo promedio para la falla (TMPF) - Relación del tiempo total de operación varios de ítems no reparables con el total de fallas descubiertos en los ítems, durante el tiempo observado (Tavares, 1999).

$$\text{TMPF} = \frac{\sum \text{HROP}}{\text{NTMC}}$$

HROP: Horas de operación

NTMC: Número total de los mantenimientos correctivos

Este índice se debe usar para ítems sustituidos después de la ocurrencia de falla.

Disponibilidad (DISP). – Se conoce como probabilidad de un equipo para que se mantenga sin fallar dentro del tiempo que es requerido también se le define como relación entre la diferencia de la cantidad de horas calendario durante un periodo con de la cantidad de horas empleadas por el personal de mantenimiento (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y la cantidad total de horas del periodo considerado (Tavares, 1999).

$$\text{DISP} = \frac{\sum (\text{HCAL} - \text{HTMN})}{\sum \text{HCAL}} \times 100$$

HCAL: Horas calendario

HTMN: Hora total de mantenimiento

Este índice también se calcula como la diferencia entre y la relación entre las horas de mantenimiento con la unidad y el total de horas señaladas con las de operación de los equipos (Tavares, 1999).

$$\text{DISP} = \frac{\sum \text{HROP}}{\sum (\text{HROP} + \text{HTMN})} \times 100$$

HROP: Horas de operación

HTMN: Hora total de mantenimiento

También se puede obtener una expresión relacionado con el TMEF sumado con Tiempo Medio de Reparación y los Tiempos Ineficaces de Mantenimiento (Tavares, 1999).

$$\text{DISP} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} \times 100$$

TMEF: Tiempo promedio entre las fallas

TMPR: Tiempo promedio de reparación

Confiabilidad (CONF). -

Es la probabilidad de que un componente, equipo o sistema mantenga su función básica sin fallar, en un determinado tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación (Espinoza, 2014).

$$\text{CONF} = \frac{\sum(\text{HCAL} - \text{HTMC})}{\sum \text{HCAL}} \times 100$$

HCAL: Horas calendario

HTMC: Horas totales de mantenimientos correctivos

Mantenibilidad. -

Es la capacidad inherente del equipo o sistema a que sea restaurado para operar en condiciones normales en un tiempo determinado, cuando el mantenimiento se ejecuta de acuerdo con procedimientos prescritos (Espinoza, 2014).

Costo de Mantenimiento de Facturación (CMFT). -

Relación del costo total del mantenimiento y la facturación de la compañía en un periodo considerado.

$$\text{CMFT} = \frac{\text{CTMN}}{\text{FTEP}} \times 100$$

CTMN: Costo total del mantenimiento

FTEP: Facturación de la compañía

Este índice se calcula fácilmente ya que los valores, en el numerador como en el denominador, son normalmente procesados por el órgano de contabilidad de la empresa (Tavares, 1999).

Costo de Mantenimiento por el Valor de Reposición (CMRP). -

Relación del costo total acumulado y mantenimiento de equipo con el valor de la compra del mismo equipo nuevo (costo de reposición) (Tavares, 1999).

$$\text{CMRP} = \frac{\sum \text{CTMN}}{\text{VLRP}} \times 100$$

CTMN: Costo total del mantenimiento

VLRP: Valor de reposición.

2.2.8 Normatividad

- **Normas ISO**

- ISO 7500-1: 2015 “Verificación de las máquinas de ensayo un axiales estáticos de tracción y compresión”.
- ISO 14224 En primera edición del 15-07-1999 “Industrias del petróleo y gas natural-Recolección y cambios entre ellos de datos en confiabilidad y mantenimiento de equipos” en la sección 4.2.
- ISO 55000 “Gestión de activos”.
 - Parte 1: Sistemas de gestión - Requerimientos.
 - Parte 2: Sistemas de Gestión - Guías para aplicar la Parte 1.

- **Normas UNE**

UNE 20654 “Guía de la mantenibilidad de equipos”.

- Parte 1: Introducción, programa de mantenibilidad y exigencias.
- Parte 2: Sección 5: son estudios de la mantenibilidad en la fase de diseño.
- Parte 3: Sección seis y siete, análisis, verificación y formulación de datos.
- Parte 4-8: Es la Planificación de mantenimiento y logística de mantenimiento.
- Parte 5: Sección 4: Se refiere al Ensayo de diagnóstico.
- Parte 6: Sección 9: Se refiere a métodos estadísticos en la evaluación de mantenibilidad.

- **Normas ASTM**

- ASTM E 384 “Método de prueba estándar en microindentación; dureza de los materiales”.
- ASTM E 10 “Método de prueba estándar en dureza Brinell en materiales metálicos”
- ASTM E290 “Método estándar en prueba de flexión”
- ASTM E 8 “Método estándar para la prueba de tensión”.

- **Normas ASME**

- ASME Parte XI sub artículo IWA 2210 “Establece los tipos de exámenes visuales”.

2.2.9 Diseño de instalaciones en los laboratorios

La distribución del laboratorio se diseña con eficiencia. Se toma cinco años en principio desde el tiempo que se decide construir un laboratorio hasta que entre en funcionamiento. Además, se suele prever que no se necesitará modificaciones durante otros diez años. No se debe diseñar un laboratorio solamente tomando en cuenta actividades sencillas previstas actualmente (Peñafiel, 2014) .

En caso que el volumen de trabajo aumente porque no siempre el volumen de trabajo será siempre el mismo, por ello, puede exigir cambios en diferentes tipos de análisis. Para facilitar un retiro rápido en caso de incendio u otra emergencia, debe existir al menos dos entradas y dos salidas en cada laboratorio, siempre que sea posible; es conveniente que según las de diseño se evite acumular polvo en el laboratorio. Del mismo modo es necesario proteger a todos los instrumentos y equipos de campos magnéticos intensos que provienen de otros aparatos y así se evita que personas con marcapasos ingresen a estas zonas. (FAO, 2013).

Las instalaciones del laboratorio que comprende equipos y máquinas deben permitir que las actividades sean desarrolladas de modo eficaz y seguro, según el diseño en:

- Iluminación en laboratorios
- Instalaciones eléctricas
- Seguridad del laboratorio.

2.2.10 Mantenimiento de laboratorios

La implementación del mantenimiento dentro de los laboratorios minimizará el riesgo de fallo y asegurará el continuo funcionamiento de equipos y máquinas, evitando su constante calibración principalmente en equipos sensibles a las condiciones del entorno y a la manipulación incorrecta o a su inevitable desgaste (Peñafiel, 2014).

• Tareas de Mantenimiento

Para ejecutar estas tareas debe tenerse en cuenta los siguientes parámetros generales:

- Condiciones ambientales
Analizar el ambiente donde se encuentra el equipo, en funcionamiento o en almacén. Se recomienda evaluar temperatura, humedad, presencia de polvo, expuesto a vibraciones mecánicas toda la instalación (Peñafiel, 2014).
- Limpieza integral externa
Eliminar todo vestigio de suciedad, polvos, desechos, etc., en parte externa que compone el equipo con los métodos adecuados. Se puede incluir:
 - o Limpiar la superficie externa con líquido, lija, etc.
 - o Limpieza de residuos demasiado infecciosos usando desinfectantes como bactericidas (Peñafiel, 2014).
- Inspección de la parte externa del equipo o máquina
Examinar o reconocer el equipo y partes que se ubican a la vista, sin tener que retirar partes, tapas; así como otros accesorios tales como; mangueras, chasis, cordón eléctrico, conector de alimentación, que detectan signos de corrosión, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, fugas, partes faltantes o roturas que obliga a cambiar las partes dañadas tomando alguna actividad relacionada al mantenimiento preventivo o correctivo (Peñafiel, 2014).
- Limpieza integral interna
Eliminar cualquier señal de suciedad, desechos, polvo, etc., en las partes internas que comprenden al equipo, a través de los métodos adecuados. Ésta incluye:
 - o Limpieza en las superficies al interior utilizando limpiador líquido, limpiador en pasta, etc.
 - o Limpieza de restos infecciosos, usando sustancias que desinfectan como bactericidas no residuales tampoco corrosivas.
 - o Limpieza de tableros electrónicos, contactos eléctricos y conectores, empleando limpiador de contactos eléctricos, brocha, aspirador, etc (Peñafiel, 2014).

- Inspección interna
Revisar minuciosamente las partes internas del equipo y todos sus componentes para detectar señales de corrosión, impactos físicos, desgastes, vibración, sobrecalentamiento, fatiga, roturas, partes faltantes o signos que obliguen a cambiar las partes afectadas empleando alguna actividad que esté relacionado al mantenimiento preventivo o correctivo (Peñafiel, 2014).
- Poner lubricante a los a los motores, bisagras y cualquier otro elemento que lo necesite. Puede ser ejecutado en el instante de la inspección y deben usarse los lubricantes recomendados por los fabricantes (Peñafiel, 2014).
- Reemplazo de partes dañadas.
Casi todos de los equipos poseen partes diseñadas para ser gastadas en el funcionamiento del equipo, de tal modo que se prevenga el desgaste en otras partes del mismo. Podemos citar como ejemplo a los empaques, dispositivos protectores y los carbones. El reemplazo de partes es esencial en mantenimiento preventivo y puede realizarse en el instante de la inspección (Peñafiel, 2014).
- Pruebas funcionales completas
Después de realizarse la prueba de funcionamiento es importante poner en operación el equipo en conjunto con el operador y en toda forma de funcionamiento que éste posea, lo que además de detectar fallas en el equipo, genera mejor comunicación entre técnico y operador, con la determinación de fallas en procesos de operación por el operario o del técnico (Peñafiel, 2014).
- Ajuste y calibración
Observar durante la revisión externa e interna del equipo, como realizar cálculos de los parámetros fundamentales de modo que éstos sean acordes a normas técnicas establecidas, especificaciones del fabricante o cualquier otra referencia. Luego debe ejecutarse la calibración que se crea conveniente, poner en funcionamiento el equipo y hacer la medición de parámetros respectivos, estas dos actividades serán de gran utilidad

para lograr que en el equipo no haya presencia de desajuste (Peñañiel, 2014).

▪ **Materiales primordiales para el mantenimiento**

- Cera o liquido limpiador para pintura
- Cera o liquido con protección UV
- Agua y detergente
- Alcohol isopropílico
- Limpiador de contactos
- Grasa multipropósito
- Motas de algodón
- Aceite lubricante
- Thinner
- Recubrimientos antioxidantes
- Pintura esmalte anticorrosivo
- Pulimento de metales
- Solución limpiadora de éter, cinta aislante (Peñañiel, 2014).

▪ **Herramientas básicas para el mantenimiento**

- Espátula
- Lija
- Brocha
- Cepillo de limpieza
- Cepillo Metálico
- Esponja y franela
- Bomba de engrase
- Aceitero
- Guantes de látex
- Martillo de goma
- Caja de herramientas
- Guantes aislantes de electricidad y mascarilla (Peñañiel, 2014).

2.2.11 Plan de Mantenimiento

Son programas de actividades y procesos de transformación anual, organizado y estructurado en base a unidades técnicas, especificando rigurosamente las fechas y los tipos de trabajos que deben ejecutarse a una serie de edificaciones, instalaciones, equipos y maquinarias de una empresa. Los activos, equipos, maquinarias, edificaciones, instalaciones, sistemas y en general todo el equipamiento que se le incorpora dentro de las actividades del mantenimiento preventivo anual, poseen la característica de contar con las especificaciones del fabricante según el tiempo de servicios o de otro sistema de medición que se defina para el efecto. Siempre los activos críticos deberán ser considerados prioritarios dentro de la elaboración y posterior ejecución del plan (Pesantez , 2007).

Según Pesantez, A. (2007) las etapas de preparación del plan anual de mantenimiento preventivo son:

- Determinar los equipos, instalaciones críticas y maquinarias, en base al análisis de parámetros que se encuentran relacionados con procesos productivos.
- Tabulación y Determinación de recomendaciones, frecuencias y necesidades de mantenimiento señaladas por el fabricante y de las sobresalientes prácticas de servicios de mantenimiento.
- Planificación de las actividades de mantenimiento a ejecutar según el tiempo, además algunas frecuencias establecidas que deben ser analizadas previamente y tabuladas.
- Determinación de los bienes necesarios y señalar responsabilidades al personal que trabajará directa e indirectamente en los trabajos de mantenimiento.
- Definición sobre controles a cumplir y el monitoreo recurrente a llevarse a cabo al cumplimiento del programa

La amplitud de un plan anual del mantenimiento preventivo de cualquier empresa está en función de los siguientes factores:

- Presupuesto de operación anual aprobado en base a las indicaciones del personal de mantenimiento
- De las condiciones de las edificaciones, instalaciones y equipos de la empresa y determinación de los “activos técnicos críticos” en la organización
- Prioridades señaladas por la empresa y las experiencias de mantenimiento, respecto a los tipos de instalación, equipo o sistema con que cuenta la empresa

2.2.12 Laboratorio de Materiales (LM)

El Laboratorio de Materiales debe estar acondicionado para funciones de enseñanza, investigación y extensión, donde se realizan ensayos mecánicos en materiales.

Está destinado para realizar las siguientes experiencias:

- Flexión
- Torsión
- Fatiga
- Compresión
- Corte
- Impacto
- Tracción
- Dureza
- Pandeo
- Cilindro con pared gruesa.

Estos ensayos se pueden realizar a través del uso de equipos y máquinas como son: la máquina universal, equipo de torsión, máquina de fatiga, máquina de Charpy y mecanismo para ensayos de flexión, que determinan las características mecánicas del material a ensayar.

El laboratorio debe estar acondicionado para funciones de enseñanza investigación y extensión, donde se realizan experimentos o pruebas mecánicas de materiales.

En conclusión, el laboratorio de Materiales es un espacio donde se realiza funciones para la enseñanza e investigación y que deberá lograr

los siguientes objetivos:

- Brindar un espacio para desarrollar investigación en diferentes materiales.
- Determinar propiedades mecánicas de materiales metálicos, compuestos, madera, etc.
- Verificar propiedades mecánicas de diferentes materiales.

Para ello se tendrá que cumplir con el siguiente objetivo de mantenimiento el cual es garantizar el mantenimiento preventivo en las instalaciones del Laboratorio de Materiales para desarrollar las prácticas y ensayos respectivos.

Los principales ensayos que se realizan en el Laboratorio de Materiales son los siguientes:

– **Resistencia a la Tracción:**

Se realiza con la Máquina Universal para pruebas mecánicas donde se determina la carga interna que ofrece un cuerpo debido a una carga de tensión perpendicular a su sección, evitando que se deforme.

– **Esfuerzo de Compresión:**

Se desarrolla con la Máquina Universal en forma similar al esfuerzo de tracción, también son cargas internas que se presentan debido a la presencia de cargas de compresión, generalmente son fuerzas perpendiculares a su sección.

– **Resistencia a la Torsión:**

Se realiza con el equipo de torsión para calcular el módulo de rigidez, que tiende hacer girar un cuerpo en un ángulo determinado conocido como la deformación angular.

– **Resistencia a la Fatiga:**

Para este ensayo se emplea la Máquina de Flexión rotativa donde se determina la ruptura por fatiga. Donde resistencia a la fatiga es la capacidad que tiene un material a la deformación o ruptura debido a cargas cíclicas que se presentan.

– **Dureza:**

Este ensayo se realiza con el Durómetro donde se compara la dureza entre dos materiales. La dureza es propiedad que poseen los materiales de resistir deformaciones elásticas o plásticas o incluso soportan la ruptura. La dureza de un cuerpo se obtiene por el contacto entre dos cuerpos, uno más duro que el otro.

– **Impacto:**

Se desarrolla con la Máquina de Charpy donde se calcula la energía que necesita un cuerpo antes de fracturarse; es decir; esta energía se presenta debido al fenómeno de choque entre dos cuerpos.

– **Pandeo:**

Se realiza con la Máquina Universal, se determina la fuerza axial con el cual se inicia la inestabilidad de la columna por pandeo a dicha fuerza se le conoce como fuerza de pandeo del material.

– **Resortes:**

Se calcula con la Máquina Universal donde la carga que resiste el Resorte sin llegar a su deformación plástica, donde un material tiene la capacidad de almacenar energía y desprenderse de ella sin generar deformación cuando desaparece el esfuerzo.

Si se habla de resortes no sólo se debe estudiar resortes helicoidales, porque existen resortes de diferentes formas.

Procedimientos de Inventario

Como es importante los equipos, herramientas, instrumentos e instalaciones del laboratorio para la enseñanza universitaria siendo participe del proceso de formación profesional de los estudiantes hay necesidad de conocer cómo se encuentran, para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de estos; y así contribuir efectivamente en el desenvolvimiento del proceso de formación integral. Entonces el propósito del inventario es identificar claramente las instalaciones y el número de equipos, sus atributos, características, especificaciones y estado actual.

- **Sistemas de Codificación**

La codificación permite la identificación y ubicación de equipos y máquinas, donde se debe controlar ítems de una manera sencilla y accesible para todos los usuarios (Dumagualla, 2014).

Existen dos clases de codificación, siendo las siguientes:

- **Sistemas de codificación no significativos:** son sistemas que asignan un número correlativo, que no aporta ninguna información adicional. La ventaja es la simplicidad y la brevedad del código, por ende, es de tamaño corto. Una ventaja que se tiene es que no se puede fácilmente ubicar la máquina (Dumagualla, 2014).
- **Sistemas de codificación significativos o inteligentes:** son sistemas que proporciona información valiosa. La ventaja es que puede observarse la ubicación, el tipo y la familia donde se ubica el equipo. La dificultad es que al agregar datos el código se alarga demasiado (Dumagualla, 2014).

- **Inventario técnico de equipos y máquinas**

El inventario es soporte en la ubicación de activos, agrupación de repuestos específicos y mantiene los registros de tareas preventivas o reparaciones, por ello hay la necesidad de disponer de un registro de datos cabales y confiable que proporcione información adicional sobre su ubicación (Dumagualla, 2014).

En una instalación, según la cantidad de equipos se recomienda contar con:

- Un registro de todos los equipos, codificado y localizado.
- Una forma de agrupar es clasificar por familias, tipos, instalaciones, plantas, etc.
- Una forma de definir la criticidad para señalar prioridades y grados de mantenimiento en diferentes equipos.
- La designación del encargado del mantenimiento para diferentes equipos, así como de sus tareas, cuando sea preciso.

- **Elaboración de fichas técnicas**

Son necesarias para tener documentado ciertas características específicas de equipos y máquinas y que serán de utilidad para las tareas

de mantenimiento.

Una ficha de máquina debe tener toda la información posible y necesaria para conocer a la misma, así como para tener los cuidados necesarios tanto para el mantenimiento como para prevenir la integridad física de los técnicos que operen estas, y así evitar daños innecesarios y accidentes.

Los criterios considerados en la estructuración de fichas para las guías de los diferentes laboratorios fueron los siguientes:

- Logo de la Institución.
- Versión.
- Nombre y número de ficha del instrumento, equipo o máquina.
- Nombre del laboratorio donde se encuentra la maquina o equipo.
- Codificación correspondiente.
- Código del inventario de la Unidad de Control de Patrimonio.
- Ubicación.
- Foto de cada máquina, equipo o instrumento (Peñañiel, 2014).

2.2.13 Laboratorio de Materiales de la FIME – UNAC

▪ Reseña de la historia de la UNAC

Fue fundada el 2 de septiembre de 1966, con Ley N° 16225, como Universidad Nacional Técnica del Callao (UNATEC), durante el gobierno del Arq. Fernando Belaúnde Terry y el Doctor Carlos Cueto Fernandini; como ministro de educación convirtiéndose en la primera universidad fundada en el Callao (UNAC).

La universidad del callao fue creada con cuatro facultades, posteriormente el 11.05.1976 con Resolución: 3407-76-CONUP; del Consejo Nacional de la Universidad Peruana aprobó su funcionamiento con seis programas académicos: Economía, Contabilidad, Ingenierías Mecánica, Química, Pesquera y Eléctrica (UNAC).

Luego la dación de la Ley N° 23733, del 18.12.1983 la Universidad tomó el nombre como Universidad Nacional del Callao.

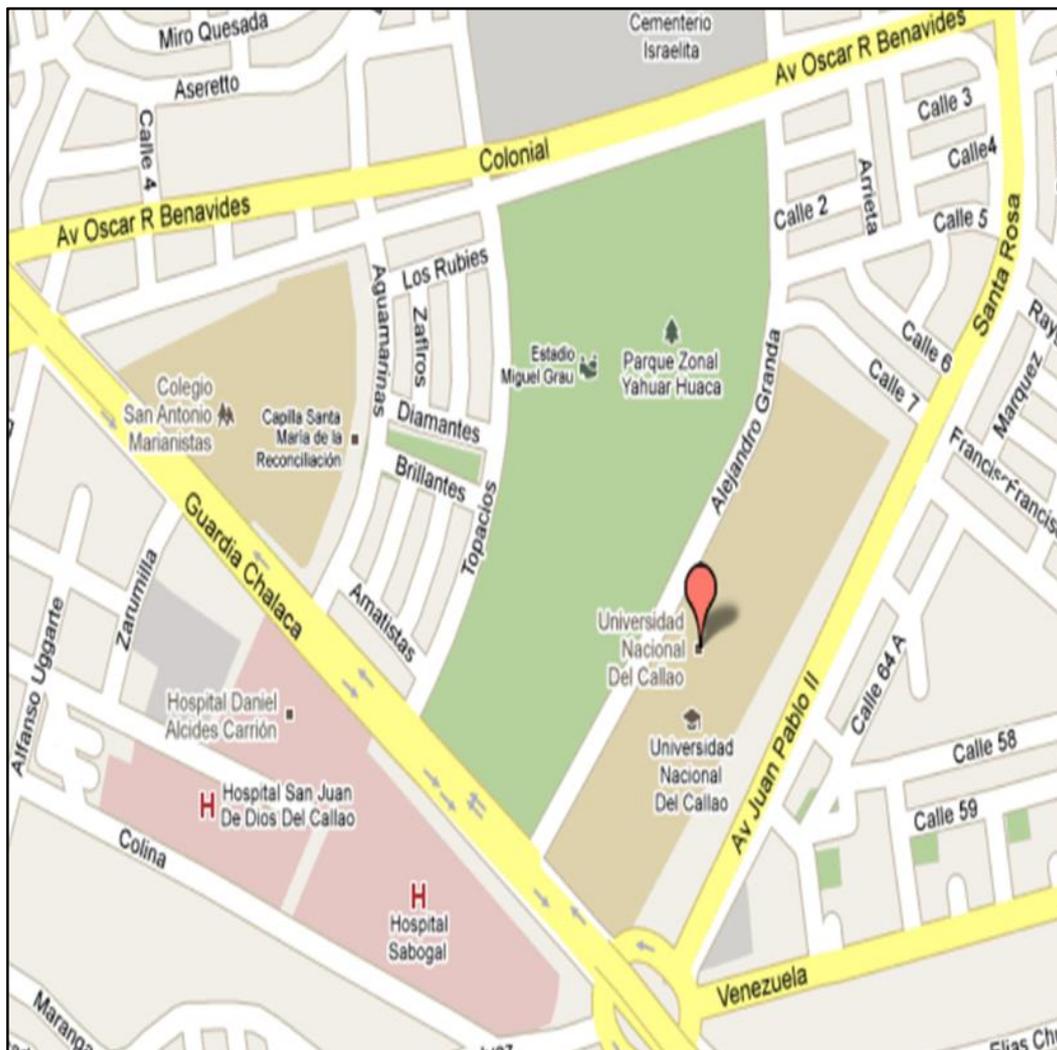
Finalmente, cabe señalar que la Universidad según sus necesidades académicas en la actualidad cuenta con once Facultades, dieciséis Escuelas Profesionales y una Escuela de Posgrado (UNAC).

- **Ubicación de la UNAC**

La Ciudad Universitaria de la UNAC está ubicada en la Av. Juan Pablo II, N°306, distrito de Bellavista, Provincia Constitucional del Callao.

Figura 2.7

UBICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO



Fuente: Google Maps

▪ **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (FIME)**

○ **Objetivos:**

El objetivo es contribuir con el desarrollo económico, cultural y social de la región callao y por ende del país, formando profesionales en la especialidad de Ingeniería Mecánica en la especialidad de Ingeniería en Energía con un pensamiento innovador con capacidad para participar en el proceso social, económico y cultural de nuestro país practicando la democracia e independencia política dentro del marco de nuestra Constitución Política.

Dentro de esta concepción se debe formar un profesional, bajo un criterio científico-técnico y de responsabilidad social, para aplicar los recursos de la tecnología desde el diseño hasta operación y mantenimiento de los equipos y máquinas que son parte de sistemas mecánicos, térmicos, o hidroneumáticos, para coadyuvar al impulso del progreso, desarrollo nacional y regional.

○ **Perfil del Ingeniero Mecánico:**

El Ingeniero Mecánico está capacitado para:

- Formular y resolver problemas que involucren aspectos tecnológicos concernientes con la Ingeniería Mecánica.
- Planificar y dirigir los procesos de manufactura, diseñar y dar, mantenimiento a maquinarias, optimizando el proceso de conversión de energía cuidando el medio ambiente y desarrollar la Mecatrónica.
- Evaluar y evitar impactos económicos, sociales al desarrollar los proyectos.
- Adaptarse al cambio en el campo profesional como en lo personal.
- Mantener constante comunicación con profesionales de otra área e integrar equipos de trabajo interdisciplinarios haciendo liderazgo.
- Mantenerse actualizado con el avance tecnológico y socio-humanístico.

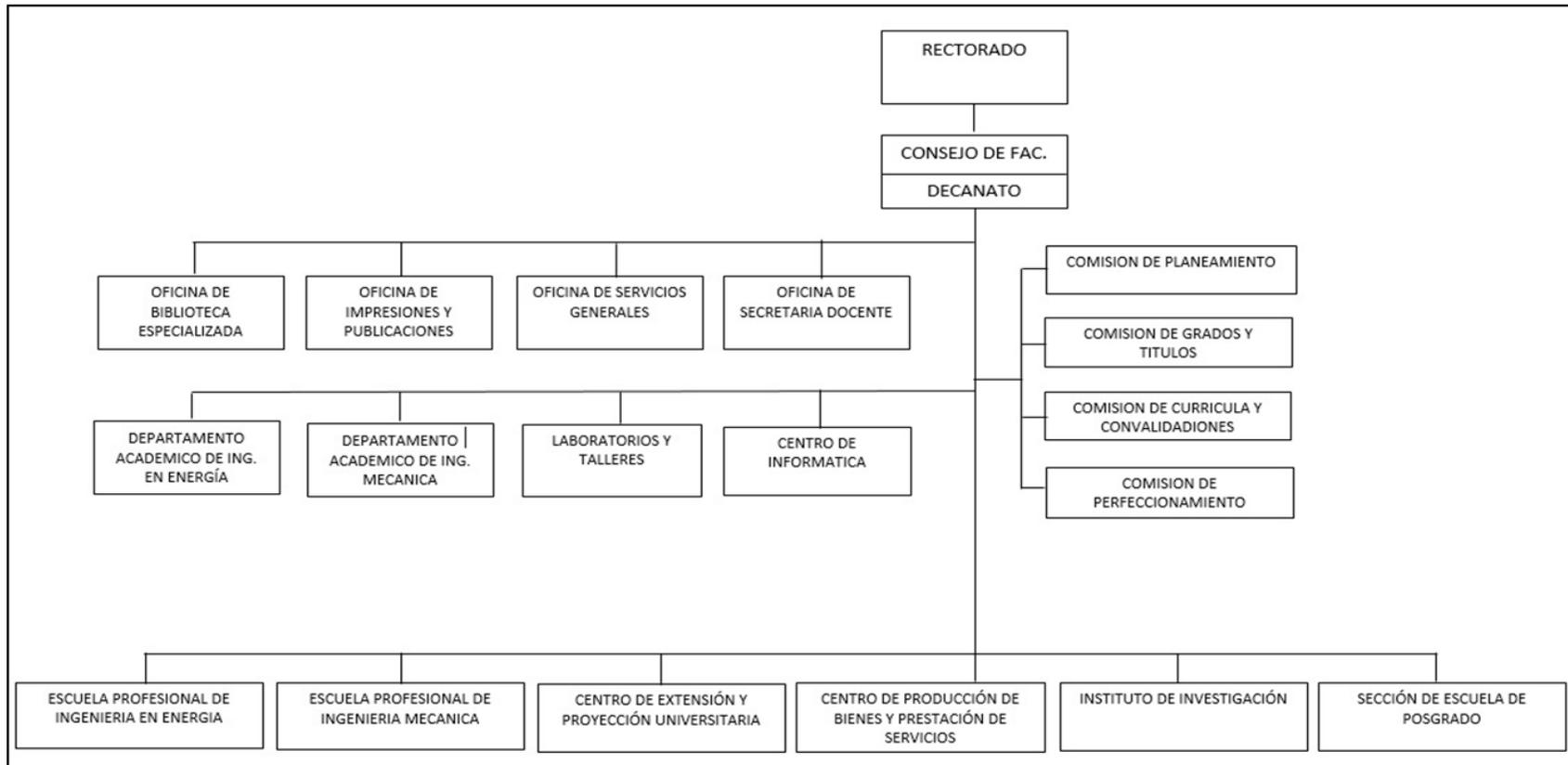
○ **Perfil del Ingeniero en Energía:**

El Ingeniero en Energía está capacitado para:

- Emplear las fuentes de energía disponibles.
- Investigar y estudiar las nuevas fuentes de energía, para adaptarlas a los requerimientos de nuestro país.
- Aportar en el desarrollo de áreas rurales en cuanto se refieren al consumo de energía.
- Emplear métodos de ingeniería y técnicas modernas buscando la solución viable para el aprovechamiento de la energía.
- Participar en la selección, operación, mantenimiento, diseño o construcción de nuevas plantas para generar energía, así como proponer mejoras para que operen las plantas existentes, optimizando el uso de los energéticos.
- Participar en proyectos donde se ahorra energía, diseñando procesos acordes al momento.
- Investigar la manera de cómo usar la energía existente en el territorio nacional de modo que nuestra población salga beneficiado en lo económico, social, tecnológico y cuidando del medio ambiente.
- Proponer proyectos integrados con frecuencia interinstitucional que puedan cubrir el rango completo de problemas de innovación en la energía, incluyendo evaluación de recursos, evaluación participativa de necesidades de la sociedad o demandas a ser satisfechas, investigación tecnológica básica, y aplicada, evaluación de capacidades y diseño de procesos y equipos.

Figura 2.9

ORGANIGRAMA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA



Fuente: Universidad Nacional del Callao

o **Laboratorios y Talleres de la FIME**

Objetivo de los laboratorios de la FIME:

Brindar a los estudiantes las experiencias necesarias para su formación profesional, lo cual se brinda de manera experimental mediante ensayos, los cuales son realizados en sus respectivos laboratorios.

La FIME, cuenta con laboratorios y talleres dentro del campus universitario de la UNAC, los que han sido establecidos para complementar el desarrollo académico de acuerdo al currículo de estudios de cada Escuela Profesional brindando a los estudiantes las experiencias necesarias que complementan su formación profesional.

En laboratorios de la FIME se realizan ensayos y prácticas académicas en diferentes áreas de Ingeniería Mecánica, así como en la de Energía; además se da un desarrollo práctico-experimental basado en fundamentos teóricos adquiridos con anterioridad y que el estudiante aporta prestando servicios a nivel interno y externo de nuestra Universidad.

Según la materia que curse el estudiante se desarrollan las prácticas dentro de los diferentes laboratorios que se ubican en la FIME.

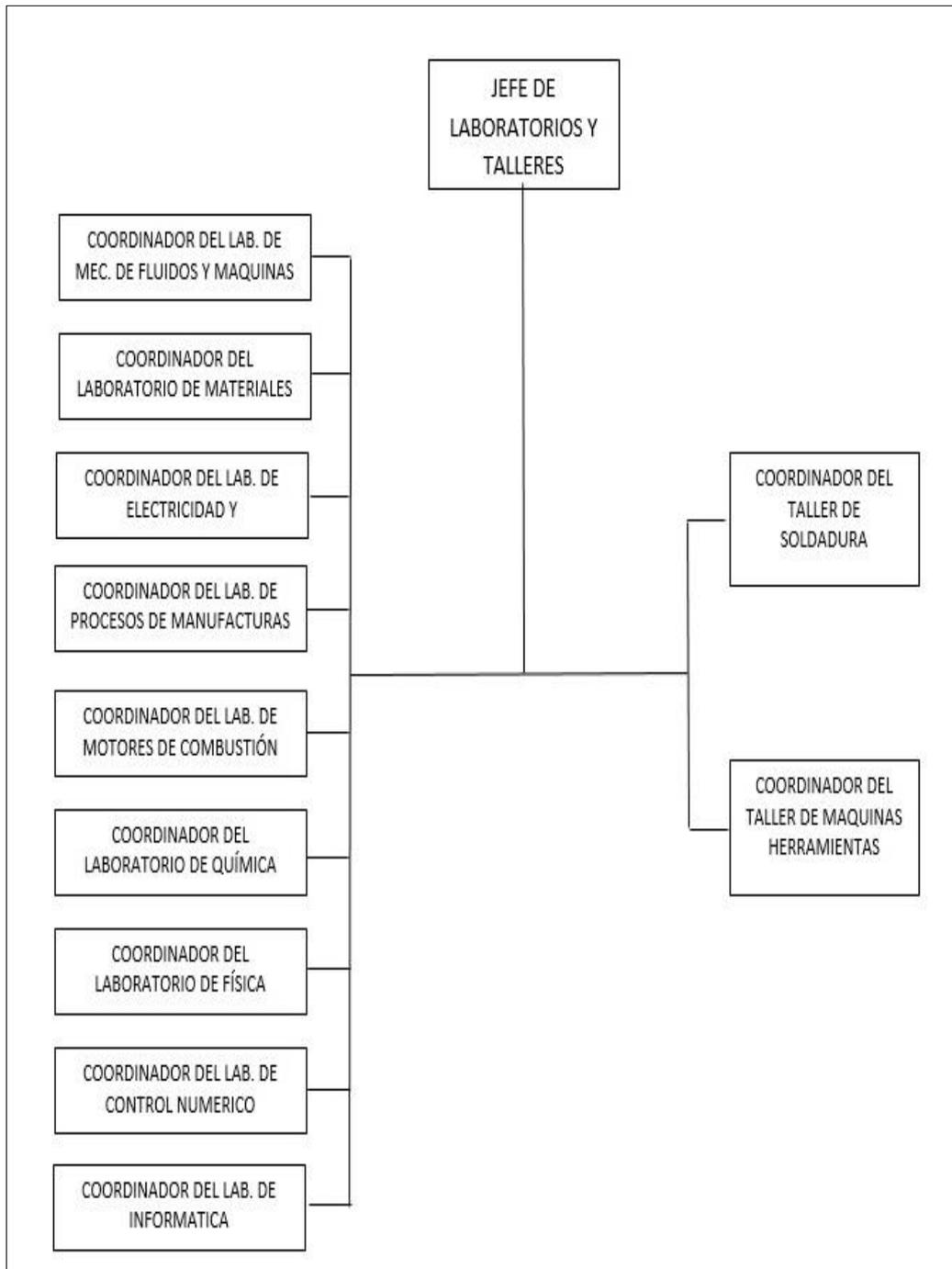
A continuación, se menciona los laboratorios:

- Laboratorio de Mecánica de Fluidos
- Laboratorio de Materiales
- Laboratorio de Automatización
- Laboratorio de Procesos de Manufactura y Talleres
- Laboratorio de Motores
- Laboratorio de CNC
- Laboratorio de Química
- Taller de Soldadura

Los mencionados laboratorios se encuentran bajo la responsabilidad académica del personal docente. Según el siguiente organigrama:

Figura 2.10

ORGANIGRAMA DE LOS LABORATORIOS Y TALLERES DE LA FIME



Fuente: Elaboración propia

o **Laboratorio de Materiales (LM)**

El Laboratorio cuenta con un área de 70 m² que está destinada para equipos y máquinas y atender un promedio de 120 estudiantes en dos cursos semestrales a través de ensayos mediante la observación en donde es posible medir y determinar experimentalmente propiedades mecánicas de materiales; a través de ensayos que tienen como objetivo visualizar las propiedades de los materiales mediante ensayos experimentales.

El laboratorio ha sido destinado para experiencias de dureza, tensión compresión, fatiga, torsión, flexión, corte e impacto de materiales, a través del uso de equipos y máquinas como son: la máquina universal, máquina de torsión, máquina de fatiga, banco para ensayos de flexión, máquina de impacto, horno eléctrico, banco del cilindro con pared gruesa, esmeril de banco y tornillo de banco. Las cuales se pueden clasificar según su diseño en dos grupos:

- Máquinas y equipos cimentados: son las que están fijas al área del laboratorio en forma compacta, con estructuras de acero donde es posible operar con cargas altas ya que cuentan con esta condición en su diseño para realizar los ensayos de: tracción, compresión, corte, pandeo, dureza, impacto y de resortes.
- Máquinas y equipos no cimentados: son las que no se encuentran fijas, sino que se ubican en el espacio restante según la distribución de equipos dentro del laboratorio debido a que operan con cargas bajas se les utilizan para ensayos de: torsión, flexión y fatiga. Cuando se realizan los ensayos se obtiene valores numéricos que se presentan las propiedades mecánicas, con experiencias y con pruebas patrón. Como la elección de un material para un trabajo específico depende de sus propiedades mecánicas, es fundamental familiarizarse con algunas de las pruebas patrón empleadas para medir estas propiedades y entender la información obtenida de ellas.

Figura 2.11

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS Y MÁQUINAS DEL LM



Fuente: Elaboración propia

2.3 Definiciones de términos básicos

- **Mecánica de Materiales**

Es una asignatura de la Ingeniería Mecánica, Ingeniería Estructural e Ingeniería Industrial donde se estudian los sólidos deformables a través de modelos simplificados. La resistencia de un material es la capacidad que tiene para soportar cargas sin llegar a la rotura, deformándose permanentemente.

- **Laboratorio**

El laboratorio es un área que se encuentra adecuado y equipado con diversas máquinas, equipos e instrumentos necesarios donde se hace investigaciones y experimentos. En estos lugares las condiciones ambientales están controlados según ensayos que se realicen, de este modo se trata de evitar que influencias extrañas alteren los datos o resultados obtenidos.

- **Máquina**

Una máquina es la unión de elementos diseñados que aprovecha, regula y dirige la acción de una fuerza. Estos equipos pueden recibir una determinada energía para luego transformarla en otro tipo de energía para generar un determinado trabajo. Entre las partes se encuentra el motor el cual transforma una energía de un tipo a otra energía de otro tipo, el mecanismo y el bastidor. Según la energía que utilizan las máquinas se clasifican de varias formas. Las máquinas manuales que requieren de fuerza humana, máquinas eléctricas que transforman la energía eléctrica en otra energía debido a que internamente cuentan con circuitos magnéticos y eléctricos. Por otro lado, también existen máquinas hidráulicas y máquinas térmicas, que utilizan fluidos.

- **Equipos**

Son aquellos aparatos especiales, utensilios, instrumentos para un fin determinado en los procesos llevados cabo en él. Se clasifican según su función: equipos para medir, para calentar o enfriar, equipos para mezclar y para otras operaciones, etc.

- **Experiencia de Laboratorio**

Son actividades donde existe un guía que conoce todos los procedimientos que se desempeña en equipo y tiene capacidad creadora, entre muchas otras. La experiencia en el laboratorio comprende en revisar las partes que participan en ella tales como el fundamento teórico, tener en claro el objetivo, equipos y materiales a emplearse, para luego después del ensayo proceder a tomar datos. La práctica experimental forma parte en la construcción de conocimientos y del pensamiento.

- **Método de prueba de ensayo**

Una experiencia se puede considerar como operación técnica que implica en determinar características de un producto o servicio. En la puesta en práctica la ingeniería, ciencia e industria manufacturera, es fundamental que todos los involucrados entiendan y se pongan de acuerdo sobre la manera como se obtienen los datos y hacer mediciones. Es común que una propiedad física se vea fuertemente afectada por el método preciso de ensayo o la medición de dicha propiedad. Es muy importante documentar completamente los experimentos y las mediciones y para proporcionar definiciones necesarias con las especificaciones y requerimientos.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de Investigación

Variable X = Variable Dependiente:

Plan de Mantenimiento Preventivo

Indicadores:

Funcionalidad	X1
Nivel de criticidad	X2
Matriz de mantenimiento	X3

Variable Y = Variable Independiente:

Estado Actual

Indicadores:

Inventario	Y1
Fichas técnicas	Y2
Diagnostico	Y3

Variable Z = Variable Independiente:

Operatividad de los equipos y máquinas

Indicadores:

Horas de trabajo	Z1
Horas de mantenimiento	Z2
Frecuencia de utilización	Z3

3.2 Operacionalización de las variables

“Plan de Mantenimiento Preventivo para prolongar la operatividad de las máquinas y equipos del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la FIME – UNAC”.

Cuadro 3.1

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
X= Plan de Mantenimiento Preventivo	- Diseño del mantenimiento	- Funcionalidad - Nivel de Criticidad - Matriz de Mantenimiento	Relacionando la variable “Y” y “Z” con la variable “X” y la teoría existente.
VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
Y= Estado Actual	- Característica técnica	- Inventario - Fichas técnicas - Diagnostico	Recopilación de información disponible relacionados con el tema en los diferentes medios, encuestas, textos, tesis, fichas, revistas relacionadas con el tema.
Z= Operatividad de los equipos y máquinas	- Régimen de operatividad	- Horas de trabajo - Horas de mantenimiento - Frecuencia de utilización	Recopilación de información disponible relacionados con el tema en los diferentes medios, encuestas, textos, tesis, fichas, revistas relacionadas con el tema

Fuente: Propia elaboración

3.3 Hipótesis General e Hipótesis Específicas

3.3.1 Hipótesis General

El Plan de Mantenimiento Preventivo debe prolongar su operatividad de equipos y máquinas del Laboratorio de Materiales de la FIME-UNAC.

3.3.2 Hipótesis Específicas

- El estado actual debe establecer la operatividad de equipos y máquinas del LM de la FIME- UNAC.
- El Análisis de Criticidad debe contribuir en prolongar la operatividad de equipos y máquinas del LM de la FIME-UNAC.

IV. METODOLOGÍA

4.1 El Tipo de Investigación.

Los tipos de investigación en el trabajo de tesis son:

- **Por su finalidad es del tipo descriptiva:**

En investigaciones descriptivas conocidas como investigaciones diagnósticas, el objetivo de investigación descriptiva equivale a conocer situaciones y actitudes que predominan en la descripción de todas las actividades, procesos y personas. Se pretende aplicar tareas del mantenimiento basados en la criticidad mediante un plan apropiado que mejore los servicios del Laboratorio de Materiales.

- **Por su diseño interpretativo es no experimental:**

Se manipulan variables en investigación del trabajo de tesis, solo se levantará información mediante la inspección, búsqueda en revistas, libros y catálogos.

- **Por el énfasis se puede catalogar que los datos manejados son del tipo cuantitativo:**

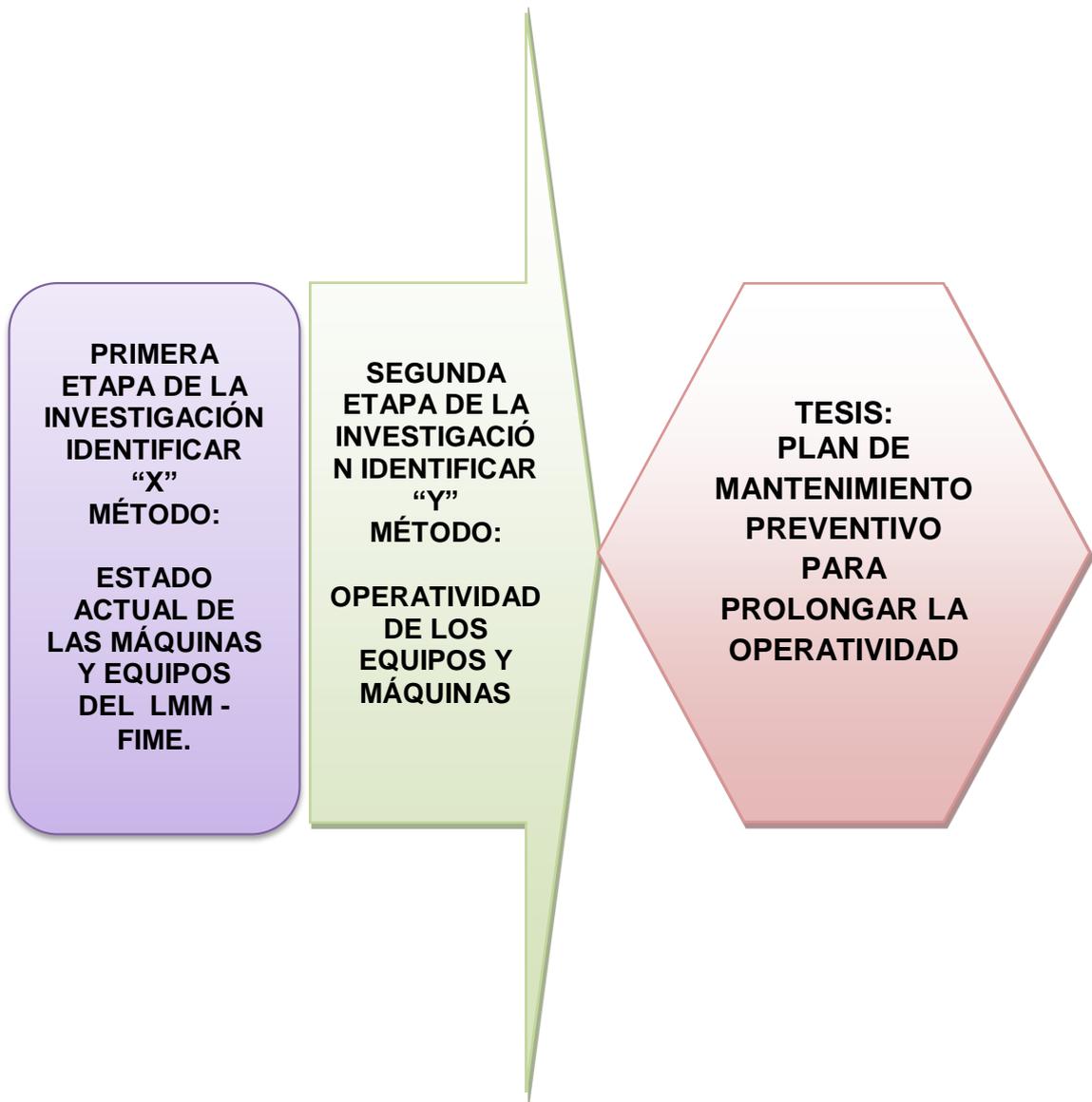
Porque las variables de investigación son cuantitativas.

Caratini M. (2008) afirma que la investigación cualitativa busca el "por qué", no el "cómo" de su tema a través del análisis de información no estructurada – tales como transcripciones de encuentros, respuestas a encuestas, correos electrónicos, comentarios y vídeos. No sólo se basan en las estadísticas o números, que son del dominio de los investigadores cuantitativos.

4.2 Diseño de Investigación

En el presente diseño se ha considerado tres momentos:

Figura 4.1
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Elaboración propia

En la presente propuesta de Plan Mantenimiento del Laboratorio de Materiales de la FIME se incorpora la siguiente metodología:

Investigación participativa, diagnóstica, descriptiva, propositiva, entre otras; para definir el diagnóstico y algunas variables relacionados con la presente tesis.

La base teórica es la ciencia y didáctica de la Resistencia de Materiales.

En tanto que su aplicación abarca la implementación y Mantenimiento del Laboratorio de Materiales.

Para la esquematización y sistematización de este estudio se consideró las siguientes herramientas:

- Matriz de involucrados

- Árbol de problemas

- Árbol de objetivos

- Matriz del marco lógico

Cuadro 4.1
MATRIZ DE INVOLUCRADOS

GRUPOS Y/ O INSTITUCIONES	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS	INTERES DEL PROYECTO	CONFLICTOS POTENCIALES
Autoridades de la Universidad Nacional del Callao	Apoyar a los diferentes laboratorios para brindar una enseñanza de calidad	Limitada disponibilidad y administración de recursos económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Económicos • Tecnológicos 	Proponer un Plan de Mantenimiento para el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME	Descuido de la Comunidad Universitaria
Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía	Ofrecer una buena formación profesional	Poco apoyo económico de las autoridades de la UNAC en la formación profesional	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnológicos 	Incrementar el ánimo y la superación profesional.	Poco interés en la propuesta de un Plan de Mantenimiento para el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME
Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía	Desarrollar las clases experimentales mediante la disponibilidad de las instalaciones del laboratorio.	Privación de presupuestos para el mantenimiento de las instalaciones del laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Económicos 	Mantener la motivación y el aprendizaje <u>investigativo</u> con la utilización de las instalaciones del laboratorio.	Despreocupación en adquirir conocimientos teórico – prácticos
Autor de Tesis	Contribuir con la Comunidad universitaria como un apoyo en la formación académica a través de la disponibilidad de las instalaciones del Laboratorio.	Falta de máquinas y equipos disponibles para el Laboratorio de Resistencia de Materiales.	<ul style="list-style-type: none"> • Humano • Material • Tecnológico 	Los docentes tendrán que capacitarse para <u>incrementar la motivación</u> e interés de los estudiantes de la Facultad.	Indiferencia a la Propuesta de un Plan de Mantenimiento para el Laboratorio de Resistencia de Materiales y poca preocupación por capacitarse.

Fuente: Elaboración propia

EFFECTOS

CAUSAS



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3

ÁRBOL DE OBJETIVOS

FINES

MEDIOS



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.2
MATRIZ MARCO LÓGICO

OBJETIVOS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACION	SUPUESTOS
FIN: Proponer un Plan de Mantenimiento para el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME.	Disponibilidad de las instalaciones del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME.	Cumplir con el desarrollo de las prácticas experimentales programadas en cada semestre académico.	El Laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME tendrá máquinas y equipos operativos para la formación profesional de los estudiantes.
PROPOSITOS: Mantener el nivel académico de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía	Contar con egresados que adquieran destrezas para un buen desempeño en la industria.	Se tendría egresados bien ubicados en el mercado laboral.	Los estudiantes egresados demostraran un buen nivel de competencia en la Industria.
RESULTADOS: 1. Docentes con recursos para la enseñanza. 2. Estudiantes preparados para su desempeño en la Industria. 3. Establecer como punto de partida para la certificación y que también sirva de apoyo a la acreditación.	1. Máquinas y equipos operativos en el laboratorio. 2. Docentes capacitados 3. Participación de docentes y autoridades	Por medio de pruebas diseñadas en base a las practicas desarrolladas en el laboratorio.	Docentes con interés en la investigación y estudiantes con predisposición durante el proceso de formación profesional.
ACTIVIDADES: 1.1 Realizar un diagnóstico para el laboratorio de resistencia de materiales. 1.2 Proponer un plan de mantenimiento del laboratorio.	1. Resultados del inventario y encuestas. 2. Elaboración de fichas de las máquinas y equipos del laboratorio. 3. Preparación de guías para el desarrollo de las experiencias de laboratorio.	1. Guías de ensayos del laboratorio de resistencia de materiales. 2. Fichero interno de las máquinas y equipos del laboratorio. 3. Manual de mantenimiento del laboratorio de resistencia de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Interés de autoridades • Disponibilidad de tiempo. • Asesoramiento técnico. • Personal docente capacitado.

Fuente: Propia elaboración

4.3 Población y Muestra

- En la etapa primera la población en estudio estará conformada por equipos y maquinas del Laboratorio de Materiales de la FIME.
- En una segunda etapa, se plantea buscar información sobre los equipos y máquinas del laboratorio en revistas, manuales y experiencias de involucrados directos e indirectos para intercambiar información relevante.
- En una tercera etapa, para conseguir información necesaria se tendrá que estructurar las muestras poblacionales tomando como objeto de estudio la totalidad de equipos y máquinas del Laboratorio de Materiales. Como es una investigación cualitativa, la población coincide con la muestra por ser esta no muy extensa lo cual permite poder tomarla en su integridad.

Tipo de Muestreo

La muestra será sistemática, estratificada e independiente del dominio de estudio, distribuida proporcionalmente. Como en la presente investigación su población coincide con la muestra entonces la unidad de análisis es cada máquina y equipo del Laboratorio de Materiales.

4.4 Formas e instrumentos de recolectar de datos

4.4.1 Primera etapa de investigación:

Se empleará investigación bibliográfica para conocer todos los detalles de equipos y máquinas del laboratorio; además de reunir los datos de campos directos e indirectos para evaluar las actuales condiciones de los activos del Laboratorio de Materiales.

Se recopilará información por observación, por ello se deberá inspeccionar el laboratorio para determinar su funcionamiento, con qué recursos cuentan, que tipos de ensayos se realizan y comenzar

los procedimientos de inventario con la codificación de activos del laboratorio.

4.4.2 Segunda Etapa de Investigación:

Se realizará el inventario de los activos; a este inventario se le aplicará un sistema de codificación significativo para aportar información sobre su ubicación y con el cual también se facilita su identificación dentro del laboratorio.

Adicionalmente a cada máquina y equipo se le asignó una ficha técnica detallando datos de fabricación y características más importantes.

4.4.3 Tercera Etapa de Investigación:

Se elaborará Plan de Mantenimiento anual, el cual tendrá como soporte el diagnóstico con su verificación del tiempo de trabajo para poder establecer el periodo de mantenimiento con que deben ser atendidos cada uno. Luego se priorizan las tareas de mantenimiento por cada máquina y equipo en base a su criticidad para elaborar las matrices las labores de limpieza, mantenimiento e inspección en todos los activos reuniendo las funciones de mantenimiento del mencionado plan del laboratorio.

4.5 Procedimientos de obtención de los datos

Para desarrollar la presente tesis y que tenga utilidad en el uso manejo de la información, se requiere establecer las fuentes de información en materia del trabajo objetivo.

Por dicha razón se realiza el análisis y tabulación de datos obtenidos según los formatos de: diagnóstico, fichas técnicas, horas de trabajo, criterios de criticidad y labores de mantenimiento de cada máquina y equipo del Laboratorio de Materiales, los cuales serán útiles para obtener los resultados que serán ordenados en una matriz de mantenimiento (Narvaez & Zhigue, 2015).

4.5.1 Codificación de equipos y máquinas

Para recoger información se empleará la investigación bibliográfica, para lo cual se consultó diferentes libros, tesis y folletos referentes a los distintos sistemas de codificación de equipos y máquinas del laboratorio.

Al respecto luego de estudiar la información obtenida se concluyó en utilizar la codificación significativa ya que describe en mayor o menor grado la descripción de los equipos; basándose en tres niveles jerárquicos, además este código es de uso interno e independiente al código de Control Patrimonial de la UNAC.

La regla de codificación estará compuesta por nueve dígitos alfanuméricos, cuatro letras (LLLL) que corresponden a las iniciales de la Facultad, dos letras (LL) que pertenecen según el área de ubicación, dos letras (LL) y dos números (NN) que corresponden al nombre de cada máquina o equipo, y los números son consecutivos iniciando en 01 que van aumentando según la cantidad de equipos que llevan el mismo nombre, así como se detalla en la siguiente figura:

La forma de código del equipo y máquina sería la siguiente:

LLLL – LL - LLNN

De lo anterior podemos ver que es un código corto que tiene como fin facilitar y mejorar su manejo por el usuario para su pronta identificación y localización según corresponda siendo designado a cada uno de los equipos y máquinas existentes como parte integrante del Laboratorio. A modo que la aplicación del sistema de codificación será el soporte para dar inicio al proceso de inventario (Jara & Marin, 2010)

Figura 4.4

MODELO DE CODIFICACIÓN EQUIPOS Y MÁQUINAS



Fuente: Elaboracion propia

4.5.2 Inventario de equipos y máquinas

Se empleará la técnica de observación, donde se deberá inspeccionar el Laboratorio de Materiales para determinar su funcionamiento, con qué recursos cuentan, y que tipos de ensayos se realizan.

En consecuencia, al ser obtenidos los datos de campo se procedió a ordenarlos para poder preparar la elaboración del inventario por ello se tuvo que seleccionar los datos de equipos y máquinas registrando cada uno con un código el cual fue asignado y denominado de acuerdo como se planteó. El resultado es un listado de los activos mencionados para facilitar su identificación, ubicación y control tanto a nivel general como a nivel individual, que debe estar actualizado.

Este procedimiento nos ayudará en la administración del laboratorio y desarrollar la presente tesis. (Peñañiel, 2014)

4.5.3 Elaboración de fichas técnicas

Para recolectar datos se utilizará la investigación bibliográfica, debiendo reunir información en los distintos textos, tesis, manuales, folletos, boletines y guías del fabricante sobre todas los equipos y máquinas del laboratorio.

Luego se debe elaborar las fichas técnicas agrupando ordenadamente los datos obtenidos para poder llenar la ficha técnica individual, que debe hacerse conforme a la información documentada previamente.

El modelo de ficha técnica fue diseñado en cuatro partes las cuales son:

- Membrete: donde se presentan los datos que identifican la ficha y el lugar donde es utilizado dicho documento.
- Datos del equipo: esta subdividido en campos que proporcionan información sobre datos de origen, también cuenta con una sección para poder colocar una fotografía de equipos y máquinas mostrando su constitución física según corresponda.
- Características generales: es la parte donde se incluye información adicional sobre la descripción de máquina o equipo.
- Partes importantes: es la sección donde se deben colocar los componentes o sistemas externos del cual estén conformados las máquinas o equipos que estarán debidamente representados mediante un diagrama donde se señalan sus partes importantes.
- Se tiene que analizar la información seleccionando la más relevante para registrarla y agruparlas en los formatos de fichas técnicas para cada máquina y equipo del laboratorio.

El procedimiento de inventario se realiza creando la ficha de todos los activos.

- Registrar en físico los activos del laboratorio mediante la toma de fotografías de equipos y máquinas.

- Verificar del número de inventario de equipos y máquinas asignado según la relación que tiene el personal de la oficina de control del patrimonio de la UNAC.
- Registrar con su codificación interna correspondiente y además realizar la inspección de equipos y máquinas. Recolectar y documentar los datos informativos de todos los activos. Al ser elaboradas las fichas técnicas, su información se constituye como parte inicial del historial que debe crearse para cada máquina y equipo por eso el modelo de ficha técnica deberá ser estándar el cual deberá archivarse para poder disponer de específica y valiosa información que sería clave para tomar decisiones en labores de mantenimiento futura.

Con respecto a la información que nos proporciona la ficha técnica de cada equipo servirán como base para confeccionar una ficha técnica general donde estará el listado de todos los activos del laboratorio detallando sus características fundamentales y estará dirigido al control general para una identificación rápida y sencilla.

4.5.4 Diagnóstico situacional

Se utilizará la técnica conocida como observación de los activos que componen el laboratorio, inspeccionando su funcionamiento y analizando sus características básicas

En consecuencia, para realizar el diagnostico deberá considerarse una serie de criterios que puedan servir como línea base para comprobar el estado actual de los equipos.

Al analizar debidamente determinados criterios se seleccionará aquellos de mayor importancia y a la vez se puedan representar de manera concisa los aspectos sobresalientes en equipos del laboratorio. El método propuesto para diagnosticar equipos es similar al método de Factores Ponderados empleado en la localización industrial donde cada parámetro deberá tener valor según la ponderación que se estime a criterio personal, así como la

mayor parte de datos necesarios para su desarrollo. Los indicadores como tiempo de utilización, nivel de prioridad y análisis de criticidad se describen a continuación.

- **Tiempo de utilización de equipos**

El tiempo de utilización se calcula con horas de trabajo en funcionales en todo el semestre académico (14 semanas lectivas), se establecen conforme que sea de uso estándar y general, para todos los activos del laboratorio.

Cuando se desarrolla los ensayos se debe considerar que generalmente todos los equipos son manipulados por los estudiantes quienes trabajan distribuidos en grupos hasta de 20 pero lo recomendable sería que estuviesen agrupados por 12 alumnos.

El tiempo de utilización de los equipos es calculado según la información que dispongamos sobre el número de veces que se emplea cada equipo del laboratorio para realizar los diferentes ensayos durante el semestre académico.

Los datos obtenidos anteriormente nos serán útil para determinar horas de trabajo promedio de todas las máquinas o equipos.

- **Nivel de prioridad y frecuencia de atención de equipos y máquinas**

Según Peñafiel, C. (2014) dice que, para poder obtener un diagnóstico representativo de equipos del laboratorio, se toma en cuenta ciertos criterios seleccionados para poder evaluar la conservación y la funcionalidad de equipos que se estime a criterio personal.

La selección de criterios se logra al centrarse en aquellos parámetros considerados de mayor relevancia y que a la vez puedan representar de manera precisa los aspectos sobresalientes de las máquinas o equipos del laboratorio.

Los parámetros seleccionados en el diagnóstico de cada uno de los equipos del laboratorio son los siguientes:

- **Nivel de riesgo.** Se considera el riesgo al instante de la operación de los equipos.
 - Equipos de bajo riesgo. Se consideran equipos de bajo riesgo cuando en el funcionamiento no pueden causar lesiones al operador.
 - Equipo de mediano riesgo. Son tales que en su funcionamiento pueden ocasionar al operador un daño leve.
 - Equipos de alto riesgo. Es cuando los equipos que en plena operación causan lesiones al operador.
- **Grado de obsolescencia.** Indica la antigüedad del equipamiento.
 - Equipamiento mayor 12 años de antigüedad.
 - Equipamiento entre 6 y 12 años de antigüedad.
 - Equipamiento actual, de 0 a 6 años de antigüedad.
- **Condición histórica de mantenimiento.** Denota los requisitos históricos que necesitan los equipos en concepto de mantenimiento:
 - Preventivo: Mínimo, medio, extensivo
 - Correctivo: Mínimo, medio, extensivo
- **Estado de funcionamiento y conservación.** Indica cual es la situación de funcionamiento en que se ubica el equipo.
 - Malo
 - Regular
 - Bueno

Entonces a partir de establecer los parámetros considerados anteriormente se procede a calificar todos los factores según observamos el cuadro 4.3 de la pág. 84.

En cuanto a los criterios de evaluación es individual y se necesita considerar el grado de dificultad de operación, ya que el daño parcial o total de algún componente puede resultar en la parada total de máquina o equipo, siendo conveniente que el responsable en desarrollar el ensayo sea el supervisor del manejo de activos del laboratorio.

Cuadro 4.3
FORMATO DE DIAGNÓSTICO

Fecha:

Equipo:

Código:

N°	PARAMETROS DE DIAGNÓSTICO DE LAS MAQUINAS Y EQUIPOS	MARCAR RPTA.
1	NIVEL DE RIESGO	
	ALTO	
	MEDIO	
	BAJO	
2	GRADO DE OBSOLESCENCIA	
	MAS DE 12 AÑOS	
	DE 6 y 12 AÑOS	
	ACTUAL	
3	REQUISITO HISTORICO DE MANTENIMIENTO	
	EXTENSIVO	
	MEDIO	
	MÍNIMO	
4	ESTADO DE PRESERVACION Y FUNCIONAMIENTO	
	MALO	
	REGULAR	
	BUENO	

Fuente: Elaboración propia

• **Análisis de la criticidad en máquinas o equipos**

Según Ixcot, H. (2011) menciona que los equipos significativos del laboratorio donde se podrá lograr siempre que se tenga el inventario actualizado, pues debió ser confeccionado con anterioridad.

Para comenzar el análisis se seleccionan los criterios de criticidad, los cuales son:

- **Frecuencia de falla:** son las veces que falla cualquier componente del sistema.

- **Impacto operacional:** producción perjudicada por falla.
- **Nivel de producción manejado:** lo que no se produce por falla.
- **Tiempo promedio de reparar:** tiempo de reparación de falla.
- **Costo de la reparación:** importe que la avería repercute.
- **Impacto en seguridad:** probabilidad de daños a personas
- **Impacto ambiental:** probabilidad de daños al ambiente.

Por criterios de criticidad se le asigna un puntaje según criterio personal en el formato del cuadro 4.6 de la pág. 84, que se encuentran en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4
MÁQUINAS Y EQUIPOS SIGNIFICATIVOS

Nº	MAQ. Y EQUIPOS DEL LM	CODIGOS
1	MÁQUINA UNIVERSAL	FIME-LRM-MU-01
2	MÁQUINA DE FATIGA	FIME-LRM-MF-01
3	MÁQUINA DE IMPACTO	FIME-LRM-MI - 01
4	EQUIPO DE FLEXIÓN	FIME-LRM-EF- 01
5	MÁQUINA DE DUREZA	FIME-LRM-MD-01
6	EQUIPO DE TORSIÓN	FIME-LRM-ET- 01

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.5
ASIGNATURAS QUE UTILIZAN EL LAB. DE MATERIALES FIME

Nº	Asignaturas	Nº de Alumnos	Nº de Grupos Horarios	Horas por semana	Horas por semestre
1	Tecnología de los Materiales	60	5	10	160
2	Mecánica de Materiales - I	70	7	14	224
3	Mecánica de Materiales - II	70	6	12	192

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.6

FORMATO PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Fecha:

Equipo

N°	CRITERIOS DE CRITICIDAD DE LAS MÁQ. Y EQUIPOS	RPTA.
1	FRECUENCIA DE FALLA	
	MAS DE 50 POR AÑO	
	ENTRE 31 a 50 POR AÑO	
	ENTRE 16 a 30 POR AÑO	
	ENTRE 2 a 15 POR AÑO	
	NO MAS DE 1 EN CADA AÑO	
2	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN	
	MAS DE 48 HORAS	
	ENTRE 24 Y 48 HORAS	
	ENTRE 8 Y 24 HORAS	
	ENTRE 4 Y 8 HORAS	
	MENOS DE 4 HORAS	
3	IMPACTO SOBRE LABORES	
	LA AFECTA TOTALMENTE	
	75% DE IMPACTO	
	50% DE IMPACTO	
	25% DE IMPACTO	
	NO AFECTA LAS LABORES	
	COSTO DE REPARACIÓN (Q)	
4	MAS DE 35 MIL SOLES	
	ENTRE 15 Y 35 MIL SOLES	
	ENTRE 3 Y 15 MIL SOLES	
	NO MAS DE 3 MIL SOLES	
	IMPACTO AMBIENTAL	
5	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ALTA, AFECTA ÁREAS FUERA DEL LAB.	
	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MODERADA, AFECTA EL LAB. PERO NO SALE	
	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL BAJA, AFECTA POCAS AREAS DEL LAB.	
	NO ORIGINA IMPACTO AMBIENTAL	
	IMPACTO EN SALUD Y TAMBIÉN EN SEGURIDAD PERSONAL	
6	PUEDE OCASIONAR DAÑOS CON INCAPACIDAD SUPERIOR A 30 DÍAS O PERMANENTEMENTE	
	PUEDE OCASIONAR DAÑOS O LESIONES GRAVES INCAPACITANDOLO TEMPORALMENTE DESDE 1 A 30 DÍAS	
	PUEDE GENERAR LESIONES O DAÑOS LEVES NO INCAPACITANTES	
	NO ORIGINA HERIDAS, NI LESIONES	

Fuente: Huerta Mendoza, R. "El análisis de criticidad, como metodología para mejorar la confiabilidad operacional".

4.5.5 Actividades de mantenimiento

Para la búsqueda de datos se tuvo que utilizar la técnica conocida como observación y análisis documental teniendo como base el diagnóstico de cada máquina y equipo para así poder designar las diversas labores de mantenimiento se debe consultar: manuales, catálogos, guías del fabricante y la experiencia de los usuarios y así se podrá lograr eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provocan la paralización imprevista (Ixcot, 2011).

- **Actividades de mantenimiento diario**

Son labores de rutina se informarán en una hoja de revisión diaria de cada equipo según corresponda.

Los profesionales o técnicos deberán encargarse de la labor diaria inspeccionando la máquina o equipo de acuerdo al ensayo que deberá desarrollarse en el laboratorio.

Para desarrollar la revisión mencionada es importante contar con la codificación y el inventario de los equipos (Ixcot, 2011).

- **Actividades de mantenimiento según horas de trabajo.**

Las labores de mantenimiento aplicables a cada máquina y equipo representan un instrumento valioso en cuanto se aumente la vida útil y así evitar cualquier tipo de fallos intempestivos.

Para poder contar de un considerable número de labores de mantenimiento por cada máquina y equipo debemos recolectar e identificar dichas actividades donde recurrimos diversas fuentes de información.

La frecuencia con el cual se hacen las tareas del mantenimiento preventivo estará basada en el diagnóstico previo de equipos que deberán adaptarse a los requerimientos del laboratorio y también las actividades mantenimiento correctivo de equipos y máquinas que lo necesiten, esto dependerá en considerar ciertos factores: costo, cantidad de personal, jornadas de trabajo, nivel de criticidad de equipos (Ixcot, 2011).

4.5.6 Plan anual de actividades del Mntto. Preventivo del LM

El presente trabajo fue orientado a estudiar la situación real del Laboratorio de Materiales donde era necesario hacer un levantamiento de información del área, conocer los diferentes ensayos y tiempo de operatividad de cada máquina y equipo durante el semestre académico; además todos los ensayos con su respectivo proceso de preparación de materiales luego se seleccionaron los datos para elaborar el plan anual de labores de mantenimiento preventivo de dicho Laboratorio no sin antes haber realizado el respectivo análisis de criticidad y donde se determina aquellas máquinas o equipos con mayor índice de criticidad y de ellos se procedió a utilizar la información obtenida de los manuales técnicos del fabricante para elaborar las fichas; pero por sobre todo se evaluó los periodos de tareas de mantenimiento según el criterio adquirido con la experiencia como docente en la realización de los ensayos mecánicos brindando un buen aporte en el logro de este plan.

En consecuencia, se estableció las frecuencias de mantenimiento, ya sea la sugerida por los manuales o por los recursos propios y/o externos al laboratorio, se realizaron estudiando los criterios:

- Estado actual de equipos
- Condiciones de operación
- Antecedentes de mantenimientos realizados.

Así se comenzó a detallar frecuencias del mantenimiento para cada máquina y equipo, complementado además por las sugerencias de los docentes.

A continuación, se realizó la confección del cronograma de todas las labores de mantenimiento periódico de equipos y máquinas críticos donde se clasificó las labores de mantenimiento en tres:

- **Inspección.** - Las tareas de inspección son parte importante en el Plan de Mantenimiento, ya que ayudan a determinar la situación de las edificaciones, instalaciones y equipos que conforman los diferentes sistemas, y del mismo modo definen labores necesarias

de esa manera se provee desperfectos que generan paros imprevistos y con todo ello se detiene o deja de operar la línea de proceso de la empresa.

- **Limpieza.** - Dadas el estado de humedad y salinidad en la planta, es necesario efectuar una limpieza a todos aquellos equipos y partes que estén en contacto directo o indirecto con el producto, ya que, de no hacerlo, su vida útil en los mismos será menor y presentarán fallas constantes en su operación diaria afecta en forma directa los procesos productivos
- **Mantenimiento.** - El Mantenimiento General de cada periodo, forma parte de todo el Plan de Mantenimiento, dentro de ello están las tareas de limpieza, así como ajustes, verificación, reemplazos, pintado, etc. Este tipo de mantenimientos generalmente se realizan con periodicidad anual como mínimo. Lo más conveniente es considerar las operaciones de mantenimiento preventivo programado para avanzar o disminuir las actividades programadas de mantenimiento general.

Las actividades de mantenimiento y sus frecuencias de realización se les consideraron sobre la base en la cual la experiencia de los docentes y la consideración de los datos que nos proporciona los manuales técnicos de cada máquina y equipo.

Se tuvo que considerar la elaboración de tres matrices de mantenimiento preventivo concernientes a las actividades mencionadas, de esa manera las actividades puedan especializarse y sea la estructura donde se confeccionará el Plan Anual del Mantenimiento Preventivo del Laboratorio de Materiales.

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

4.6.1 Codificación de equipos

En el desarrollo y análisis de datos se dio inicio con la inspección del Laboratorio de Materiales y la verificación del inventario a cargo del personal de control del Patrimonio Institucional de la UNAC.

Se analizaron la cantidad de activos del laboratorio con equipos que se venían trabajando, así como sus características y funcionalidad de cada máquina y equipo.

En el cuadro 4.6 se puede evidenciar la cantidad equipos del laboratorio con su respectivo código que le fue asignado según la regla de codificación mencionada anteriormente.

Cuadro 4.7
CÓDIGOS DE EQUIPOS Y MÁQUINAS

N°	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	FIME-LM-MU-01	MU: MÁQUINA UNIVERSAL
2	FIME-LM-MD-01	MD: MÁQUINA DE DUREZA
3	FIME-LM-MF-01	MF: MÁQUINA DE FATIGA
4	FIME-LM-MI- 01	MI: MÁQUINA DE IMPACTO
5	FIME-LM-HE- 01	HL: HORNO ELECTRICO
6	FIME-LM-EC- 01	EE: EQUIPO DE CILINDRO CON PARED GRUESA
7	FIME-LM-ET- 01	ET: EQUIPO DE TORSIÓN
8	FIME-LM-EF- 01	EF: EQUIPO DE FLEXIÓN
9	FIME-LM-EB- 01	EB: ESMERIL DE BANCO
10	FIME-LM-TB- 01	TB: TORNILLO DE BANCO

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Inventario de Equipos y Máquinas

En el desarrollo y análisis de datos se utilizó el Cuadro 4.6 de la pág. 88 y los datos de campo al verificar la cantidad de equipos y máquinas determinando cómo es su operación, con qué recursos cuentan, y que tipos de ensayos se realizan en el laboratorio.

La operación de toma de inventario se debe corroborar los datos a registrar para evitar un impacto negativo en el manejo del inventario.

Luego al reunir los datos se les ordenaron para su debido análisis y así poder elaborar el inventario de equipos y máquinas del laboratorio como se observa en el cuadro 4.7 donde se les registra para identificar, ubicar y controlar a cada uno su estado de operatividad.

Cuadro 4.8
INVENTARIO TÉCNICO DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS

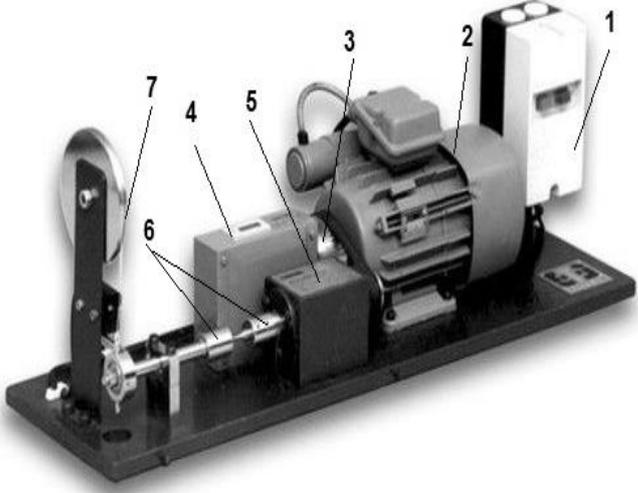
DESCRIPCIÓN	CODIGO	PUESTA EN OP. (AÑO)	EDAD DEL EQ. (AÑOS)	ESTADO DE OPERATIVIDAD
MU: MÁQUINA UNIVERSAL	FIME-LM-MU-01	1996	21	OPERATIVO
MD: MÁQUINA DE DUREZA	FIME-LM-MD-01	1996	21	OPERATIVO
MF: MÁQUINA DE FATIGA	FIME-LM-MF-01	1998	19	OPERATIVO
MI: MÁQUINA DE IMPACTO	FIME-LM-MI-01	1996	21	OPERATIVO
HE: HORNO ELECTRICO	FIME-LM-HE-01	1998	19	INOPERATIVO
EC: EQ. DE CILINDRO CON PARED GRUESA	FIME-LM-EC-01	2000	17	INOPERATIVO
ET: EQUIPO DE TORSIÓN	FIME-LM-ET-01	2000	17	OPERATIVO
EF: EQUIPO DE FLEXIÓN	FIME-LM-EF-01	2007	10	OPERATIVO
EB: ESMERIL DE BANCO	FIME-LM-EB-01	1997	20	OPERATIVO
TB: TORNILLO DE BANCO	FIME-LM-TB-01	1996	21	OPERATIVO

Fuente: Elaboración propia

4.6.3 Elaboración de fichas técnicas de equipos y máquinas

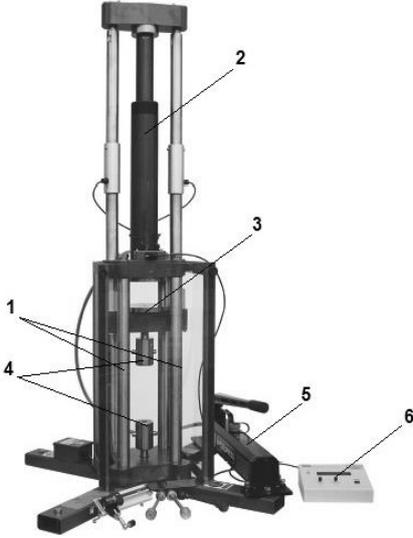
Cuadro 4.9

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA DE FATIGA

	FICHA TECNICA		Ficha :03	
			Código :FIME-LM-MF-01	
	MAQUINA DE FATIGA		Cod. Patrimonial:	
Manuales de Fabricante:NO				
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES		
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA				
DATOS DEL EQUIPO			DATOS DEL MOTOR	
Marca :HI-TECH			Marca :-----	
Modelo :HSM-19			RPM :2870	
Serie : -----			Potencia :18	
Año de fab :-----			Frecuencia:60	
País de origen:Inglaterra			Voltaje :220/240	
Capacidad :0,34 KW			Amperios :1.29	
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
La Máquina de flexión rotativa con contómetro incorporado que mide los RPM de la máquina accionado por un motor eléctrico				
PARTES IMPORTANTES				
DENOMINACIÓN	Nº			
Contador de revoluciones	1			
Motor de accionamiento	2			
Acoplamiento flexible	3			
Dispositivo con carga	4			
Carcasa de rodamientos	5			
Sujeción de probetas	6			
Sujeción de peso	7			

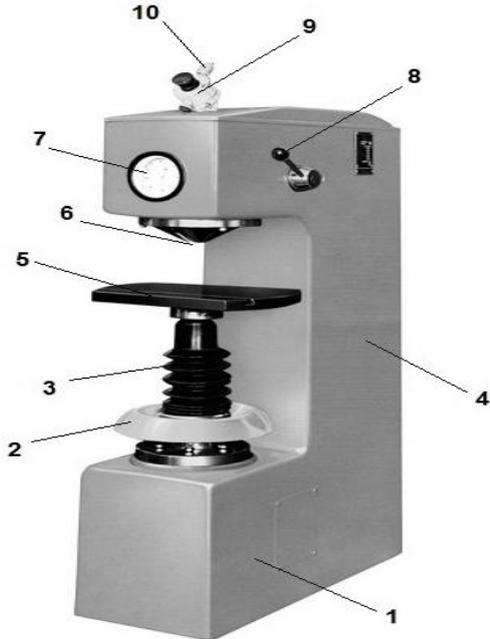
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.10
FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA UNIVERSAL

	FICHA TECNICA		Ficha : 01
	MAQUINA UNIVERSAL		Código : FIME-LM-MU-01
Cod. Patrimonial:			
Manuales de Fabricante: NO			
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES	
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA			
DATOS DEL EQUIPO		DATOS DE LA BOMBA	
Marca : TEC QUIPMENT		Marca: TEC QUIPMENT	
Modelo: SM 1000		Serie: SM100K	
Serie: I5596		Tipo: PISTÓN	
Año de fab: 1989		Potencia: -----	
País de origen: REINO UNIDO		Frecuencia: -----	
Capacidad: 100 KN		Alimentación: HIDRAÚLICA	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
Maquina Universal de pruebas Mecánicas cimentado en forma de compacta, con estructuras de acero para experiencia de tracción, compresión, corte, de flexión y pandeo, opera con una bomba hidráulica manual.			
PARTES IMPORTANTES			
DENOMINACIÓN	Nº		
Bastidores de acero	1		
Pistón hidráulico	2		
Plataforma de carga	3		
Mordazas de sujeción	4		
Bomba hidraulica manual	5		
Medidor digital de carga	6		

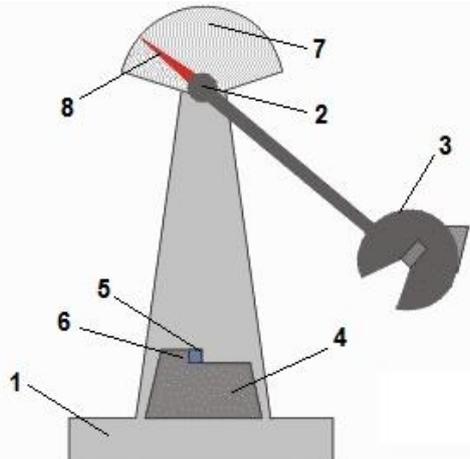
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.11
FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA DE DUREZA

	FICHA TECNICA	Ficha :02	
	MAQUINA DE DUREZA	Código :FIME-LM-MD-01	
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	Cod. Patrimonial: Manuales de Fabricante:NO	
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA			
DATOS DEL EQUIPO		DATOS DEL MOTOR	
Marca :HECKERT		Marca :-----	
Modelo :HPO-3000		RPM :920	
Serie :-----		Potencia :0,55	
Año de fab :1983		Frecuencia:50	
País de origen:ALEMANIA		Voltaje :220/380	
Capacidad :3000		Amperios :10	
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
La Máquina de Brinell cimentado en forma compacta con medición óptica, Electrico- Hidráulico con Microscopio y Micrómetro incorporado.			
PARTES IMPORTANTES			
DENOMINACIÓN			Nº
Bancada			1
Volante			2
Tornillo elevador			3
Bastidor			4
Plataforma o mesa plana			5
Penetrador esferico			6
Dinamometro			7
Aplicador manual de carga			8
Microscopio de medición			9
Micrómetro	10		

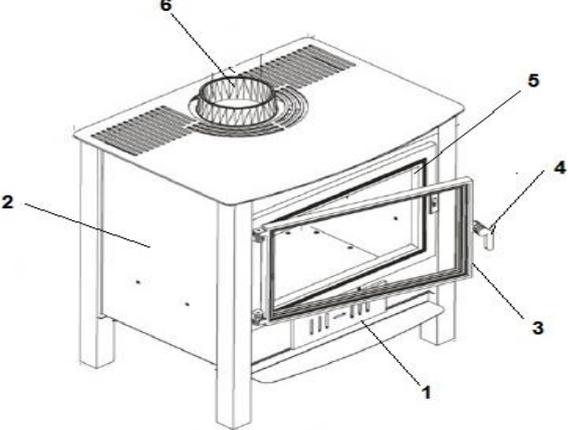
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.12
FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA DE IMPACTO

	FICHA TECNICA	Ficha :04
	MAQUINA DE IMPACTO	Código :FIME-LM-MI-01
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	Cod. Patrimonial: Manuales de Fabricante:NO
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA		
DATOS DEL EQUIPO		
Marca : VEB Werkstoffprüfmaschine Leipzig		
Modelo : -----		
Serie : -----		
Año de fab :-----		
País de origen:Alemania		
Capacidad :50 J		
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
La Máquina de Charpy cimentado en forma compacta con estructura de acero, que soporta un pendulo que genera la carga de imp cual es medido con un transportador acoplado.		
PARTES IMPORTANTES		
DENOMINACIÓN	Nº	
Soporte del pendulo	1	
Eje de sujeción del martillo	2	
Martillo	3	
Yunque	4	
Porta probeta	5	
Sujeción de probeta	6	
Escala graduada	7	
Indicador	8	

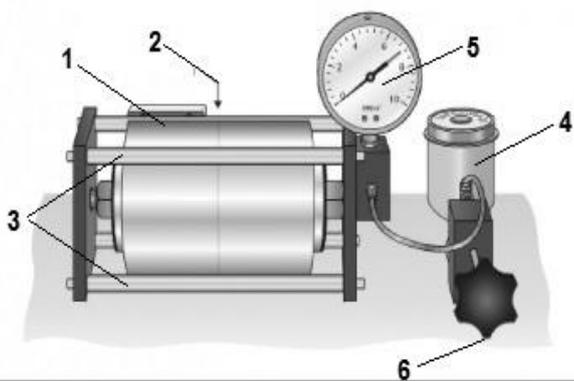
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.13
FICHA TÉCNICA DEL HORNO ELÉCTRICO

	FICHA TECNICA	Ficha :05	
	HORNO ELECTRICO	Código :FIME-LM-HE-01	
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	Cod. Patrimonial: Manuales de Fabricante:NO	
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA			
DATOS DEL EQUIPO			
Marca : LINN HIGH THERM			
Modelo : VMK-135			
Serie : -----			
Año de fab : -----			
País de origen:Alemania			
Capacidad (L) :13.5 L			
Potencia (KW): 2,6			
Frecuencia (Hz): 60			
Alimentación:Eléctrica			
Voltaje (V):220			
Amperios (A):12			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
El horno eléctrico con carcasa de acero inoxidable con aislamiento interno de fibra cerámica que soporta temperaturas por el 1200 °c			
PARTES IMPORTANTES			
DENOMINACIÓN			Nº
Panel de control			1
Carcasa exterior			2
Puerta			3
Manija de acero			4
Aislamiento interior			5
Salida de aire			6

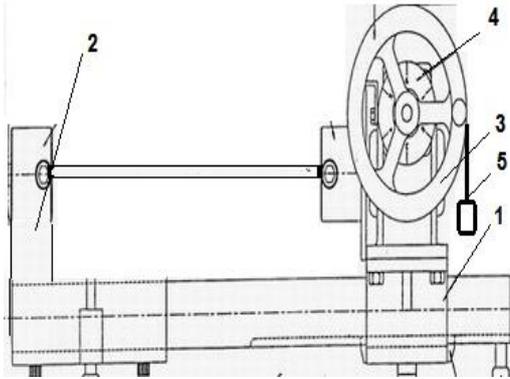
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.14
FICHA TÉCNICA DE EQUIPO DE CILINDRO CON PARED
GRUESA

	FICHA TECNICA	Ficha :06	
		Código :FIME-LM-EC-01	
	EQUIPO DE CILINDRO DE PARED GRUESA	Cod. Patrimonial:	
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	Manuales de Fabricante:NO	
DATOS GENERALES DE LA MÁQUINA			
DATOS DEL EQUIPO			
Marca : TEC QUIPMENT			
Modelo : SM-1011			
Serie : -----			
Año de fab : -----			
País de origen:Reyno Unido			
Capacidad (MN/m2): 7			
Frecuencia (Hz): 60			
Alimentación: Eléctrica			
Voltaje (V): 220			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
El equipo de cilindro de pared gruesa, es para simular el comportamiento de la pared interna por la presencia de cargas internas, que se visualizan con el apoyo de un computador.			
PARTES IMPORTANTES			
DENOMINACIÓN			Nº
Cilindro de pared gruesa			1
Calibrador de deformación			2
Barras de protección			3
Cilindros hidráulicos			4
Manómetro			5
Regulador manual hidr	6		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.15
FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO DE TORSIÓN

	FICHA TECNICA	Ficha :07	
		Código :FIME-LM-ET-01	
	EQUIPO DE TORSIÓN	Cod. Patrimonial:	
Manuales de Fabricante:NO			
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES	
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA			
DATOS DEL EQUIPO			
Marca : -----			
Modelo : -----			
Serie : -----			
Año de fab : -----			
País de origen:Perú			
Capacidad (pulg) : 20			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
El equipo de torsión construido con perfil en C 2 1/2" X 1 1/2" X 1/4", que sostiene una polea, que al ser aplicada una carga genera un angulo de torsión el cual es medido con un transportador incorporado.			
PARTES IMPORTANTES			
DENOMINACIÓN			Nº
Base del equipo			1
Estructura de soporte			2
Polea para ejercer torque			3
Escala graduada			4
Sujeción de peso	5		

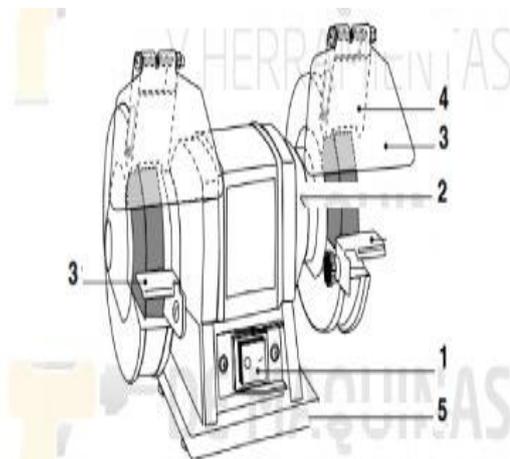
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.16
FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO DE FLEXIÓN

	FICHA TECNICA		Ficha :08
			Código :FIME-LM-EF-01
	EQUIPO DE FLEXIÓN		Cod. Patrimonial:
			Manuales de Fabricante:NO
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES	
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA			
DATOS DEL EQUIPO			
Marca : -----			
Modelo : -----			
Serie : -----			
Año de fab : -----			
País de origen:Perú			
Capacidad (pulg) : 35			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
El equipo de flexión construido con tubo cuadrado de 1 5/8" x 3/32", que soporta pequeñas cargas experimentales hasta de 3 Kg. aproximadamente.			
PARTES IMPORTANTES			
DENOMINACIÓN	Nº		
Anclaje	1		
Base del equipo	2		
Estructura de soporte	3		
Base de probeta	4		

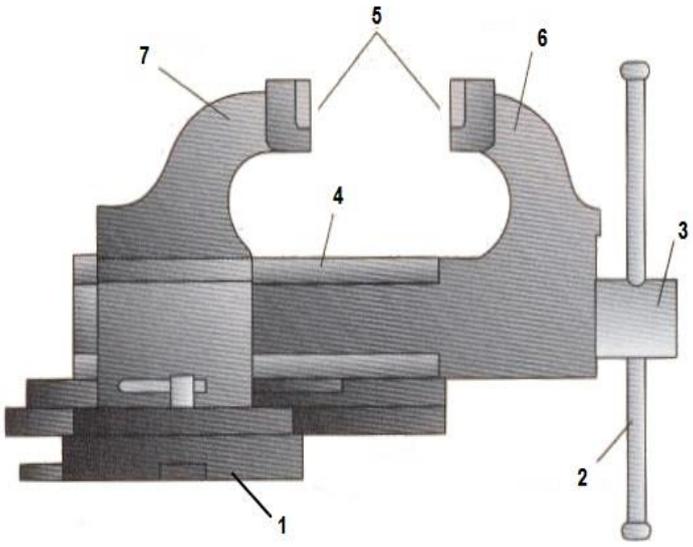
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.17
FICHA TÉCNICA DEL ESMERIL DE BANCO

	FICHA TECNICA		Ficha :09	
			Código :FIME-LM-EB-01	
	ESMERIL DE BANCO		Cod. Patrimonial:672298610015	
			Manuales de Fabricante:NO	
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES		
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA				
DATOS DEL EQUIPO			DATOS DEL MOTOR	
Marca : MACHINTEK			Marca :-----	
Modelo :TD5150			RPM :3500	
Serie : -----			Potencia (KW) : 0,373	
Año de fab : 2000			Frecuencia:60	
Pais de origen: USA			Voltaje (V) :220	
Capacidad (pulg): 6			Amperios (A) :1.8	
CARACTERÍSTICAS GENERALES				
El esmeril de Banco de alta velocidad no necesita lubricación porque esta sellado a prueba de polvo y líquidos. El motor y base son de hierro fundido.				
PARTES IMPORTANTES				
DENOMINACIÓN	Nº			
Interruptor de encendido	1			
Motor	2			
Discos abrasivos	3			
Carcasa	4			
Base de anclaje	5			

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.18
FICHA TÉCNICA DEL TORNILLO DE BANCO

	FICHA TÉCNICA	Ficha :10	
		Código :FIME-LM-TB-01	
	TORNILLO DE BANCO	Cod. Patrimonial:	
Manuales de Fabricante:NO			
Versión: 2017	FAC. DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA	LAB. DE RESISTENCIA DE MATERIALES	
DATOS GENERALES DE LA MAQUINA			
DATOS DEL EQUIPO			
Marca : MACHINTEK			
Modelo : -----			
Serie : -----			
Año de fab : 1995			
País de origen: USA			
Capacidad (pulg) : 4			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
El tornillo de banco es totalmente de hierro fundido y su operación es en forma manual.			
PARTES IMPORTANTES			
DENOMINACIÓN			Nº
Base de anclaje			1
Manivela			2
Eje			3
Guía			4
Mordazas			5
Boca movil			6
Boca fija	7		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.19

FICHA TÉCNICA GENERAL DE EQUIPOS Y MÁQUINAS

CÓDIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	VOLT/AMP	CAPACIDAD	TIEMPO DE SERV. (AÑOS)	ESTADO DEL EQUIPO
FIME-LM-MU-01	MU: MÁQUINA UNIVERSAL	TEC QUIPMENT	SM1000	I5596		100 KN	22	REGULAR
FIME-LM-MD-01	MD: MÁQUINA DE DUREZA	HECKERT	HPO3000		220/10	30 KN	22	REGULAR
FIME-LM-MF-01	MF: MÁQUINA DE FATIGA	HI TECH		HSM19	220/129	18 KW	20	REGULAR
FIME-LM-MI-01	MI: MÁQUINA DE IMPACTO	VEB				50 J	22	BUENO
FIME-LM-HE-01	HE: HORNO ELÉCTRICO	LINN HIGH THERM	VMK135		220/-	13.5 L	*	MALO
FIME-LM-EC-01	EC: EQUIPO DE CILINDRO CON PARED GRUESA	TEC QUIPMENT	SM1011		220/-	7 MN/m ²	18	MALO
FIME-LM-ET-01	ET: EQUIPO DE TORSIÓN					0.5 m	18	REGULAR
FIME-LM-EF-01	EF: EQUIPO DE FLEXIÓN					0.9 m	10	BUENO
FIME-LM-EB-01	EB: ESMERIL DE BANCO	MACHINTEK	TD5150		220/-	0.373 KW	22	BUENO
FIME-LM-TB-01	TB: TORNILLO DE BANCO	MACHINTEK				4"	21	BUENO

Fuente: Elaboración propia

4.6.4 Diagnóstico situacional

○ Diagnóstico de equipos y máquinas

Para el debido desarrollo y análisis de datos debemos contar con el inventario y la información valiosa que nos proporciona las fichas técnicas de equipos y máquinas del laboratorio.

Se debe analizar los parámetros de equipos y máquinas e estén asociados a la conservación, a la funcionalidad o que representen de manera sólida los aspectos relevantes de plan de mantenimiento que se presentan en los Cuadros 4.21 y 4.22 de la pág. 107.

El resultado del diagnóstico de equipos y máquinas se obtiene por un método que representa una opción para obtener el diagnóstico nos cómo nos muestra el Cuadro 4.23 de la pág. 108 pero que tiene como fin elaborar un método que pueda ser mejorado según las futuras necesidades del laboratorio.

○ Tiempo de utilización de equipos y máquinas

Los datos obtenidos del tiempo de utilización de cada máquina o equipo se calcularon controlando horas de trabajo que deberán registrarse en la ficha que se presenta que se presenta en el Cuadro 4.19.

Se podrá analizar los datos de horas de trabajo para determinar la proporción en que son utilizadas todas las máquinas o equipos del laboratorio durante el semestre y por consiguiente las medidas a tomar según las horas de trabajo para su debido mantenimiento de los equipos y máquinas del laboratorio.

Cuadro 4.20**MODELO DE FICHA DE HORAS DE TRABAJO**

Equipo:

Marca:

Código:

Modelo:

SEMANA N°	FECHA	HORAS DE TRABAJO	TOTAL DE SEMANAS/ SEMESTRE
TOTAL HRS. / SEMESTRALES			

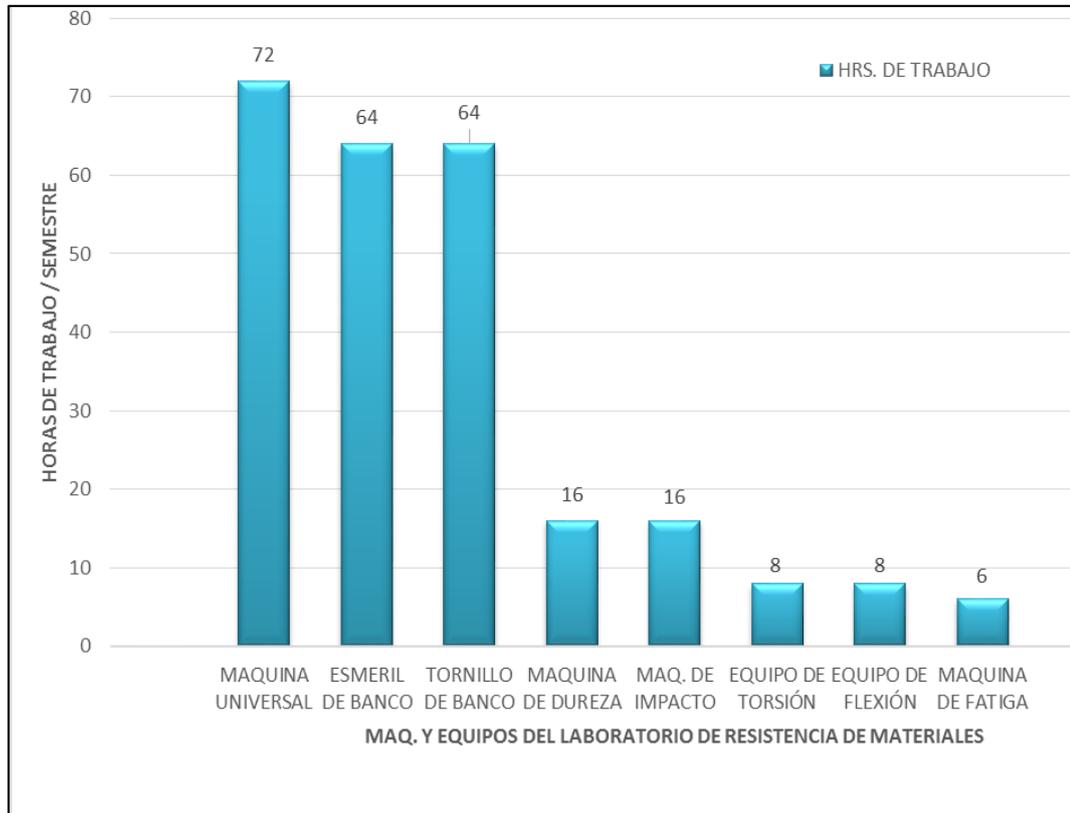
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.21**HORAS DE TRABAJO PROMEDIO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS**

N°	MÁQUINA O EQUIPO	CÓDIGO	TOTAL HRS. / SEM.	HRS. DE TRABAJO PROM.
1	MÁQUINA UNIVERSAL	FIME-LM-MU-01	72	4
2	ESMERIL DE BANCO	FIME-LM-EB-01	64	4
3	TORNILLO DE BANCO	FIME-LM-TB-01	64	4
4	MÁQUINA DE DUREZA	FIME-LM-MD-01	16	4
5	MÁQUINA DE IMPACTO	FIME-LM-MI-01	16	4
6	EQUIPO DE TORSIÓN	FIME-LM-ET-01	8	4
7	EQUIPO DE FLEXIÓN	FIME-LM-EF-01	8	2
8	MÁQUINA DE FATIGA	FIME-LM-MF-01	6	2

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.1
HORAS DE TRABAJO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS



Fuente: Elaboración propia

▪ **Horas de trabajo promedio**

Para determinar el cálculo de horas de trabajo promedio, utilizando datos de ficha del tiempo de trabajo de cada equipo, la cual se menciona en el cuadro 4.20 de la pág. 104 y también se utilizó la fórmula de la media aritmética, según la siguiente ecuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

ΣX = Sumatoria de los datos.

n = Número de datos.

- **Nivel de prioridad y frecuencia de atención de equipos y máquinas**

Para poder obtener un diagnóstico representativo de activos del laboratorio, primero se establecen los parámetros considerados en el formato para análisis de criticidad cuyos resultados serán ponderados con su respectivo valor cuantitativo, calificando todos los factores con los valores que se presentan en el Cuadro 4.25. de la pág. 110.

Se debe reunir toda la información de formatos de criticidad que serán agrupadas por cada máquina y equipo para evaluar correctamente las respuestas donde se empleó la tabla mencionada, la cual muestra el puntaje de las alternativas con que debe calificarse todas las posibles respuestas.

Según a los resultados cuantitativos se podrá calificar a todos los parámetros y así determinar la frecuencia con que debe ser atendido el mantenimiento de cada máquina y equipo.

Al analizar los resultados de horas de trabajo y la frecuencia de mantenimiento de cada máquinas o equipos se observan que coinciden los resultados con ello se concluye una frecuencia de mantenimiento semestral el cual sería satisfactorio porque la mayoría de equipos y máquinas trabajan pocas horas durante el semestre o sólo trabajan durante el proceso del ensayo respectivo de cada grupo de estudiantes según su horario de práctica que les corresponde en el laboratorio.

Cuadro 4.22
PARÁMETROS DE DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS

N°	PARÁMETROS DE DIAGNÓSTICO EQUIPOS O MÁQUINAS	PUNTAJE
1	NIVEL DE RIESGO	
	ALTO	5
	MEDIO	3
	BAJO	1
2	GRADO DE OBSOLESCENCIA	
	MAS DE 12 AÑOS	5
	DE 6 HASTA 12 AÑOS	3
	ACTUAL	1
3	REQUISITO HISTÓRICO DE MANTENIMIENTO	
	EXTENSIVO	5
	MEDIO	3
	MÍNIMO	1
4	ESTADO EN QUE SE EMCUENTRA EN CONSERVACIÓN Y FUNCIONAMIENTO	
	MALO	5
	REGULAR	3
	BUENO	1

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.23
NIVEL DE PRIORIDAD DE EQUIPOS Y MÁQUINAS

NIVEL DE PRIORIDAD Y FRECUENCIA DE ATENCIÓN DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	
Pi [1 - 5] = (Sumatoria de la calificación)/4	
[4,5 - 5]	Mantenimiento Preventivo cada 4 meses
[3,5 - 4]	Mantenimiento Preventivo cada 6 meses
[3,0]	Mantenimiento Preventivo cada 12 meses
[1,0-2,5]	Mantenimiento Correctivo

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.24
DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS

N°	EQUIPO	CLASIFICACIÓN						FRECUENCIA DE MNTTO. A EQUIPOS
		NIVEL DE RIESGO	GRADO DE OBSOLESCENCIA	REQUISITO HISTORICO MNTTO.	ESTADO DE CON SER. Y FUNC.	PROMEDIO	NIVEL DE PRIORIDAD	
1	MÁQUINA UNIVERSAL	3	5	3	3	3.5	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES
2	MÁQUINA DE DUREZA	3	5	3	3	3.5	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES
3	MÁQUINA DE FATIGA	3	5	5	3	4	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES
4	MÁQUINA DE IMPACTO	5	5	1	3	3.5	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES
5	HORNO ELECTRICO	1	5	1	3	2.5	[1,0- 2,5]	MNTTO. CORRECTIVO
6	EQUIPO DE CILINDRO DE PARED GRUESA	1	5	1	3	2.5	[1,0- 2,5]	MNTTO. CORRECTIVO
7	EQUIPO DE TORSIÓN	3	5	3	3	3.5	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES
8	EQUIPO DE FLEXIÓN	3	3	5	3	3.5	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES
9	ESMERIL DE BANCO	5	5	1	3	3.5	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES
10	TORNILLO DE BANCO	3	5	5	1	3.5	[3.5-4]	MNTTO. PREVENTIVO CADA 6 MESES

Fuente: Elaboración propia

○ **Análisis de criticidad de equipos y máquinas**

Para obtener los valores numéricos se tuvo que evaluar numéricamente utilizando la fórmula de criticidad que se encuentra indicada en la pág. 33, y obtener como resultado valores de criticidad de equipos y máquinas del laboratorio.

Al establecer los criterios de criticidad de equipos y máquinas significativos, los cuales fueron evaluados asignándoles un puntaje según criterio personal como podemos notar en el cuadro 4.25 de la pág. 110; del cual al realizar la evaluación se obtuvieron los resultados que forman parte del método Análisis de Criticidad y se encuentran detallados en el cuadro 4.26 de la pág. 111, así como se puede ver en el gráfico 4.2 de la pág. 112; donde, además, los respectivos niveles de criticidad de equipos y máquinas significativos se expresan en el cuadro 4.27 de la pág. 112.

Cuadro 4.25
NIVELES DE CRITICIDAD

CANTIDAD	NIVEL DE CRITICIDAD
1	ALTO
2	MEDIO
3	BAJO

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.26
CRITERIOS DE CRITICIDAD

N°	CRITERIOS DE CRITICIDAD EN MAQ. Y EQUIPOS	PUNTAJE
1	FRECUENCIA DE FALLA	
	MAS DE 50 POR AÑO	5
	ENTRE 31 HASTA 50 POR AÑO	4
	ENTRE 16 A 30 EN CADA AÑO	3
	ENTRE 2 Y 15 POR AÑO	2
	NO MAS DE 1 EN CADA AÑO	1
2	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIÓN	
	MAS DE 48 HORAS	5
	ENTRE 24 Y 48 HORAS	4
	ENTRE 8 Y 24 HORAS	3
	ENTRE 4 Y 8 HORAS	2
	MENOS DE 4 HORAS	1
3	IMPACTO SOBRE LABORES	
	LA AFECTA TOTALMENTE	1,0 (Falla)
	75% DE IMPACTO	0,8 (Falla)
	50% DE IMPACTO	0,5 (Falla)
	25% DE IMPACTO	0,3 (Falla)
	NO AFECTA LAS LABORES	0,05(Falla)
4	COSTO DE REPARACIÓN (Q)	
	MAS DE 35 MIL SOLES	25
	ENTRE 15 Y 35 MIL SOLES	10
	ENTRE 3 Y 15 MIL SOLES	5
	NO MAS DE 3 MIL SOLES	3
5	IMPACTO AMBIENTAL	
	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ALTA, AFECTA ÁREAS FUERA DEL LAB.	25
	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL MODERADA, AFECTA EL LAB. PERO NO SALE	10
	CONTAMINACIÓN AMBIENTAL BAJA, AFECTA POCAS AREAS DEL LAB.	5
	NO ORIGINA IMPACTO AMBIENTAL	0
6	IMPACTO EN SALUD ASI COMO EN SEGURIDAD PERSONAL	
	PUEDE LESIONES CON INCAPACIDAD SUPERIOR A 30 DÍAS O PERMANENTEMENTE	25
	PUEDE GENERAR GRAVES HERIDAS O LESIONES CON INCAPACIDAD TEMPORAL DESDE 1 Y 30 DÍAS	10
	PUEDE ORIGINAR HERIDAS Y LESIONES NO INCAPACITANTES	5
	NO ORIGINA HERIDAD NI LESIONES	0

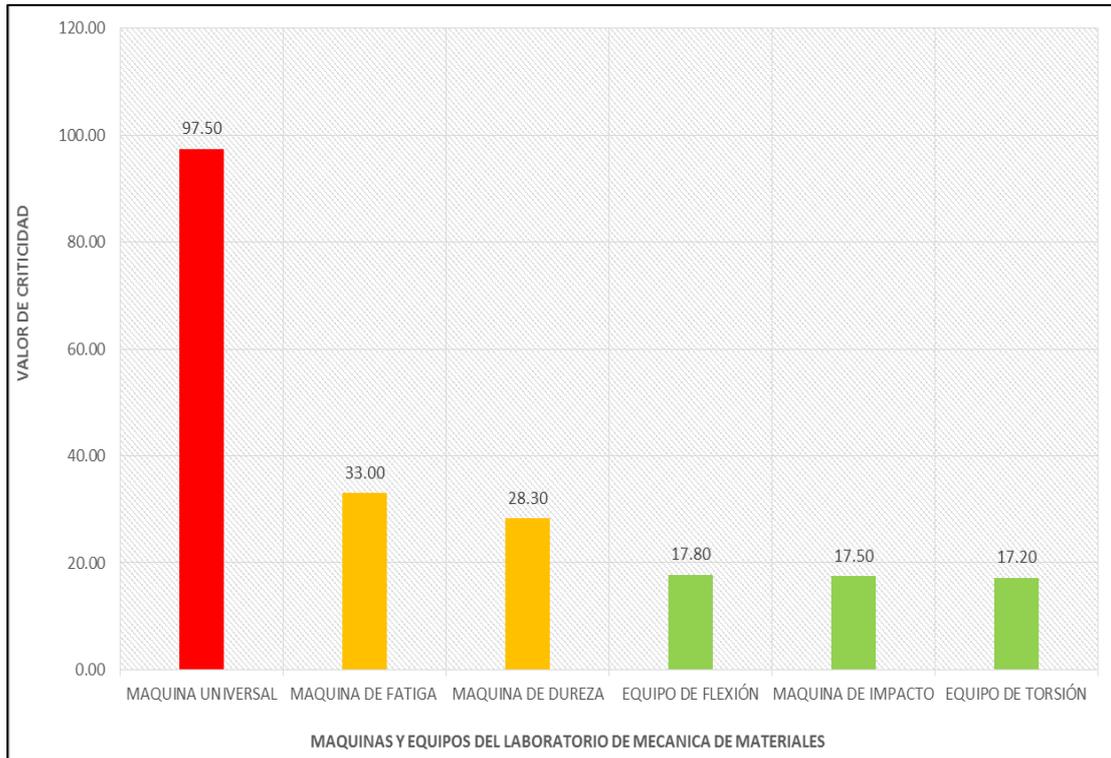
Fuente: Huerta Mendoza, R. "El análisis de criticidad, como metodología para aumentar la confiabilidad operacional"

Cuadro 4.27
RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE CRITICIDAD

N°	MAQ. Y EQUIPOS	CALIFICACIÓN						CRITICIDAD
		FRECUENCIA DE FALLA	TIEMPO PROMEDIO DE REPARAR	IMPACTO SOBRE LABORES	COSTO DE REPARACIÓN	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO EN SALUD Y SEG. PERSONAL	
1	MÁQUINA UNIVERSAL	3.00	5.00	0.50	5.00	0.00	25.00	97.50
2	MÁQUINA DE FATIGA	2.00	5.00	0.30	5.00	0.00	10.00	33.00
3	MÁQUINA DE DUREZA	1.00	1.00	0.30	3.00	0.00	25.00	28.30
4	EQUIPO DE FLEXIÓN	2.00	3.00	0.30	3.00	0.00	5.00	17.80
5	MÁQUINA DE IMPACTO	1.00	5.00	0.50	5.00	0.00	10.00	17.50
6	EQUIPO DE TORSIÓN	2.00	2.00	0.30	3.00	0.00	5.00	17.20

Fuente: Huerta Mendoza, R. "análisis de criticidad, como metodología para aumentar la confiabilidad operacional.

GRÁFICO 4.2
ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE EQUIPOS Y MÁQUINAS



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.28
NIVELES DE CRITICIDAD DE EQUIPOS Y MÁQUINAS

Nº	MAQ. Y EQUIPOS	NIVEL DE CRITICIDAD
1	MAQ. UNIVERSAL	ALTO
2	MAQ. DE FATIGA	MEDIO
3	MAQ. DE DUREZA	MEDIO
4	EQ. DE FLEXIÓN	BAJO
5	MAQ. DE IMPACTO	BAJO
6	EQ. DE TORSIÓN	BAJO

Fuente: Elaboración propia

4.6.5 Actividades de mantenimiento

Se recolectó los datos para establecer los trabajos de mantenimiento de equipos y máquinas significativos del laboratorio, recurriendo a diversas fuentes de información como son: fichas técnicas, los manuales, catálogos del fabricante y experiencia de los usuarios para poder disponer de un bloque de labores de mantenimiento y así cubrir de manera óptima todo lo concerniente a mantenimiento, para aumentar que se logre la vida útil en máquinas y equipos y así poder evitar los posibles fallos inesperados que impidan el desarrollo normal de ensayos mecánicos en el laboratorio.

La metodología para asignar las labores del mantenimiento se tendrá que asignar directamente al nivel en equipos y máquinas del Laboratorio de Materiales, esta metodología es rápida y no requiere del análisis de modo de fallo, aquí se estructura todas las posibles intervenciones en máquinas o equipos como parte de las labores del mantenimiento planificadas y programadas.

Para proyectar plan de mantenimiento se tiene dos procesos claves:

- **Actividades de mantenimiento diario**

Son labores de mantenimiento rutinario se informarán en una hoja de revisión diaria según el formato del cuadro 4.28 de la pág. 114 todas las máquinas o equipos según corresponda.

La búsqueda y agrupación de trabajos de mantenimiento diario son necesarias como referentes en la utilización de cada máquina y equipo. Se tuvo que diseñar un formato de mantenimiento diario para hacer el seguimiento continuo donde los profesionales o técnicos a cargo deberán aplicar el mencionado formato encargándose de la labor diaria inspeccionando la maquina o equipo de acuerdo al ensayo que deberá desarrollarse en el laboratorio.

Cuando se realiza revisión mencionada es importante contar con la codificación y el inventario de todos los equipos.

Cuadro 4.29

FORMATO DE ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO DIARIO

Fecha:

Equipo:

Nº de Inspección:

Código:

Calificación: B = Bueno, R = Regular, M = Malo

Nº	TAREAS DE MANTENIMIENTO	CALIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
1	Limpieza externa		
2	Conexiones electricas		
3	Cable de linea		
4	Estado de los interruptores		
5	Funcionamiento de los controles		
6	Ajustes externos		
7	Pruebas funcionales		
8	Calibración de instrumentos		
9	Estado del motor		
10	Estado de Bomba Hidráulica		
11	Estado del Bastidor		
12	Aplicador de carga		
13	Estructura de sujeción		
14	Porta probetas		
15	Estado de tomacorrientes		

Fuente: Elaboración propia

- **Actividades de mantenimiento preventivo**

Estas actividades son aplicables a cada máquina y equipo según corresponda. Es fundamental destacar que la construcción del plan matriz de mantenimiento tiene como soporte la determinación previa de tareas y frecuencias de mantenimiento. Por lo tanto, el plan matriz es la herramienta fundamental para hacer operativo un proyecto de mantenimiento preventivo.

Al elaborar el Plan Matriz, se debe tener los siguientes:

- Sugerencias de manuales
- Prácticas en mantenimiento.
- Identificación de mejores prácticas y tareas predictivas
- Análisis de Criticidad
- Concepto de estrategia y proyecto de mantenimiento (análisis RAMS).

Para diseñar el proyecto de Mantenimiento se propone previamente formular lo siguiente:

- **Matriz de Limpieza**

Es donde se detalla las frecuencias con que se debe ejecutar la limpieza de equipos, que tipo de limpieza, número de personas para cumplir el trabajo y el tiempo en hacerlo.

- **Matriz sobre Inspección**

En Matriz de inspección se debe señalar las frecuencias con que se debe hacer una inspección, número de personas necesarias para ejecutar la labor en el tiempo señalado.

- **Matriz de Mantenimiento**

Matriz de Mantenimiento se formula para permitir a los operarios corregir o mejorar la operatividad de un equipo o máquina mediante labores de mantenimiento y donde se menciona las frecuencias de mantenimiento, número de personas necesarias para ejecutar el trabajo y tiempo de trabajo.

4.6.6 Plan de Anual del Mantenimiento Preventivo del LM

Desde la adquisición de los equipos para Laboratorio de Materiales, no se ha llevado a cabalidad las diferentes tareas de mantenimiento sugeridos por los fabricantes. Lo que se ha realizado, son tareas del mantenimiento considerando las inspecciones informales, no programadas y de manera aleatoria del personal técnico. A veces se ejecutaban trabajos de mantenimiento debido a las fallas pequeñas y a veces por casos de averías presentadas en los equipos.

Por consiguiente, se tuvo que confeccionar el Plan de Mantenimiento anual siguiendo en forma sistemática cinco fases de diseño:

- Formulación de las tres Matrices de Mantenimiento.
- Integración de las Matrices mencionadas.
- Formulación las actividades de Mantenimiento.
- Establecer tareas de Mantenimiento con su respectivo cronograma.
- Plantear un programa de mantenimiento.

Un plan de mantenimiento abarca tres tipos de actividades:

- Las actividades que se ejecutan a diario
- Las actividades planificadas que se ejecutan en todo el año.
- Las labores que se ejecutan en paradas programadas.

A continuación, se estableció las frecuencias de mantenimiento, siguiendo las consideraciones que se señalan:

- **Estado actual de equipos.-** Los equipos críticos determinados están operativos y con las condiciones originales, aún pueden aplicarse las indicaciones de los manuales del fabricante en cuanto se refiere a mantenimiento.
- **Condiciones de operación.-** Algunos equipos fueron adquiridos usados, y no cuentan con sus elementos de control de operación y su instalación fue en un área de trabajo no recomendada por los fabricantes, entonces no se puede mantener con regularidad las sugerencias planteados en los manuales del fabricante en cuanto a mantenimiento se refiere.
- **Historial de mantenimientos realizados.** - Una vez que fueron adquiridos los equipos, no han sido respetadas las condiciones de

operación, no hubo personal técnico del laboratorio que siga de manera correcta los procedimientos de mantenimiento y que mantenga un registro confiable (en papel o digital) de los mismos.

- **Modificaciones o adaptaciones efectuadas.** - Se verificó que los equipos durante todo tiempo que operaron en el laboratorio, no han sufrido modificaciones en alguno de sus componentes, ya que sino el cronograma de mantenimiento indicado por el fabricante se debió adelantar o retrasar en su frecuencia según cada caso.

La determinación de los tipos y periodos de mantenimiento a realizarse, se fundamenta en las matrices de: Inspección, Limpieza y Mantenimiento las que se encuentran en los Cuadros 4.29, 4.30 y 4.31 de las págs. 118, 119 y 120, en las mismas que se detallan las frecuencias, los mantenimientos propuestos y donde se reflejan las mejores actividades preventivas para preservar los equipos de manera eficiente. Esta tabla sirvió como un “punto de partida” para los próximos mantenimientos y como un control efectivo de equipos críticos que son seleccionados en el presente trabajo.

Se observa en los cuadros mencionados todas las labores que deben ejecutarse en el mantenimiento por medio de una matriz donde se detalla lo siguiente: el área de ejecución, el impacto que genera su no realización, las diferentes frecuencias, los implementos y equipos que deben tener, así como el tiempo de ejecución de cada equipo crítico escogido.

El proyecto del Plan de Mantenimiento del cuadro 4.32 de la pág. 119 se obtiene mediante la programación de labores de Mantenimiento, donde debemos mencionar que no es un plan inflexible, ya que las constantes inspecciones diarias de los equipos, podrán alertar a tiempo de alguna anomalía o desperfecto venidero en todas los equipos y máquinas, los mismos que durante su tiempo de operación en la universidad no han sido tratados en forma y eficaz.

Cuadro 4.30

MATRIZ DE LIMPIEZA DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES												
EQUIPO	CRITICIDAD	AREA DE EJECUCIÓN	IMPACTO	FRECUENCIA	PERSONAL	EQUIPOS E IMPLEMENTOS	TIEMPO (HR)	MANO DE OBRA	HORAS-HOMBRE	HORAS/AÑO		
MÁQUINA UNIVERSAL	ALTA	BASTIDORES	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	EQUIPO DE LIMPIEZA	0.5	1	0.5	6		
		PISTÓN HIDRÁULICO	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	6		
		PLATAFORMA DE CARGO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON BROCHA Y GUAÍPE	0.25	1	0.25	13		
		MORDAZAS DE SUJECCIÓN	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.5	1	0.5	26		
		BOMBA HIDRÁULICA MANUAL	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.5	1	0.5	6		
		MEDIDOR DIGITAL DE CARGA	ACUMULACIÓN DE POLVO	SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	13		
		CABLES DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.5	1	0.5	6		
		EXTENSÓMETRO	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON BROCHA Y GUAÍPE	0.5	1	0.5	6		
MÁQUINA DE FATIGA	MEDIA	CONTADOR DE REVOLUCIONES	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON BROCHA Y GUAÍPE	0.25	1	0.25	3		
		MOTOR DE ACCIONAMIENTO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	1	1	1	12		
		ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	ACUMULACIÓN DE POLVO	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIADOR DE POLVO	0.25	1	0.25	1		
		CARCARSA DE RODAMIENTOS	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.25	1	0.25	3		
		PORTA PROBETAS	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.25	1	0.25	3		
		SUJECCIÓN DE PESO	ACUMULACIÓN DE POLVO	SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	13		
		CABLE DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.25	1	0.25	3		
MÁQUINA DE DUREZA	MEDIA	BANCA DA	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.25	1	0.25	3		
		VLQANTE	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	3		
		TORNILLO ELEVADOR	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	3		
		BASTIDOR	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	3		
		PLATAFORMA O MESA PLANA	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	13		
		PENETRADOR ESFÉRICO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	1	1	1	4		
		DINAMÓMETRO	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	3		
		APLICADOR MANUAL DE CARGA	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	3		
		MICROSCOPIO DE MEDICIÓN	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	1	1	1	12		
		MICRÓMETRO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	6		
		CABLE DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	1	1	1	4		
		MOTOR DE ACCIONAMIENTO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	1	1	1	12		
		EQUIPO DE FLEXIÓN	BAJA	ANCLAJE	ACUMULACIÓN DE POLVO E IMPUREZAS	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	6
				BASE DE EQUIPO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	2
ESTRUCTURA DE SOPORTE	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA			TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	2		
PORTA PROBETAS	ACUMULACIÓN DE POLVO E IMPUREZAS			MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	6		
MEDIDOR DE DEFLEXIÓN	ACUMULACIÓN DE POLVO			TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	2		
MÁQUINA DE IMPACTO	BAJA	SOPORTE DE PÉNDULO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.25	1	0.25	3		
		EJE DE SUJECCIÓN DEL MARTILLO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.25	1	0.25	3		
		MARTILLO	ACUMULACIÓN DE POLVO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	3		
		YUNQUE	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.5	1	0.5	6		
		PORTA PROBETAS	ACUMULACIÓN DE POLVO E IMPUREZAS METÁLICAS	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	2		
		SUJECCIÓN DE PROBETA	ACUMULACIÓN DE POLVO E IMPUREZAS	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	2		
		ESCALA GRADUADA	ACUMULACIÓN DE POLVO	SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	13		
		INDICADOR	ACUMULACIÓN DE POLVO	SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	13		
		EQUIPO DE TORSIÓN	BAJA	ANCLAJE	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.5	1	0.5	6
BASE DE EQUIPO	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA			MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.5	1	0.5	6		
ESTRUCTURA DE SOPORTE	ACUMULACIÓN DE POLVO Y GRASA			MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE Y DESENGRASANTE	0.5	1	0.5	6		
POLEA PARA EJERCER TORQUE	ACUMULACIÓN DE POLVO E IMPUREZAS EN EL CANAL DE LA POLEA			MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	6		
ESCALA GRADUADA	ACUMULACIÓN DE POLVO			SEMANAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.25	1	0.25	13		
SUJECCIÓN DE PESO	ACUMULACIÓN DE POLVO			MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	6		
PORTA PROBETAS	ACUMULACIÓN DE POLVO E IMPUREZAS			TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	LIMPIEZA CON GUAÍPE	0.5	1	0.5	2		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.31

MATRIZ DE INSPECCIÓN DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES										
EQUIPO	CRITICIDAD	AREA DE EJECUCIÓN	IMPACTO	FRECUENCIA	PERSONAL	EQUIPOS E IMPLEMENTOS	TIEMPO (HR)	MANO DE OBRA	HORAS-HOMBRE	HORAS/AÑO
MÁQUINA UNIVERSAL	ALTA	BASTIDORES	POSIBLE AGRIETAMIENTO	TRIMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	1	1	1	4
		PISTÓN HIDRÁULICO	POSIBLE DESGASTE DEL ÉMBOLO	TRIMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	1	1	1	4
		PLATAFORMA DE CARGO	POSIBLE DESALINEAMIENTO DE LA MESA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		MORDAZAS DE SUJECIÓN	POSIBLE AFLOJAMIENTO	QUINCENAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	0.5	1	0.5	12
		BOMBA HIDRÁULICA MANUAL	POSIBLE DAÑOS AL MANGO DE APLICACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		MEDIDOR DIGITAL DE CARGA	POSIBLE DESPERFECTO DE OPERACIÓN	MENSUAL	DOCENTE	VIGILANTE SEGÚN EL ESTADO FUNCIONAL	0.5	1	0.5	6
		CABLES DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	POSIBLE RASGADURA DEL CABLE	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.5	1	0.5	6
		EXTENSÓMETRO	POSIBLE AFLOJAMIENTO	MENSUAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	0.5	1	0.5	6
MÁQUINA DE FATIGA	MEDIA	CONTADOR DE REVOLUCIONES	POSIBLE DAÑOS EN LA OPERACIÓN	MENSUAL	DOCENTE	VIGILANTE SEGÚN EL ESTADO FUNCIONAL	0.5	1	0.5	6
		MOTOR DE ACCIONAMIENTO	POSIBLE FALLAS DE OPERACIÓN	TRIMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	2	2	4	16
		ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	POSIBLE DESGASTE POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		CARACA DE RODAMIENTOS	POSIBLE AFLOJAMIENTO POR VIBRACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.5	1	0.5	2
		PORTA PROBETAS	POSIBLE AFLOJAMIENTO	MENSUAL	DOCENTE	VIGILANTE SEGÚN EL ESTADO FUNCIONAL	0.5	1	0.5	6
		SUJECIÓN DE PESO	PROBLEMAS DE OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.5	1	0.5	2
		CABLE DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	POSIBLE RASGADURA DEL CABLE	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.5	1	0.5	6
MÁQUINA DE DUREZA	MEDIA	BANCADA	POSIBLE AGRIETAMIENTO	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		VOLANTE	POSIBLE FALLA POR OPERACIÓN	MENSUAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	0.5	1	0.5	6
		TORNILLO ELEVADOR	POSIBLE AFLOJAMIENTO POR DESGASTE	MENSUAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	0.5	1	0.5	6
		BASTIDOR	POSIBLE AGRIETAMIENTO	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	0.25	1	0.25	1
		PLATAFORMA O MESA PLANA	POSIBLE DESALINEAMIENTO DE LA MESA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		PENETRADOR ESFÉRICO	POSIBLE AFLOJAMIENTO POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	DOCENTE	VIGILANCIA SEGÚN EL ESTADO FUNCIONAL	0.5	1	0.5	2
		DINAMÓMETRO	POSIBLE AFLOJAMIENTO	TRIMESTRAL	DOCENTE	VIGILANCIA SEGÚN EL ESTADO FUNCIONAL	0.5	1	0.5	2
		APLICADOR MANUAL DE CARGA	POSIBLE FALLA EN LA OPERACIÓN	MENSUAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	0.5	1	0.5	6
		MICROSCOPIO DE MEDICIÓN	EL FOCO PUEDE ESTAR QUEMADO	TRIMESTRAL	DOCENTE	VIGILANCIA SEGÚN EL ESTADO FUNCIONAL	0.5	1	0.5	2
		MICRÓMETRO	POSIBLE FALLA POR OPERACIÓN	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		CABLE DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	POSIBLES RASGADURAS DEL CABLE	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.5	1	0.5	6
		MOTOR DE ACCIONAMIENTO	POSIBLES FALLAS POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	OBSERVACIÓN CON INFORME DE FUNCIONAMIENTO	3	2	6	24
		EQUIPO DE FLEXIÓN	BAJA	ANCLAJE	POSIBLE AFLOJAMIENTO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1
BASE DE EQUIPO	POSIBLE FALLA POR OPERACIÓN			TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
ESTRUCTURA DE SOPORTE	POSIBLE FALLA POR OPERACIÓN			TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
PORTA PROBETAS	POSIBLE DEFORMACIONES POR EL DESGASTE			TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
MEDIDOR DE DEFLEXIÓN	POSIBLE AFLOJAMIENTO			MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
MÁQUINA DE IMPACTO	BAJA	SOPORTE DE PÉNDULO	POSIBLE FALLA POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		EJE DE SUJECIÓN DEL MARTILLO	POSIBLE DESGASTE	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		MARTILLO	POSIBLE FALLA POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		YUNQUE	POSIBLE AGRIETAMIENTO	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		PORTA PROBETAS	POSIBLES DEFORMACIONES POR EL DESGASTE	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		SUJECIÓN DE PROBETA	POSIBLES FALLAS POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		ESCALA GRADUADA	POSIBLES FALLAS POR OPERACIÓN	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		INDICADOR	POSIBLE AFLOJAMIENTO	QUINCENAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	6
		ANCLAJE	POSIBLE AFLOJAMIENTO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		BASE DE EQUIPO	POSIBLE FALLA POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
EQUIPO DE TORSIÓN	BAJA	ESTRUCTURA DE SOPORTE	POSIBLES FALLAS POR OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		POLEA PARA EJERCER TORQUE	PUEDEN ESTAR DESALINEADO LA POLEA	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		ESCALA GRADUADA	POSIBLE AFLOJAMIENTO	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3
		SUJECIÓN DE PESO	POSIBLE FALLA EN OPERACIÓN	TRIMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	1
		PORTA PROBETAS	POSIBLE DEFORMACIÓN POR DESGASTE	MENSUAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	VIGILANCIA NORMAL	0.25	1	0.25	3

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.32

MATRIZ DE MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES												
EQUIPO	CRITICIDAD	AREA DE EJECUCIÓN	IMPACTO	FRECUENCIA	PERSONAL	EQUIPOS E IMPLEMENTOS	TIEMPO (HR)	MANO DE OBRA	HORAS-HOMBRE	HORAS/AÑO		
MÁQUINA UNIVERSAL	ALTA	PISTÓN HIDRÁULICO	DETERIORO POR CORROSIÓN Y GOLPES	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
		PLATAFORMA DE CARGO	DETERIORO POR CORROSIÓN Y GOLPES	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	6	2	12	24		
		MORDAZAS DE SUJECIÓN	DETERIORO EL ÉMBOLO POR FALTA DE LUBRICACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
		BOMBA HIDRÁULICA MANUAL	DETERIORO DE LA BASE POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
		MEDIDOR DIGITAL DE CARGA	DETERIORO Y POSIBLES FALLAS	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
		CABLES DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	LECTURA ERRÓNEA DE CARGA	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	MULTITESTER DESTORNILLADORES	2	1	2	4		
		EXTENSÓMETRO	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		CONTADOR DE REVOLUCIONES	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
MÁQUINA DE FATIGA	MEDIA	MOTOR DE ACCIONAMIENTO	DETERIORO Y POSIBLES FALLAS	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
		ACOPLAMIENTO FLEXIBLE	DETERIORO GENERAL CON PROBLEMA DE OPERACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	5	1	5	10		
		CARCASA DE RODAMIENTOS	DETERIORO POR DESGASTE	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	CAMBIO MANUAL	0.5	1	0.5	1		
		PORTA PROBETAS	DETERIORO POR CORROSIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	3	1	3	6		
		SUJECIÓN DE PESO	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		CABLE DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	CAMBIO MANUAL	0.5	1	0.5	1		
		BANCADA	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		VOLANTE	DETERIORO GENERAL POR HUMEDAD	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	PINTURA Y HERRAMIENTAS	1	1	1	2		
MÁQUINA DE DUREZA	MEDIA	TORNILLO ELEVADOR	DETERIORO PERDIDA DE MOVIMIENTO	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	3	1	3	6		
		BASTIDOR	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	3	1	3	6		
		PLATAFORMA O MESA PLANA	DETERIORO POR CORROSIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	PINTURA Y HERRAMIENTAS	2	1	2	4		
		PENETRADOR ESFÉRICO	DETERIORO DE LA BASE POR EXCESO DE CARGA	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		DINAMÓMETRO	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
		APLICADOR MANUAL DE CARGA	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		MICROSCOPIO DE MEDICIÓN	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		MICRÓMETRO	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		CABLE DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		MOTOR DE ACCIONAMIENTO	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		ANCLAJE	DETERIORO GENERAL CON PROBLEMA DE OPERACIÓN	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	5	1	5	10		
		EQUIPO DE FLEXIÓN	BAJA	BASE DE EQUIPO	PÉRDIDA DE ESTABILIDAD	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2
				ESTRUCTURA DE SOPORTE	DETERIORO POR GOLPES	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2
				PORTA PROBETAS	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2
MEDIDOR DE DEFLEXIÓN	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN			SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
SOPORTE DE PÉNDULO	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN			SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
MÁQUINA DE IMPACTO	BAJA	EJE DE SUJECIÓN DEL MARTILLO	DETERIORO GENERAL Y POSIBLES FALLAS	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		MARTILLO	DETERIORO GENERAL Y POSIBLES FALLAS	SEMESTRAL	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	HERRAMIENTAS VARIAS	2	1	2	4		
		YUNQUE	DETERIORO GENERAL Y POSIBLES FALLAS	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		PORTA PROBETAS	DETERIORO GENERAL Y POSIBLES FALLAS	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		SUJECIÓN DE PROBETA	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		ESCALA GRADUADA	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		INDICADOR	DETERIORO POR MALA MANIPULACIÓN	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		ANCLAJE	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
EQUIPO DE TORSIÓN	BAJA	BASE DE EQUIPO	PÉRDIDA DE ESTABILIDAD	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		ESTRUCTURA DE SOPORTE	DETERIORO POR GOLPES	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		POLEA PARA EJERCER TORQUE	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		ESCALA GRADUADA	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		SUJECIÓN DE PESO	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		PORTA PROBETAS	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		
		PORTA PROBETAS	DETERIORO GENERAL	SEMESTRAL	AYUDANTE DE LABORATORIO	HERRAMIENTAS VARIAS	1	1	1	2		

Fuente: Elaboración Propia

- **Actividades de Mantenimiento Correctivo**

El diagnóstico, el tiempo de trabajo en horas y análisis de criticidad de equipos del son la base para concretar el mantenimiento preventivo necesario, y se tendrá que emplear el mantenimiento correctivo cuando se requiera.

Durante un proceso de problemas hay tres aspectos en que la construcción del diagrama que se refiere a causa – efecto sería útil:

- Al momento de analizar las condiciones en que se encuentra, él cual es la etapa donde se formula los orígenes del problema. Cuando se ejecuta la corrección es la parte donde corresponde aplicar las soluciones alternativas.
- En la fase sistemática que se indica a las posibles diferencias en la organización a la solución propuesta.

En el presente trabajo se aplica el diagrama de causa-efecto para proporcionar un conocimiento común de los equipos inoperativos considerando todos sus elementos y relaciones claramente visibles como son: el horno eléctrico y el cilindro con pared gruesa del laboratorio como resultado del diagnóstico realizado.

Su empleo del diagrama causa-efecto nos sirve para organizar, determinar las causas de un fenómeno, pero no selecciona y tampoco proporciona respuestas a las preguntas.

- Debe tomarse en cuenta, que existen posibles problemas y deficiencias de interpretación donde se puede citar los siguientes: Este diagrama es útil para desarrollar teorías, presentar y comparar su consistencia lógica, sin embargo, no reemplaza comprobación empírica.
- En la construcción del diagrama sin un análisis previo de los síntomas del fenómeno en estudio tendría como resultado un diagrama que sería innecesariamente grande, complejo y difícil de utilizar.
- En el enunciado se podrían presentar deficiencias que limitan las teorías que se exponen y consideran en el diagrama.
- Cuando se identifican y clasifican las causas principales se encuentra deficiencias que perjudican cuando se buscan las causas reales.

- Para los equipos mencionados se hizo el control debido verificando su estado operativo dentro del inventario donde se encuentran con ciertos daños que disminuyen su operatividad impidiendo aprovecharlos al 100% y también se utilizó diagramas de causa-efecto donde se formulan los posibles factores de inoperatividad en el horno eléctrico y cilindro de pared gruesa.

El diagrama causa-efecto servirán como información técnica del problema que presentan los equipos arriba señalados proporcionando su representación donde se obtiene respuestas sobre su deficiencia pudiendo contrastarse su consistencia lógica con las fichas técnicas y diagnostico actual del horno eléctrico y cilindro de pared gruesa.

Se establecen los respectivos diagramas causa-efecto para disponer de un soporte técnico, sencillo y práctico que servirá de guía en el encuentro de las posibles fallas.

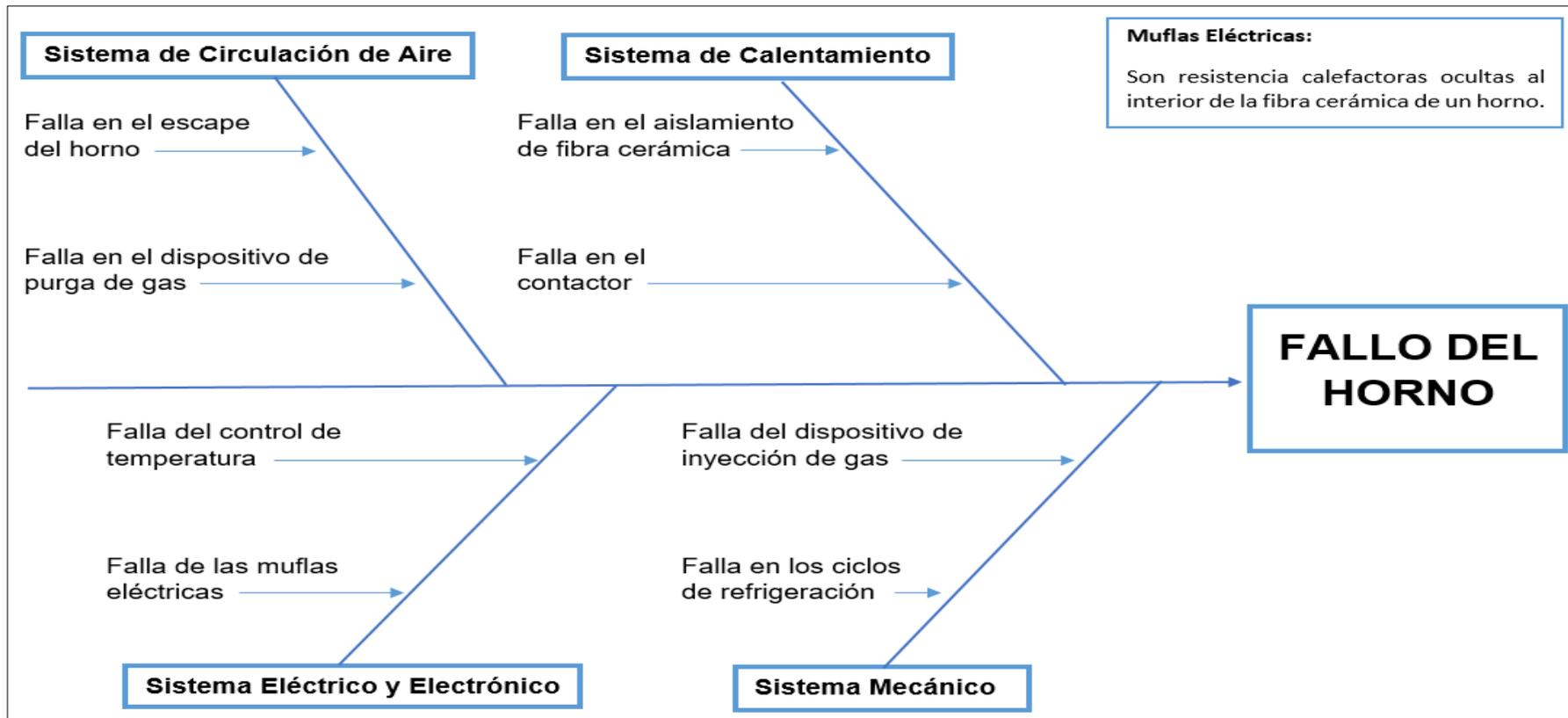
Por consiguiente, se tuvo que aplicar este tipo de diagramas en los dos equipos mencionados, porque se requería conocer al detalle cómo se originó la falla aportando ideas para su identificación de las posibles fallas.

Sin embargo, debemos tener presente que los repuestos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento correctivo son difíciles de calcular, debido a que se desconoce con certeza el tipo de falla del horno eléctrico y cilindro de pared gruesa.

Pero debemos sugerir para realizar llevar a cabo el mantenimiento preventivo mencionadas anteriormente se debe invertir en insumos para así evitar las acciones correctivas en todos los equipos donde se tiene que destinar recursos económicos en repuestos.

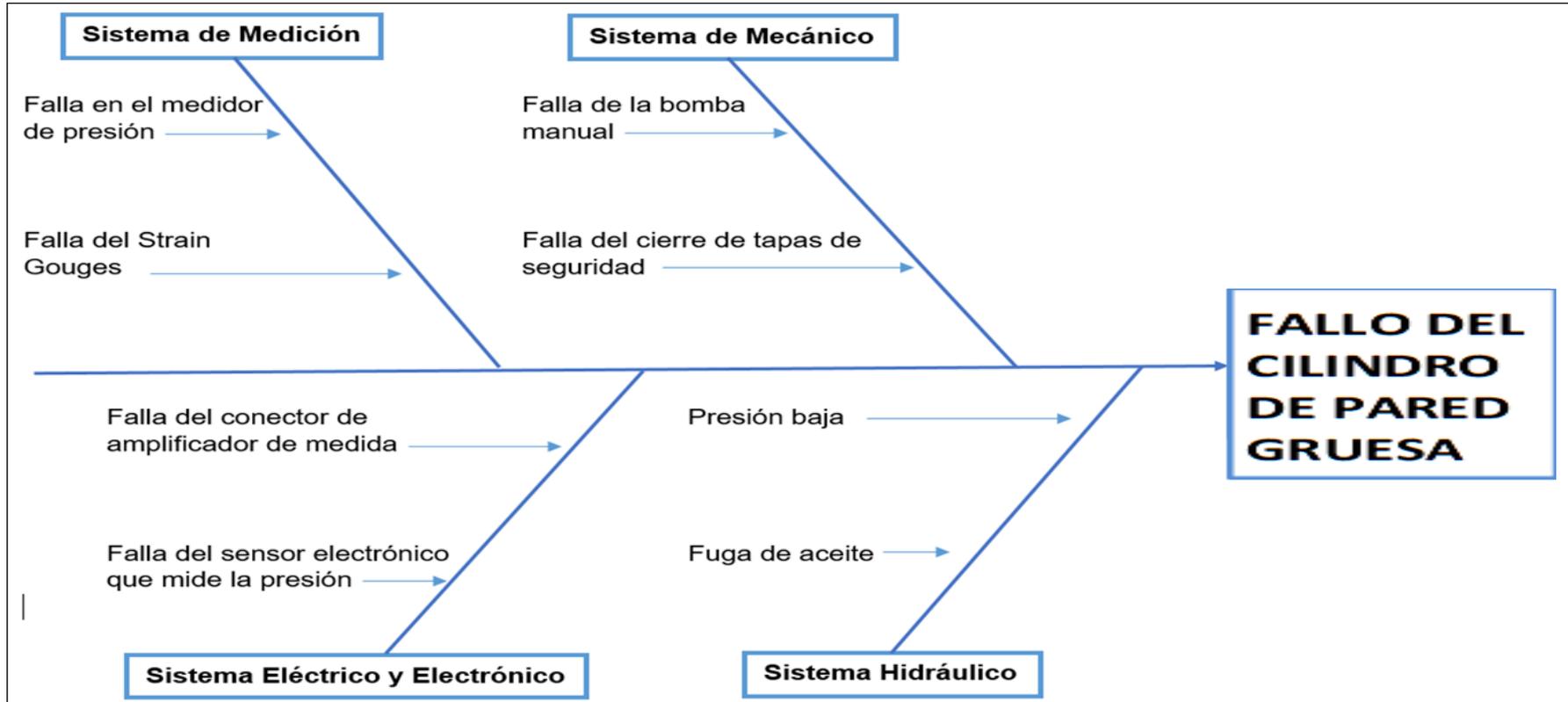
Para el mantenimiento correctivo no es necesario que sea el personal exclusivo de la Universidad, sino que se podría contratar el servicio de personal externo especializado en mantenimiento de este tipo de equipos.

Figura 4.5
DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA HORNO ELÉCTRICO DEL LM



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.6
DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA HORNO ELÉCTRICO DEL LM



Fuente: Elaboración Propia

V. RESULTADOS

5.1 Codificación de equipos

Se determinó luego de analizar los diversos tipos de codificación sistemática.

5.2 Del inventario

Se logra como resultado un listado codificado de diez máquinas y equipos tanto a nivel individual como a nivel general permitiendo la debida gestión técnica.

5.3 Acerca de fichas técnicas

Se tuvo que redactar diez fichas de cada máquina y equipo con la debida información técnica necesaria describiendo sus partes principales, datos de origen y su forma física.

5.4 Respecto al diagnóstico

- Se recolectó información sobre el tiempo de utilización de cada máquina y equipo del LM donde resulta que la Máquina Universal tiene mayor tiempo de utilización acumulando 72 horas de trabajo durante el semestre académico.
- Según el inventario son en total diez las máquinas del LM y por los resultados del diagnóstico solo dos: el horno eléctrico y el cilindro con pared gruesa necesitan mantenimiento correctivo mientras que las demás máquinas y equipos requieren mantenimiento preventivo con una frecuencia de atención semestral.
- Se llegó a obtener la criticidad de los equipos del LM y es por ello que según la priorización que se realizó para cada máquina y equipo se logra determinar un alto nivel de criticidad para la Máquina Universal el cual se utiliza para Pruebas Mecánicas.

5.5 Resultados de tareas de mantenimiento

Llegamos a elaborar las matrices de limpieza, inspección y mantenimiento anteriormente confeccionadas.

5.6 Elaboración del proyecto de Mantenimiento

Se propuso un programa de mantenimiento para los equipos del LM donde se detalla una serie de tareas para materializar el mantenimiento y su respectivo cronograma utilizando como soporte las matrices de mantenimiento.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de hipótesis con resultados

Para proponer el presente plan de Mantenimiento se contrastó la criticidad con la demanda de los equipos que se ubican en el Laboratorio y se llegó a la conclusión de que la Máquina Universal tiene el nivel de criticidad muy elevado evidenciando que los daños que puedan tener las demás máquinas o equipos del LM aún no son críticos esto se debe a que tienen menos uso porque trabajan pocas horas en cada semestre académico, lo cual es favorable a los mismos.

Es decir, si la frecuencia de atención se cumple dando un mantenimiento adecuado, baja el número de equipos inoperativos.

6.2 Resultados contrastados con estudios similares

En el levantamiento de la información se constató que no ha existido hasta el momento ningún Proyecto de Mantenimiento del LM de la FIME; por ello el Plan propuesto pretende contribuir para conservar y mantener la operatividad de equipos y máquinas del Laboratorio.

VII. CONCLUSIONES

- Se formuló un Proyecto de mantenimiento preventivo anual; para ello se elaboraron las Matrices de limpieza, inspección y mantenimiento donde se detalla las actividades y ciclos de mantenimiento de cada máquina y equipo para el laboratorio de materiales de la FIME además se analizó el estado actual de equipos y máquinas del laboratorio, obteniendo por resultado la cantidad de diez equipos y máquinas; de los cuales; sólo ocho se encuentran operativos; sin embargo, se debe aplicar el Mantenimiento según el plan propuesto y así en adelante se minimice el número de máquinas inoperativas.
- Se realizó Análisis de Criticidad estableciendo equipos y máquinas críticos que necesitan ser priorizados para poder formular el respectivo mantenimiento preventivo. Según el plan propuesto.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que, para formular dicho plan, se tomará en cuenta las actividades de limpieza, inspección y el respectivo mantenimiento de todos los equipos y máquinas del Laboratorio de Materiales.
- Se recomienda conocer la situación real en que se encuentra los equipos, realizando el diagnóstico de los activos del Laboratorio de Materiales teniendo como soporte el inventario y las fichas técnicas.
- Se requiere conocer necesariamente las horas de operación, horas de mantenimiento y niveles de criticidad para elaborar el programa de Mantenimiento correspondiente a Equipos y Máquinas del Laboratorio de Materiales.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1 Bibliografía

- Alarcon, D., & Carro, L. (2013). Diagnostico y Mantenimiento de Sistemas Electrico y Electronico, Sistemas Mecánicos y Electromecánicos. *Tesis de Grado*. Puebla: Universidad Autonoma de Puebla.
- Benitez, R. (2012). Herramientas para mejorar la Confiabilidad Operacional. La Habana: Convencion Cientifica de Ingeniería y Arquitectura.
- Bravo, S. (2001). La Vida Útil de un Activo y Política de Reemplazo de Activos. *ESAN - Cuadernos de difusión*, 1(s.n.), 17.
- Caratini, M. (s.f.). Investigación Cualitativa: Mitos y Verdades. Recuperado el 28 de enero de 2016, de <http://www.ponce.inter.edu/cai/Comite-investigacion/trabajos-creativos/Inv-cualitativa-caratini.pdf>.
- Chaparro, J. (2012). Plan de Mejoramiento del Servicio del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la FIC-UNI. *Tesis de Maestría*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Chico, A. (2012). Diseño de un Sistema de Gestión para la Implementación de Mejoras en un Laboratorio de Calibración. *Tesis de Maestría*. Querétaro: Universidad Autonoma de Querétaro.
- Cordova, M. (2012). Plan para la Adecuación del Laboratorio de Ensayo de Materiales(LEM-FIC-UNI) a la Norma Internacional ISO / IEC 17025. *Tesis de Grado*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Díaz, J. (2010). *Tecnicas de Mantenimiento Industrial* (Segunda edición ed., Vol. 2). Cadiz: Calpe Institute of Tecnology.
- Dumaguala, E. (2014). Gestión e Implementación del Ploan de Mantenimiento en los Laboratorios del Área de Ingeniería Mecánica en la Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca. *Tesis de Grado*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana de Cuenca.
- Espinoza, E. (2014). Diseño de un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Vida Nominal de los Equipos: Vehiculos Livianos y Máquinas Herramientas. *Tesis de Grado*. Callao: Univerasidad Nacional del Callao.
- Flores, J., & Huaccha , E. (2012). Estrategia de Gestión de Mantenimiento para los Activos de los Talleres y Laboratorios de la FIME - UNAC. *Tesis de Maestría*. Callao: Universidad Nacional del Callao.

- García, E. (2014). Guía para la Certificación de Laboratorios de la DIMEI bajo la Norma ISO 9001:2008. *Tesis de Grado*. Mexico: Universidad Nacional Autonoma Mexico.
- García, E. (2014). Guía para la Certificación de Laboratorios de la DIMEI bajo la Norma ISO 9001:2008. *Tesis de Grado*. México: Universidad Nacional Autonoma de México.
- García, S. (2003). *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento* (Primera Edición ed., Vol. 1). Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Hibbeler, R. (2011). *Mecánica de Materiales* (Octava ed.). México: Prentice Hall.
- Huerta, R. (s.f.). El Analisis de Criticidad, una Metodología para Mejorar la Confiabilidad Operacional. Recuperado el 12 de mayo de 2017, de <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/364/704>
- ICONTEC. (1999). Guía Técnica Colombiana 62: Seguridad de Funcionamiento y Calidad de Servicio, Mantenimiento, Terminología. 62, Primera, 32. Bogotá: ICONTEC Internacional.
- Ixcot, H. (2011). Programa de Mantenimiento Correctivo-Preventivo-Predictivo, para el Equipo Experimental del Laboratorio de Operaciones Unitarias. *Tesis de Grado*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- James, G., & Goodno, B. (2013). *Mecánica de Materiales* (Octava Edición ed.). México: Editorial Cengage Learning.
- Jara, E., & Marin, B. (2010). Proyecto para la Implementación de un Sistema de Mantenimiento Preventivo para los Laboratorios del Área de Mecánica de la Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca. *Tesis de Grado*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca.
- Martinez, D. (2014). Plan de Corrección de Fallas para Equipos de Ensayos de Materiales y Estructuras. *Tesis de Maestría*. Zulia: Universidad de Zulia.
- Martínez, K. (2010). Análisis de Fallas Aplicados a los Equipos de Carga tipo Scoop de la Mina Isidora. *Tesis de Grado*. Bolivar: Universidad de Oriente.
- Narvaez, P., & Zhigue, C. (2015). Implementación de un Plan de Mantenimiento para los Laboratorios de Procesos y Transformación de Materiales del Área de Ingenirías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. *Tesis de Grado*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.
- Peñafiel, C. (2014). Diseño e Implementación de un Manual de Operación y Mantenimiento para los Laboratorios de Resistencia de

Materiales, Metalografía, Ensayos No Destructivos y Tratamientos Térmicos de la Facultad de Mecánica. *Tesis de Grado*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Pesantez, A. (2007). Elaboración de un Plan de Mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón. *Tesis de grado*. Guayaquil: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

Rivera, E. (2011). Sistema de Gestión del Mantenimiento Industrial. *Tesis de Grado*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Rivera, J. (2015). Modelo de Toma de Decisiones de Mantenimiento para Evaluar Impactos en Disponibilidad, Mantenibilidad, Confiabilidad y Costos. *Tesis de Maestría*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.

Rodriguez, C. (2015). Análisis del Costo de Ciclo de Vida y EVA Integrados en la Gestión de Activos. Bogota: ACIEM. Recuperado el 20 de abril de 2017, de https://issuu.com/memorias_conferencias_aciem/docs/memorias_conf_10_feb_2015.

Ros, A. (2010). Mantenimiento Industrial.

Tavares, L. (1999). *Administración Moderna del Mantenimiento* (Primera Edición ed., Vol. 1). Brasilia: Novo Polo Publicaciones.

UNAC. (s.f.). Reseña Historica. Callao: Universidad Nacional del Callao. Recuperado el 10 de Marzo de 2017, de <https://www.unac.edu.pe/resena-historica.html>

Yañez, F. (2008). Propuesta para la Creación de un Laboratorio de Ensayo de Materiales para la carrera de Ingeniería en Sistemas Automotrices de la ESIME UPA. *Tesis de Grado*. México: Instituto Politecnico Nacional.

ANEXO

“A”

MATRIZ DE CONSISTENCIA: “PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA PROLONGAR LA OPERATIVIDAD DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES DE LA FIME-UNAC”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cómo el Plan de Mantenimiento Preventivo puede prolongar la operatividad de las máquinas y equipos del LMM de la FIME-UNAC?	Formular el Plan de Mantenimiento Preventivo para prolongar la operatividad de las máquinas y equipos del LMM de la FIME-UNAC.	El Plan de Mantenimiento Preventivo debe prolongar su operatividad de equipos y máquinas del LMM de la FIME – UNAC.	X= Plan de Mantenimiento	Diseño del plan	Funcionalidad Nivel de Criticidad Matriz de Mantenimiento	Relacionando las variables “Y” y “Z” con la variable “X” y la teoría existente.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICA	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
¿Cómo el estado actual establece la operatividad de equipos y máquinas del LMM de la FIME-UNAC? ¿Cómo el Análisis de Criticidad contribuye en la operatividad de los equipos y máquinas del LMM de la FIME-UNAC?	Analizar el estado actual para establecer la operatividad de los equipos y máquinas del LMM de la FIME-UNAC. Realizar análisis de criticidad para contribuir que sigan operando los equipos y máquinas del LMM de la FIME-UNAC.	El estado actual debe establecer la operatividad de equipos y máquinas del LMM de la FIME - UNAC El análisis de criticidad debe contribuir en prolongar la operatividad de equipos y máquinas del LMM de la FIME – UNAC.	Y=El estado actual Z= Análisis de criticidad	Características técnicas. Régimen de operatividad	Inventario Fichas técnicas Diagnostico Horas de trabajo. Horas de mantenimiento. Frecuencia de utilización	Recopilación de información disponible en los diferentes medios encuestas, textos, tesis, fichas, manuales, catálogos, revistas relacionadas con el tema

$$X= f (y, z)$$

X= Plan de Mantenimiento Preventivo

Y= El estado actual

Z= Operatividad de equipos y máquinas

ANEXO

“B”

VDAS

Universal Testing Machine

A compact machine for compressive and tensile tests on different materials and structures



Screenshot of the optional VDASS software

- Compact bench-mounting machine, ideal for classroom demonstrations and student experiments
- Finds tensile properties and compressive properties of many materials and structures
- Can connect to TecEquipment's Versatile Data Acquisition System (VDAS®) to log experiment results, and automatically calculate answers and create charts of your results
- Includes set of tensile test specimens of different grades of steel for comparison experiments
- TecEquipment can supply range of optional parts for experiments in beam deflection, hardness testing and spring rate and deflection
- Optional Extensometer (SM1000d) available for accurate tests to find Young's modulus of tensile specimen

TecEquipment Ltd, Bossall Street, Long Eaton, Nottingham NG10 2AN, UK
 tecequipment.com +44 115 972 2611 sales@tecequipment.com



TECEQUIPMENT

050417

Page 1 of 3

VDAS^{sm1000}

Universal Testing Machine

Description

learning outcomes

Universal Testing Machine

Description

The Universal Testing Machine is ideal for classroom demonstrations and for safe use by small groups of students. It fits onto any suitable strong desk or bench top, but TecQuipment offers the optional Support Table and Cupboard (SM1000a).

A steel frame with four columns supports a hydraulic ram. The ram pushes up a loading platform. The area above the loading platform is for compression tests on a wide range of materials such as wood, brick and mortar. The space below the platform is for tensile tests.

A high-impact strength clear-plastic guard protects the user during tests.

During tests, force sensors measure the load applied by the ram. A digital load meter shows the real-time force and stores the peak force. A digital displacement indicator measures and displays the vertical movement of the loading platform or part of the structure under test.

Students use the force and the dimensions of the part under test to find the applied stress. They also use the vertical displacement to find the strain.

For accurate measurements of the small changes in length of a specimen tested in its elastic region, TecQuipment offers the optional Extensometer (SM1000d). Students use this to find the Young's modulus of a tensile test specimen.

Students can use the Universal Testing Machine to test many materials, engineering parts and structures, but TecQuipment also offers optional parts for the machine. These allow students to do Brinell hardness tests on materials, and tests on coil springs, leaf springs and beams.

Included with the Universal Testing Machine is a set of different grade steel tensile test specimens. These allow students to compare the tensile qualities of steel in its 'as drawn' state and 'normalised' steel. You can order extra specimens, and the user guide includes a diagram to help you create your own tensile test specimens from suitable materials.

For quick and reliable tests, TecQuipment can supply the optional Versatile Data Acquisition System (VDAS®). This gives accurate real-time data capture, monitoring and display, calculation and charting of all important readings on a computer (computer not included).

Standard Features

- Supplied with comprehensive user guide
- Five-year warranty
- Manufactured in accordance with the latest European Union directives

Learning Outcomes

- Tensile tests on different materials
- Compression tests on different materials

Available Experiment Modules

- Brinell Indenter (SM1000e)
- Coil Spring (SM1000f)
- Beam and Leaf Spring (SM1000g)

Recommended Ancillaries

- Bench-mounted version of the Versatile Data Acquisition System (VDAS-B)
- Support Table and Cupboard (SM1000a) – A steel-frame table with a pre-drilled work-top to accept the Universal Testing Machine. Includes a cupboard underneath.
- Extensometer (SM1000d) – A precision sliding gauge with a digital indicator
- Tensile test (TH) specimens - see separate datasheet

Essential Services

Bench space needed:

1.2 m x 800 mm

Electrical supply (SM1000):

Single Phase 100 VAC to 240 VAC

50 Hz to 60 Hz with earth

Operating Conditions

Operating environment:

Laboratory environment

Storage temperature range:

-25°C to +55°C (when packed for transport)

Operating temperature range:

+5°C to +40°C

Operating relative humidity range:

80% at temperatures < 31°C decreasing linearly to 50% at 40°C

Sound Levels

Universal Testing Machine: Less than 70 dB(A)

VDAS[®] sm1000

Universal Testing Machine

Specifications – Universal Testing Machine

Nett dimensions and weight:

800 mm x 800 mm x 1500 mm maximum height and 150 kg

Packed dimensions and weight (including pump):

1.75 m³ and 220 kg

Maximum load:

100 kN (10 tonne)

Maximum distance between compression platens:

220 mm

Tensile test specimens:

- 2 x TH4010 75A0.1% carbon steel, as drawn
- 1 x TH4015 75AN 0.1% carbon steel, normalised

Specifications – Optional Support Table and Cupboard (SM1000a)

Nett dimensions:

1230 mm x 750 mm x 980 mm high

Specifications – Optional Extensometer (SM1000d)

Gauge length:

50 mm



Generalüberholtes und Modernisiertes Härteprüfgerät HPO 3000

- Zur Bestimmung der Brinell-Härte von Stahl und Metallen aller Art
- Standgerät

Technische Daten

Laststufen

3000 kp
29420 N

Fehlergrenze der Laststufen:

± 1 %

Maschinengestell

Ausladung 200 mm
Maximaler Abstand zwischen Auflagetisch und Eindringkörper 365 mm
Auflagetisch mit Aufspannnuten 260 x 400 mm

Optische Messeinrichtung mit Okular

Vergrößerung 25-fach
Skalenwert 0,01 mm
Beobachtungsöffnung (Durchmesser) 7 mm

Messuhr zum Beobachten des Prüfablaufs

Durchmesser 100 mm
Messbereich 0 ... 5 mm
1 Zeigerumdrehung 1 mm
Skalenwert 0,01 mm

Antrieb:

elektrisch-hydraulisch

Elektrischer Anschluss

Geeignet für Wechselstrom 220 V / 60 Hz
Anschlusswert 1,2 kVA

Abmessungen:

920 x 420 x 1400 mm (Länge x Breite x Höhe)

Nettogewicht:

530 kg

Aufstellung

Das Härteprüfgerät benötigt kein Fundament. Es sollte auf einem festem, schwingungsfreiem Untergrund aufgestellt werden.



Modernisierungsmerkmale

- Aufbringung der Prüfkraft gemäß DIN EN ISO 6501-1

Modernisierungsmerkmale

- **Aufbringung der Prüfkraft gemäß DIN EN ISO 6501-1**
Die Zeit vom Beginn des Aufbringens der Prüfkraft bis zum Erreichen des vorgegebenen Wertes beträgt nicht weniger als 2 Sekunden und nicht mehr als 8 Sekunden. Die Prüfzeit wird auf dem Bildschirm angezeigt.
- **Neue elektronische Steuerelemente**
- **Hydraulische Pumpe mit verringertem Geräuschpegel**

WPM Werkstoffprüfsysteme
Leipzig GmbH

Gewerbegebiet Wachau
Nordstraße 15
04416 Markkleeberg
Germany

Phone: +49 (0) 3 42 97 14 35 - 0
Fax: +49 (0) 3 42 97 14 35 - 10

Email: info@wpm-leipzig.de
Internet: www.wpm-leipzig.de





HSM19D – Rotating Fatigue Machine (Digital)



Product Summary

- Sturdy, self contained bench top unit for demonstrating the effects of fatigue
- Data acquisition software supplied for capturing specimen revolutions and applied force
- Transparent safety guard to restrain fractured specimen
- Motor driven specimen at 5800 or 1400 rpm
- Gear and pulley drive with ability to adjust gear ratio
- Single digital display for revolution counts and applied force
- Cantilever loading arm
- Collet chucks to accept specimens
- Load applied to specimen using screw jack mechanism with integral cantilever load cell
- Sinusoidal bending stresses applied to test specimen
- Mild Steel specimens supplied as standard
- Dual microswitch power cut off
- Tare function for applied load and counts
- Motor starter box with on/off function
- Automatic motor stop upon specimen fracture
- USB connection to host computer (not supplied)
- Comprehensive instruction manual supplied
- 2 year warranty

Tender Specification

- To demonstrate the effects of fatigue
- To be self contained bench top unit on sturdy, heavy base plate
- To be data acquisitioned for capturing applied force, specimen revolutions using software supplied
- To test necked specimens of different materials
- To be fully guarded in order to restrain fractured specimen
- Rotate a loaded cantilever until failure occurs in rupture
- Specimen loading via screw jack mechanism with integral cantilever load cell
- Rotational speeds variable through gear ratios
- To have digital display of specimen revolutions, applied force on specimen
- Motor to stop automatically on specimen failure
- Reset and tare function for digital display
- To be supplied with mild steel test specimens
- Comprehensive technical manual
- 2 year warranty



Description

The HSM19D Rotating Fatigue machine has been designed to introduce students to the effects of fatigue. A 2800rpm motor, mounted onto a sturdy base plate, rotates a specimen through a gear and pulley arrangement. The gear ratio of this arrangement can be easily adjusted between 5600 or 1425 rpm. A sinusoidal variation of bending stress is applied to the specimen. At the faster speed, a third of a million stress reversals occur each hour, so failure should occur within a day. Failure can be hastened by using a specimen with a stress raiser, i.e. a 'V' notch.

The specimens are held within 'keyless' chucks. The specimens are loaded using a cantilever arrangement, with the load being applied through a screw jack mechanism with integral cantilever load cell. To increase the applied load the user adjusts the screw jack and vice versa.

The applied force via the integral cantilever load cell, is captured on the 'on-board' digital display. The digital display shows the applied force in Newton's (N), and the revolution count of the specimen. Both values can be reset and zeroed (tared) prior to the testing commencing.

The digital display incorporates a USB socket, which allows a host computer (not supplied) to be connected to the HSM19D. The software supplied with the HSM19D can then be run from the host computer (not supplied). The software allows the capture, reviewing, printing and manipulation of data such as revolution count, applied force, and motor speed to determine the fatigue limit of a particular specimen.

When failure occurs, a microswitch stops the motor and the cycles to failure are registered on the digital display. The count remains when the motor is not running and the ability to reset the counter has been designed in.

A safety guard shields all rotating parts. This guard restrains the broken specimen as well as allowing the number of cycles and applied force to be easily read. The unit will not function with the guard removed.

Specially machined necked test specimens are provided in steel. These have a 4mm nominal neck diameter and are held in the unit using collet chucks. Brass and aluminium specimens are also available separately.

All tooling is provided to allow the removal and fitting of these specimens. A full technical instruction manual is supplied, which details full unit operation, experimental technique, example results and relevant theory.

Experimental capabilities

- To make an introductory study of fatigue using a Wohler rotating fatigue apparatus, including the time to failure caused by various stress levels and materials
- Introducing students to S-N curves
- Material specification on fatigue limits
- Specimen geometry on fatigue limit
- The accessory, HSM19X affords bending fatigue of a cantilevered strip of metal or plastic in modes varying from alternating to fluctuating stresses

Specification

- Rotating fatigue through sinusoidal variation of bending stress
- Specimen driven by motor at 5600 and 1400rpm (approximately)
- Motor rated at 230V/50Hz, 2800rpm nominal
- 2 : 1 Gear and pulley drive system
- 10 x Necked steel specimens with \varnothing 4mm neck diameter supplied as standard



P.A.Hilton Ltd

Horsebridge Mill, King's Somborne
Stockbridge, Hampshire, England, SO206PX
T: +44 (0) 1794 388382
F: +44 (0) 1794 388129

HI-TECH
EDUCATION

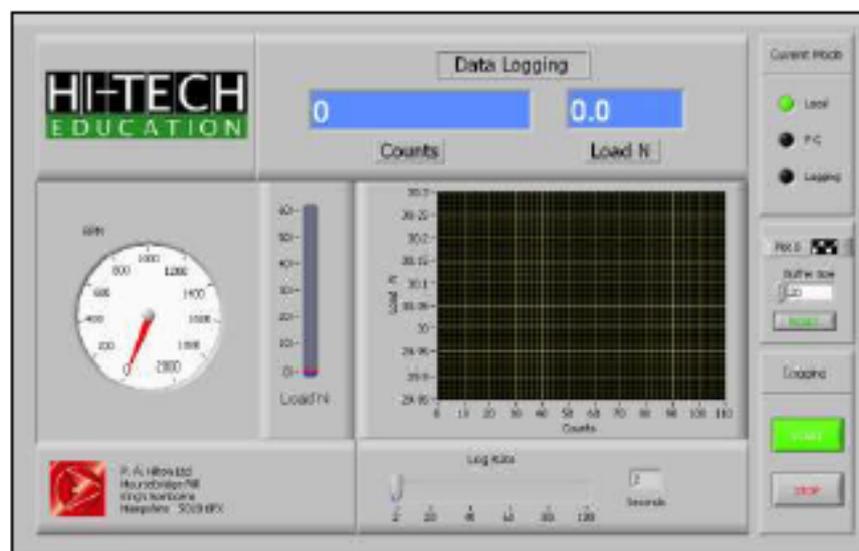
PRODUCT DATA SHEET

- Maximum applied force to standard steel specimens: 18N (approximately)
- Force measured in Newton's, display resolution 0.1N
- Specimen revolutions digitally display with 7...8 digits
- Data acquisition software supplied as standard
- Data Acquisition Software and CD supplied + USB cable + power cable
- Dimensions: 715(L) x 280(W) x 280(H) mm
- Weight: 24Kg including accessories
- 2 year warranty

Accessories and spares

- Tools including combination spanners
- Full instruction manual

Data Acquisition Software



Typical screen shot of HSM19D data Acquisition software supplied

Software for capturing, reviewing, retrieving, printing and manipulating data from HSM19D apparatus. Data file stores revolution count, applied force and motor speed. Data file can be imported into spreadsheet software for further manipulation.

Minimum system requirements:

- Intel® Pentium® or equivalent processor
- Microsoft® Windows® 95, 98, NT, 2000, ME or XP operating systems
- VGA Monitor capable of at least 16-bit colour at 800 x 600 resolution
- 32Mb space available on hard drive
- CD-ROM and floppy disk drive
- USB1.1 and USB2 ports



Optional Extras

HSM19a - Mild steel specimen (10 off) & one tensile test rod

- 10 specimens in mild steel & one tensile test rod
- Maximum applied force: 18N (approximately)

HSM19b - Brass alloy specimen (10 off) & one tensile test rod

- 10 specimens in brass alloy & one tensile test rod
- Maximum applied force: 17N (approximately)

HSM19c - Aluminium alloy specimen (10 off) & one tensile test rod

- 10 specimens in aluminium & one tensile test rod
- Maximum applied force: 15N (approximately)

HSM19X - Alternating Bending Fatigue

- A rotating faceplate carries an adjustable eccentric bearing driving a connecting rod attached to a cantilever at either 5700 or 1425 revs/min.
- Variable stress range between alternating and fluctuating.
- Includes micro switches to detect failure of the specimen and stop the motor.
- Specimens in the range of 20-60 mm in length, 5-10mm in width and up to 5mm in thickness in metal or plastic (not supplied).
- Supplied with a comprehensive technical manual for student and lecturer.
- Set of weights.
- 2-year warranty.

Operational Conditions

- Storage temperature: -10°C to +70°C
- Operating temperature range: +10°C to +50°C
- Operating relative humidity range: 0 to 95%, non condensing

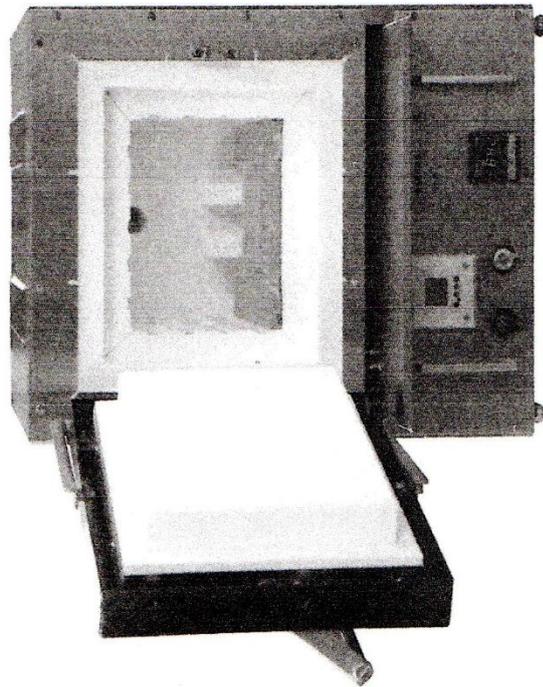
Services Required

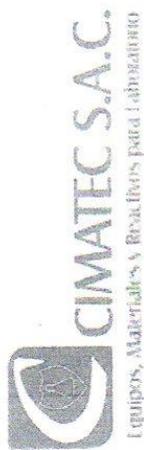
- 110/230V, 50/60Hz, single phase, live neutral and earth

VMK 135 – MODELO (HORNO ELÉCTRICO)

TMAX HASTA 1200 ° C
HORNO DE CÁMARA DEL LABORATORIO, AISLAMIENTO DE ASW, TMAX 1200 ° C, 1-25 L

ANEXO B - 4





Aplicaciones:

de recocido, intermitente, calcinación, calibración, de curado, desligado, secado, de la leña, fusión, pegado, endurecimiento, tratamiento térmico, fusión, oxidación, calentamiento previo, montaje del encogimiento, la sinterización, para aliviar el estrés, revenido

Las características más importantes

- Horno de laboratorio de investigación y producción
- Horno de laboratorio aislado de fibra
- Max. temperatura hasta 1200 ° C
- Fibra aislante interior vivienda
- Calentamiento rápido y ciclos de refrigeración
- Carcasa de acero inoxidable
- Alta eficiencia energética
- Alta calidad – made in Germany
- Fácil de manejar

Hacemos posible

Linn alta Therm está especializada en adaptar sus productos a las necesidades del cliente. Por favor, háganos saber si necesita cualquier modificación aparte de nuestra oferta estándar. Haremos todo lo posible para satisfacer sus deseos.



CIMATEC S.A.C.
Equipos, Materiales y Reactivos para Laboratorio

Opciones

- Regulador de temperatura G800
- Interfaz en serie
- Escape del horno
- Responsable de seguridad
- Termopar tipo S
- Controlador SE50-Touch
- Dispositivo de purga de gas
- Dispositivo de descarga de gas
- Post combustión
- Termopar de viaje

ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS

Tamaños					
modelo	litros	Dimensión interior en mm (wxdxh)	T. máx ° C		kW
VMK-10	1,0	100 x 100 x 100	1200		0,6
VMK-22	2.2	130 x 170 x 100	1200		0,9
VMK-39	3,9	180 x 200 x 110	1200		1,3
VMK-80	7.7	210 x 230 x 160	1200		2.1
VMK-135	13.5	250 x 300 x 180	1200		2,6
VMK-250	25,0	250 x 400 x 250	1200		3,75



CIMATEC S.A.C.

Equipos, Materiales y Reactivos para Laboratorio

Detalles técnicos

Vivienda de horno

Para evitar la corrosión en el caso de, por ejemplo, incineración, combustión, digestión o aglutinantes agresivos, VMK-hornos están instalados en una carcasa de acero inoxidable. Debajo de la puerta hay un estante de acero inoxidable, que protege también a los elementos operativos de daños térmicos y mecánicos. Conectar la pieza de acero inoxidable de escape está instalado en la pared trasera.

Aislamiento de fibra

La cámara del horno es vacío formado en un bloque de fibra de cerámica. Así valores de aislamiento de alta pueden ser alcanzada que resultan en una reducción considerable del espesor de pared del aislamiento, así como el peso en el volumen de ahorro de la energía baja. Una placa de cerámica estable, con aletas en la parte inferior del horno garantiza una carga fácil.

Calefacción

Resistencias de Kanthal A1 viva están incrustados en la mufla de la fibra. La calefacción se efectúa de tres lados para que se logre una distribución uniforme de la temperatura en la cámara del horno. En relación con el aislamiento, se obtienen más rápido calentamiento y enfriamiento ciclos así como ahorro de energía de aprox. 40%.

Sistema de control

El sistema de control está instalado en la parte inferior del horno (debajo del depósito) y como un estándar está equipado con los siguientes instrumentos:

- Regulador de temperatura G400
- consigna 2 o 3 punto de ajuste controlador con comportamiento PID
- Una calefacción para arriba velocidad libremente programable / función de rampa (0,0 – dig 999,9/min)
- Visualización de valor real (valor deseado Presione el botón)
- Uno mismo-optimización impide pasarse (ajuste previo o automático uno mismo-optimización)
- Separación del nivel de control y configuración (previene cambios no deseados)
- Señal de alarma en caso de fractura de termopar
- Interruptor temporizador interruptor de retardo por retraso (ajustable 0,0 – 99,59 h/min)
- Termopar NiCr-Ni (K) en horno

VDAS[®] sm1011

Thick Cylinder

Bench-mounted machine to allow students to do stress and strain tests on a thick-walled cylinder



Key Features

- Ideal for student use and classroom demonstrations
- For comprehensive analysis of the stresses and strains in a thick-walled cylinder, under internal pressure
- Experiment results compared with Lamé predictions
- High-quality electrical-resistance precision strain gauges measure cylinder strains
- Includes built-in microprocessor-controlled display of strain measurements
- Mounted on sturdy base to form compact product, ideal for use on a workbench
- Self-contained, hand-operated hydraulic pressurising system for accurate pressure control
- Completely self-contained – needs no other parts

 TecEquipment Ltd, Bonsall Street, long eaton, Nottingham NG10 2AN, UK
tecquipment.com +44115 9722611 sales@tecquipment.com



TECQUIPMENT

Thick Cylinder

Description

TecQuipment's Thick Cylinder apparatus allows students to examine radial and hoop stresses and strains in the wall of a thick cylinder. They can then compare experiment results with the theoretical Lamé predictions. It clearly shows the principles, theories and analytical techniques, and provides effective, practical support to studies.

A sturdy base contains all parts of the Thick Cylinder apparatus. This forms a compact product, ideal for use on a workbench.

The apparatus consists of a thick-walled aluminium cylinder, held in a robust frame. The cylinder is in two halves, cemented together. One face of the joint has an eccentric shallow groove that contains ten strain gauges at precise radii and orientation. These gauges measure the radial and hoop strains. Jointing cement fills the groove. Strain gauges on the inner and outer walls of the cylinder measure longitudinal and circumferential strains.

The cylinder contains oil. To stress the cylinder, students use a hydraulic hand-pump to pressurise the oil.

To perform experiments, students set the gauges to zero and use the pump to pressurise the cylinder. They take readings at several stages while increasing the pressure. The results can be taken by hand using the in-built display and pressure gauge and plotted by hand. Alternatively, they can use TecQuipment's optional Versatile Data Acquisition System (VDAS[®]) to capture the data and plot the relevant graphs and export data. They then compare their results with calculations made using theory.

A user guide is supplied with the Thick Cylinder apparatus. The guide includes full details of the equipment, detailed experiment procedures, theory and results.

For quick and reliable tests, TecQuipment's optional VDAS[®] gives accurate real-time data capture, monitoring and display, calculation and charting of all important readings on a computer (computer not included).

Standard Features

- Supplied with comprehensive user guide
- Five-year warranty
- Manufactured in accordance with the latest European Union directives

Recommended Ancillaries

- Bench-mounted version of the Versatile Data Acquisition System (VDAS-B)

Experiments

- Radial and hoop strains throughout the cylinder wall
- Radial and hoop stress distribution in the wall
- Longitudinal stress and strain at the outer surface
- Circumferential stress and strains at the inner and outer surfaces
- Comparison with Lamé predictions
- Principal stresses and maximum shear stress
- Appraisal of accuracy of location of strain gauges

Essential Services

Electrical supply:

Single Phase 100 VAC to 230 VAC

50 Hz to 60 Hz

Operating Conditions

Operating environment:

Well ventilated laboratory environment

Storage temperature range:

-25°C to +55°C (when packed for transport)

Operating temperature range:

+5°C to +40°C

Operating relative humidity range:

80% at temperatures < 31°C decreasing linearly to 50% at 40°C

Sound Levels

The measured sound pressure level of this apparatus is less than 70 dB(A).

Specifications

Dimensions: 700 mm x 400 mm x 370 mm

Nett weight: 30 kg

Bench space needed: 1 m x 0.6 m

Oil: Castor oil

Cylinder material: Aluminium alloy

Nominal cylinder dimensions: 203 mm long, 150 mm outside diameter, 37 mm inside diameter

Pressure: Displayed by Bourdon gauge, with output for VDAS[®]

Strain: Measured by electrical resistance gauges and displayed digitally, with output for VDAS[®]