



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE
FLUIDOS, INSTRUMENTACIÓN Y
TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA MEDIANTE EL SOFTWARE SisMAC”**

AVALOS SILVA CARLOS ALONSO

TRABAJO DE TITULACIÓN

Para la obtención del título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA-ECUADOR

2016

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

2015-10-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

AVALOS SILVA CARLOS ALONSO

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS
LABORATORIOS DE FLUIDOS, INSTRUMENTACIÓN Y
TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA MEDIANTE EL
SOFTWARE SisMAC”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Verónica Chávez
TUTOR

Ing. Eduardo Hernández
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: AVALOS SILVA CARLOS ALONSO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE FLUIDOS, INSTRUMENTACIÓN Y TURBOMAQUINARIA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA MEDIANTE EL SOFTWARE SisMAC”

Fecha de Examinación: 2016-11-25

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Verónica Chávez DIRECTORA			
Ing. Eduardo Hernández ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORIA

El presente Trabajo de Titulación, es original y basado en el proceso de investigación y/o propuesta tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Avalos Silva Carlos Alonso

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Avalos Silva Carlos Alonso, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Avalos Silva Carlos Alonso
Cédula de Identidad: 060420944-5

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a Dios por darme la fuerza necesaria para luchar por mis sueños, a mis padres que siempre me supieron apoyar en todo momento para poder culminar esta etapa de mi vida, por enseñarme a nunca rendirme a cumplir los objetivos planteados.

Carlos Alonso Avalos Silva

AGRADECIMIENTO

A Dios por haber derramado tantas bendiciones sobre mí, a mi familia por haberme apoyado incondicionalmente en todo momento.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento que me ha brindado una profesión en la cual podre ser útil a la sociedad. Un agradecimiento muy especial a la Ingeniera Verónica Chávez y al Ingeniero Eduardo Hernández quien con su asesoría y conocimientos nos ayudaron en la realización de este trabajo.

Carlos Alonso Avalos Silva

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	MARCO REFERENCIAL	
2.1	Evolución del mantenimiento	4
2.2	Definición de mantenimiento.....	4
2.3	Tipos de mantenimiento.....	4
2.3.1	<i>Mantenimiento preventivo</i>	5
2.3.1.1	<i>Mantenimiento sistemático o predeterminado</i>	5
2.3.1.2	<i>Mantenimiento basado en la condición.</i>	5
2.3.2	<i>Mantenimiento correctivo</i>	5
2.3.2.1	<i>Mantenimiento diferido o programable</i>	5
2.3.2.2	<i>Mantenimiento inmediato o urgente</i>	5
2.4	Tipos de planes de mantenimiento.....	5
2.4.1	<i>Plan de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante</i>	6
2.4.2	<i>Plan de mantenimiento basado en protocolos</i>	7
2.4.3	<i>Plan de mantenimiento basado en RCM</i>	7
2.5	RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad)	8
2.5.1	<i>El contexto operacional</i>	10
2.5.2	<i>Ventajas del RCM.</i>	10
2.5.3	<i>Desventajas del RCM.</i>	10
2.6	Determinación estado técnico	11
2.6.1	<i>Clasificación de los equipos según su estado técnico</i>	12
2.6.2	<i>Procedimiento para determinar el estado técnico de un equipo</i>	12
2.7	Técnicas basadas en la condición	12
2.7.1	<i>Termografía</i>	12
2.7.2	<i>Análisis de vibraciones</i>	12
2.8	Análisis de criticidad	13
2.8.1	<i>Causas de paradas no planeadas.</i>	13
2.8.2	<i>Operación del equipo</i>	13
2.9	AMEF (Análisis de modo y efecto de falla)	14
2.9.1	<i>Función</i>	14
2.9.2	<i>Falla funcional</i>	15
2.9.3	<i>Modo de falla</i>	15
2.9.4	<i>Efecto de falla</i>	15
2.9.5	<i>Consecuencia de falla</i>	15
2.10	Árbol de evaluación de tareas	16
2.11	SisMAC (Sistema de mantenimiento asistido por computadora).....	17

2.11.1	<i>Módulos SisMAC</i>	18
2.11.2	<i>Características del SisMAC</i>	19
2.11.3	<i>Principales funciones SisMAC</i>	19
2.11.4	<i>Arquitectura SisMAC</i>	20
2.11.5	<i>Soporte técnico y contactos SisMAC</i>	21
3.	PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD	
3.1	Evaluación plan de mantenimiento anterior	23
3.2	Listado de equipos operativos y no operativos en los laboratorios	25
3.3	Codificación de equipos.....	27
3.3.1	<i>Listado de codificación de sistemas Laboratorio de Fluidos</i>	28
3.3.2	<i>Listado de codificación de sistemas Laboratorio de Instrumentación</i>	29
3.3.3	<i>Listado de codificación de sistemas Laboratorio de Turbomaquinaria</i>	30
3.4	Fichas técnicas	31
3.5	Estado técnico de los equipos	37
3.6	Análisis de criticidad	40
3.6.1	<i>Criticidad de los equipos de acuerdo a las áreas de impacto</i>	43
3.6.1.1	<i>Criticidad banco hidrostático</i>	43
3.6.1.2	<i>Criticidad generador de vórtice</i>	43
3.6.1.3	<i>Criticidad mesa de flujo laminar</i>	43
3.6.1.4	<i>Criticidad banco hidráulico</i>	44
3.6.1.5	<i>Criticidad Osborne Reynolds</i>	44
3.6.1.6	<i>Criticidad aparato de ensayos de orificios</i>	45
3.6.1.7	<i>Criticidad canal de flujo ajustable</i>	45
3.6.1.8	<i>Criticidad canal regulador de flujo</i>	45
3.6.1.9	<i>Criticidad banco de bombas centrífugas</i>	46
3.6.1.10	<i>Criticidad viscosímetro Saybolt</i>	46
3.6.1.11	<i>Criticidad sistema hidrocínético</i>	47
3.6.1.12	<i>Criticidad aparato teorema Bernoulli</i>	47
3.6.1.13	<i>Criticidad aparato de hidrostático</i>	47
3.6.1.14	<i>Criticidad aparato de impacto de chorro</i>	48
3.6.1.15	<i>Criticidad aparato de salida de líquidos por orificios</i>	48
3.6.1.16	<i>Criticidad tubo de fricción</i>	48
3.6.1.17	<i>Criticidad tubo de Prandtl</i>	49
3.6.1.18	<i>Criticidad controlador de temperatura</i>	49
3.6.1.19	<i>Criticidad compresor de aire</i>	50
3.6.1.20	<i>Criticidad deshidratador de alimentos</i>	50
3.6.1.21	<i>Criticidad banco de laboratorio para realizar pruebas de caudal</i>	50
3.6.1.22	<i>Criticidad banco de pruebas de presión</i>	51
3.6.1.23	<i>Criticidad banco de control de temperatura</i>	51
3.6.1.24	<i>Criticidad banco de control automático y control industrial</i>	52
3.6.1.25	<i>Criticidad horno de tool galvanizado</i>	52
3.6.1.26	<i>Criticidad motor eléctrico corriente alterna</i>	53
3.6.1.27	<i>Criticidad equipo medición y control nivel</i>	53
3.6.1.28	<i>Criticidad turbina Pelton</i>	53
3.6.1.29	<i>Criticidad turbina Francis(10623)</i>	54
3.6.1.30	<i>Criticidad turbina Kaplan</i>	54
3.6.1.31	<i>Criticidad chimenea de equilibrio</i>	55
3.6.1.32	<i>Criticidad turbina Francis (10652)</i>	55
3.6.1.33	<i>Criticidad banco de pérdidas</i>	55

3.6.1.34	<i>Criticidad bomba centrífuga.</i>	56
3.6.1.35	<i>Criticidad bomba reciprocante.</i>	56
3.6.1.36	<i>Criticidad ariete hidráulico (10773).</i>	57
3.6.1.37	<i>Criticidad turbina axial eje horizontal.</i>	57
3.6.1.38	<i>Criticidad turbina axial de hélice.</i>	57
3.6.1.39	<i>Criticidad turbina Michael Banki.</i>	58
3.6.1.40	<i>Criticidad bomba de tornillo.</i>	58
3.6.1.41	<i>Criticidad tanque mobile bend.</i>	58
3.6.1.42	<i>Criticidad ariete hidráulico (10772).</i>	59
3.6.1.43	<i>Criticidad molinete hidráulico.</i>	59
3.6.1.44	<i>Criticidad teodolito (10775).</i>	60
3.6.1.45	<i>Criticidad teodolito (10778).</i>	60
3.7	Contexto operacional	63
3.8	AMEF	64
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SisMAC	
4.1	Generalidades	68
4.2	Presentación del software	68
4.2.1	<i>Ingreso al sistema</i>	68
4.2.2	<i>Menú principal</i>	70
4.3	Módulos SisMAC	71
4.3.1	<i>Inventario técnico</i>	71
4.3.2	<i>Fichas técnicas</i>	74
4.3.3	<i>Tareas de mantenimiento asignadas.</i>	77
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	88
5.2	Recomendaciones	88

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Pág.

1. Planes de mantenimiento anteriores	23
2. Equipos del Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Mecánica	25
3. Equipos del Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Mecánica	26
4. Equipos del Laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica	26
5. Codificación de sistemas del Laboratorio de Fluidos	28
6. Codificación de sistemas del Laboratorio de Instrumentación	29
7. Codificación de sistemas del Laboratorio de Turbomaquinaria	30
8. Ficha técnica banco de bombas centrífugas.....	32
9. Ficha técnica primera parte banco de pruebas de presión.....	33
10. Ficha técnica segunda parte banco de pruebas de presión.....	34
11. Ficha técnica primera parte bomba centrífuga.....	35
12. Ficha técnica segunda parte bomba centrífuga	36
13. Tipo de servicio de mantenimiento según su estado técnico	37
14. Estado técnico viscosímetro Saybolt	38
15. Matriz de criticidad	41
16. Listado de análisis de criticidad de equipos del laboratorio de Fluidos	61
17. Listado de análisis de criticidad de equipos del Laboratorio de Instrumentación	62
18. Listado de análisis de criticidad de equipos del laboratorio de Turbomaquinaria	62
19. Amef banco de bombas centrífugas.....	65
20. Amef banco de pruebas de presión	66
21. Check list de equipos	67
22. Niveles jerárquicos SisMAC	71
23. Resumen tareas asignadas de mantenimiento laboratorio Fluidos	83
24. Resumen tareas asignadas de mantenimiento laboratorio Instrumentación	85
25. Resumen tareas asignadas de mantenimiento laboratorio Turbomaquinaria.....	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Tipos de mantenimiento.....	4
2. Árbol de evaluación de tareas	16
3. Capacidad de gestión del SisMAC.....	18
4. Principales módulos del SisMAC	19
5. Estructura para codificación de equipos	28
6. Flujograma de criticidad	42
7. Plantilla AMEF	64
8. Ingreso al software sismac cliente	69
9. Ingreso al software sismac usuario personal.....	69
10. Módulos principales SisMAC	70
11. Vista global SisMAC	70
12. Estructura de codificación.....	71
13. Pantalla predeterminada SisMAC para cliente	72
14. Ingreso de laboratorios (edificios)	72
15. Ingreso de módulos (sistemas)	73
16. Ingreso de equipos	74
17. Módulo fichas técnicas.....	75
18. Selección de formato de ficha técnica.....	75
19. Ingreso de fichas técnicas de datos generales equipo	76
20. Ingreso de fichas técnicas de datos específicos equipo.....	76
21. Ingreso de fichas técnicas de datos operación equipo.....	77
22. Familias de tareas de mantenimiento	77
23. Sub tareas de mantenimiento	78
24. Edición tareas de mantenimiento	79
25. Frecuencia tareas de mantenimiento	79
26. Tareas de mantenimiento ya establecidas	80
27. Programación de mantenimiento	80
28. Tiempos de preparación y ejecución de mantenimiento.....	81
29. Estado de operación	81
30. Costos de mantenimiento.....	82
31. Datos adicionales	82

LISTA DE ABREVIATURAS

SISMAC	Sistema de mantenimiento asistido por computador
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad
SS	Seguridad y salud
MA	Medio ambiente
NS	Nivel de susceptibilidad al daño
FU	Frecuencia de utilización
MTBF	Tiempo medio entre fallos
MT	Tiempo y costo de mantenimiento
AMEF	Análisis de modo y efecto de falla

ANEXOS

- A** Fichas técnicas equipos Laboratorio de Fluidos
- B** Fichas técnicas equipos Laboratorio de Instrumentación y control industrial
- C** Fichas técnicas equipos Laboratorio de Turbomaquinaria
- D** Fichas de estado técnico de los equipos
- E** AMEF equipos Laboratorio de Fluidos
- F** AMEF equipos Laboratorio de Instrumentación y control industrial
- G** AMEF equipos Laboratorio Turbomaquinaria
- H** Árbol de evaluación de tareas
- I** Criterios de seguridad para termografía
- J** Criterios de seguridad para análisis de vibraciones

RESUMEN

El presente trabajo trata acerca de la implementación de un plan de mantenimiento con la ayuda de la herramienta tecnológica SisMAC para los laboratorios de Fluidos, Instrumentación y Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica. A través de la metodología RCM y conjuntamente con un análisis de los planes existentes se logró determinar que es necesario mejorar dichos planes de mantenimiento de los diferentes equipos que conforman los diversos laboratorios, puesto que esta metodología analiza varios modos y efectos de falla otorgando una tarea de reacción a los mismos. Esta metodología asigna una codificación a cada activo, determina el estado técnico y la criticidad de cada uno de acuerdo a una matriz de estudio, además a través del árbol de tareas se determina la acción más adecuada según cada contexto operacional, siendo los equipos más críticos los que tengan mayor cantidad de tareas y aquellos cuya criticidad es menor tendrán menor número de acciones. La información obtenida a través del RCM se ingresó a la plataforma virtual SisMAC la cual es un software de gestión de mantenimiento de activos, las fichas técnicas, matriz AMEF, fichas de estado técnico y demás documentación de mantenimiento es administrada por el software teniendo como resultado una respuesta inmediata frente a cualquier tipo de modo de fallo que se pueda presentar en los activos, garantizando el alcance de la vida útil de los mismos. Con el proyecto se mejoró la gestión de los equipos, se ha incrementado su disponibilidad permitiendo así brindar una notoria confiabilidad en el funcionamiento de los mismos para la utilización de los estudiantes.

PALABRAS CLAVE: <ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLOS (AMEF)>, <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)>, <EQUIPOS Y HERRAMIENTAS>, <SISTEMA DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADOR (SISMAC)>, <INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL>, <ANÁLISIS DE CRITICIDAD>, <DISPONIBILIDAD OPERATIVA>, <ESTADO TÉCNICO>.

ABSTRACT

The present work deals with the implementation of a maintenance plan with the help of the SisMAC technological tool for Fluids, Instrumentation and Turbomachinery laboratories of the Faculty of Mechanics. Through the RCM methodology and together with an analysis of the existing plans, it was possible to determine that it is necessary to improve the maintenance plans of the different equipment that from the different laboratories, since this methodology analyzes the several modes and effects of failure, granting a task of reacting to them. This methodology assigns a codification to each asset, determines the technical status and criticality of each according to a study matrix, besides through the task tree it is determined the most appropriate action according to each operational context, being the most critical teams those which have more task and those whose criticality is less will have fewer actions. The information obtained through the RCM was entered into the virtual platform SisMAC which is an asset maintenance management documentation is managed by the software resulting in an immediate response to any type of failure mode that can be presented in the assets, guaranteeing the reach of the useful life of the same. With the project, the management of the equipment has improved; its availability was increased, thus allowing a notorious reliability in the operation of it for the use of the students.

KEYWORDS: <MODE AND FAULT EFFECT ANALYSIS (FAEF)>, <RELIABILITY CENTRIFIED MAINTENANCE (RCM)>, <EQUIPMENT AND TOOLS>, <COMPUTER AID MAINTENANCE SYSTEM (SISMAC)>, <INDUSTRIAL INSTRUMENTATION>, <CRITICAL ANALYSIS>, <OPERATIONAL AVAILABILITY>, <TECHNICAL STATUS>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Toda máquina o equipo a lo largo de su vida operativa no descarta la posibilidad de que en algún momento de su operación pueda fallar o detenerse, es por eso que en los últimos tiempos, se ha empezado a hablar de disminuir al mínimo la probabilidad de falla de las máquinas críticas durante la operación, es decir lograr conseguir una alta confiabilidad.

Las consecuencias de un modo de falla pueden ir desde pérdida de producción, horas hombres improductivas, degradación de equipos y máquinas, entre otros parámetros que pueden afectar a la empresa u organización. Los modos de fallos comienzan a darse por el desgaste natural del equipo debido al paso del tiempo, sino se cuenta con un adecuado plan de mantenimiento estos sucesos pueden ser incontrolables y muy perjudiciales para la operatividad de los equipos.

Las máquinas y equipos en laboratorios son vitales para el aprendizaje, ya que a través de ellos se pueden realizar investigaciones, experimentos, prácticas y trabajos de carácter científico, técnico o tecnológico. Debido a la importancia del mantenimiento en los equipos, es indispensable tener planes de mantenimiento que se ajusten debidamente al contexto operacional en el cual se labora, además para que un mantenimiento sea eficaz se ve en la necesidad de digitalizar la información a través de un software de mantenimiento, que son muy útiles a la hora de establecer frecuencias, tener historiales de averías, analizar comportamiento de equipos, entre múltiples actividades de mantenimiento.

Las instalaciones, maquinaria y equipos deben permitir que las actividades del laboratorio se desarrollen de manera segura y eficiente, es así que se ve la necesidad de la implementación de planes de mantenimiento a través de un software a ayude a analizar el comportamiento, stock de repuestos, historial de modo de fallo de los equipos de los diferentes laboratorios analizados.

1.2 Justificación

Los laboratorios y talleres de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH cuentan con máquinas y equipos que requieren un plan de mantenimiento, los mismos que fueron desarrollados mediante tesis de grado en el año 2013 basándose en los manuales del fabricante y recomendaciones generales de cada tipo de equipo, por ello existe la necesidad de verificar esta información y someterla a los análisis de criticidad y del modo y efecto de falla, para de esta manera tener como resultado un plan de mantenimiento adecuado y con el respectivo análisis de factibilidad técnica y de sostenibilidad de cada una de sus actividades.

Cabe recalcar que mediante donación se obtuvo para la Facultad de Mecánica el software de gestión del mantenimiento asistido por ordenador SisMAC, por ello los laboratorios y la ESPOCH, han sentido la necesidad de implementar planes de mantenimiento a través software que asegure la funcionabilidad de los equipos y la fiabilidad de sus resultados, para así tener una alta calidad de educación y cumplir estándares requeridos para acreditación

Es así que en el presente trabajo de titulación se cargara al software SisMAC los datos relacionados con el mantenimiento de los equipos y máquinas de los Laboratorios de Fluidos, Instrumentación y Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Implementar un plan de mantenimiento para los laboratorios de Fluidos, Instrumentación y Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica mediante el software SisMAC.

1.3.2 *Objetivos específicos.*

Evaluar el plan de mantenimiento usado en los laboratorios de Fluidos, Instrumentación y Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica, para analizar el estado actual de los equipos.

Elaborar la hoja de datos técnicos de los equipos de los laboratorios de Fluidos,

Instrumentación y Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica.

Realizar el análisis de criticidad de los equipos de los laboratorios de Fluidos,
Instrumentación y Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica.

Elaborar el plan de mantenimiento y subir los datos al programa SisMAC.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

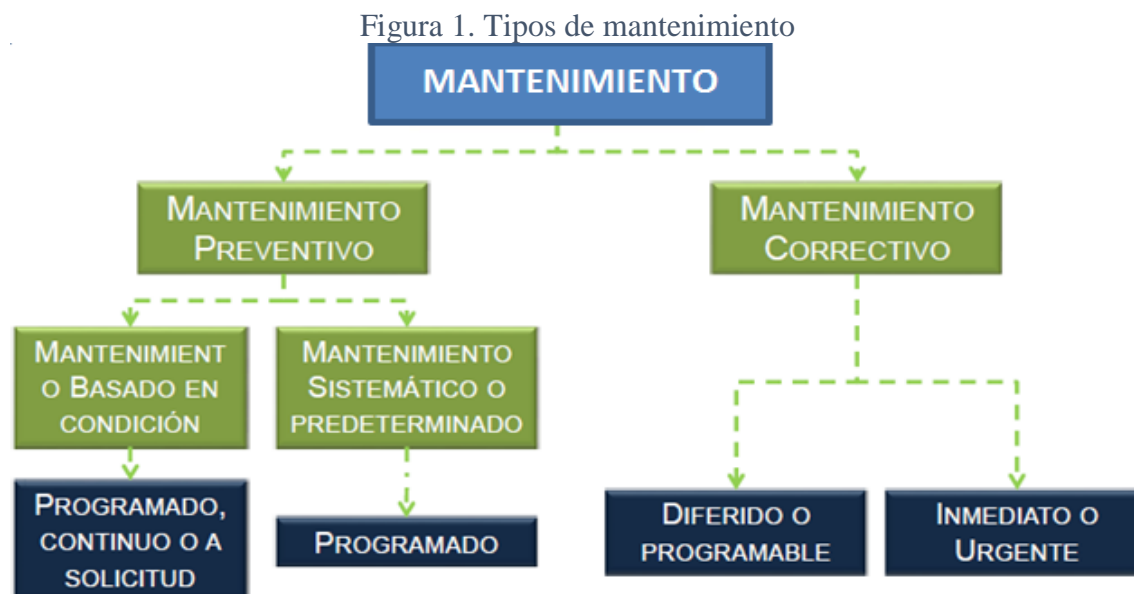
2.1 Evolución del mantenimiento

Durante los últimos tiempos el mantenimiento ha sido una de las disciplinas de gerenciamiento que más ha cambiado, esto se debe al continuo avance de la tecnología ya que cada vez los equipos se fabrican con diseños más complejos generándose así nuevas técnicas de mantenimiento, también se nota en el cambiante mundo del mantenimiento que se está respondiendo a nuevas expectativas como son las consecuencias a la seguridad y medio ambiente. (MOUBRAY, 1996)

2.2 Definición de mantenimiento

Combinaciones de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida. (UNE-EN13306, 2001)

2.3 Tipos de mantenimiento



Fuente: UNE-EN13306

2.3.1 *Mantenimiento preventivo.* Mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados o de acuerdo con unos criterios prescritos, y reducir la probabilidad de fallo o la degradación de funcionamiento de un elemento.

2.3.1.1 *Mantenimiento sistemático o predeterminado.* Mantenimiento preventivo ejecutado de acuerdo a unos intervalos de tiempo establecidos, o a un número de unidades de uso, pero sin investigación previa de la condición del elemento.

2.3.1.2 *Mantenimiento basado en la condición.* Mantenimiento preventivo basado en la monitorización del funcionamiento y/o de los parámetros del elemento, y las acciones subsiguientes.

2.3.2 *Mantenimiento correctivo.* Mantenimiento ejecutado después del reconocimiento de una avería, y destinado a llevar un elemento a un estado en el que pueda desarrollar una función requerida.

2.3.2.1 *Mantenimiento diferido o programable.* Mantenimiento correctivo que no es ejecutado inmediatamente después de la detección de una avería, sino que es un retraso de acuerdo con las reglas de mantenimiento dadas.

2.3.2.2 *Mantenimiento inmediato o urgente.* Mantenimiento correctivo que es ejecutado sin dilación después de que la avería se ha detectado, con el fin de evitar consecuencias inaceptables. (UNE-EN13306, 2001)

2.4 Tipos de planes de mantenimiento

Para la elaboración de planes de mantenimiento existen tres maneras de hacer:

- Plan de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante.
- Plan de mantenimiento basado en protocolos.
- Plan de mantenimiento basado en RCM.

2.4.1 *Plan de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante.* La elaboración de un plan de mantenimiento de una instalación industrial, es decir, la determinación del conjunto de tareas de carácter preventivo que es necesario realizar en la instalación basándose en lo indicado por los fabricantes en los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de los equipos que la componen, es la forma más cómoda y habitual de elaborar un plan de mantenimiento.

El hecho de que sea cómoda no quiere decir que sea sencilla, ya que en primer lugar hay que conseguir recopilar todas las instrucciones técnicas de cada fabricante, y esto no siempre es fácil. En segundo lugar, cada fabricante elabora sus instrucciones de mantenimiento en formatos completamente distintos, lo que complica en gran manera redactar un plan de mantenimiento con unas instrucciones en un formato unificado.

Realmente, es la forma más extendida de elaborar un plan de mantenimiento. Y esto es así porque tiene dos grandes ventajas que es conveniente destacar:

- En primer lugar asegura completamente las garantías de los equipos, ya que los fabricantes exigen, para el mantenimiento de dichas garantías, que se cumpla estrictamente lo indicado en el manual de operación y mantenimiento que ellos elaboran.
- En segundo lugar, y tan importante como el punto anterior, es que los conocimientos técnicos necesarios para elaborar un plan de mantenimiento basado en las instrucciones de los fabricantes de los equipos no tienen por qué ser altos. No se requieren conocimientos específicos sobre los equipos a mantener, ni se requieren especiales conocimientos sobre mantenimiento industrial. Tan solo es necesario copiar lo que los diferentes fabricantes de los equipos proponen, darles el formato adecuado, efectuar alguna pequeña corrección, y prácticamente eso es todo.

Ambas razones convierten a los planes de mantenimiento basados en las instrucciones de fabricantes en la forma preferida por técnicos, responsables, responsables de mantenimiento y propietarios de plantas. Esta forma de elaboración, por supuesto, presenta algunos inconvenientes importantes que serán analizados al final de este capítulo, y que hacen que surjan otras formas de elaboración del plan que no tienen los

mismos inconvenientes.

2.4.2 *Plan de mantenimiento basado en protocolos.* Este método de determinación de las tareas que componen el plan parte del concepto de que los diferentes equipos que componen la planta pueden agruparse en tipos genéricos de equipos o equipo tipo, y que en cada equipo-tipo deben realizarse una serie de tareas preventivas con independencia del quien sea el fabricante y cual sea la configuración exacta de éste. Así, es posible definir como equipo genérico una bomba centrífuga de gran caudal. Independientemente de quien sea el fabricante y cual sea el modelo exacto, es posible identificar una serie de tareas preventivas a realizar en cualquier bomba centrífuga que trasiegue fluidos viscosas con gran caudal.

El conjunto de tareas de mantenimiento que corresponde a un equipo tipo se denomina protocolo de mantenimiento programado. Si se elaboran los protocolos de mantenimiento de todos los tipos de equipos presentes en todo tipo de instalaciones industriales y se confecciona posteriormente una lista con todos los equipos de los que dispone la instalación concreta que se está analizando, solo hay que aplicar el protocolo de mantenimiento que le corresponde a cada uno de ellos para tener una lista completa y detallada de todas las tareas de mantenimiento preventivo a realizar en la planta. El posterior tratamiento de esta gran lista de tareas para agruparlas por sistema, frecuencia y especialidad irá formando las diferentes gamas que componen el plan de mantenimiento de la planta.

2.4.3 *Plan de mantenimiento basado en RCM.* El objetivo fundamental de la implantación de un mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la confiabilidad de la instalación, es decir, disminuir el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Los objetivos secundarios pero igualmente importantes son aumentar la disponibilidad, es decir, la proporción del tiempo que la planta está en disposición de producir, y disminuir al mismo tiempo los costes de mantenimiento. El análisis de los fallos potenciales de una instalación industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos.

- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.
- Determinación de tareas de mantenimiento que evitan o reducen estas averías.
- Mejoras y modificaciones en la instalación.
- Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.
- Determinación del stock de repuesto que es deseable que permanezca en planta, como una de las medidas paliativas de las consecuencias de un fallo.
- Procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.
- Planes de formación. (GARCÍA, 2013)

2.5 RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad)

El RCM nace en los años 70's, en el departamento de defensa de los E.E.U.U., como consecuencia de que en la década de los 60's se estaban produciendo más de 60 accidentes por millón de despegues eso significaba 2 accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 60's eran causados por fallas en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad indicaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos. Desde aquel tiempo entonces, el RCM es utilizado para ayudar a enunciar estrategias de gestión de activos físicos en todos los países industrializados del mundo.

El RCM es un proceso usado para determinar sistemática y científicamente qué se debe hacer para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios desean que hagan. Lo que los usuarios pretendan de sus activos dependerá de cómo y dónde esté siendo utilizado, a esto se ha denominado “contexto operacional”.

Este proceso RCM es altamente reconocido como la mejor forma de desarrollar estrategias de mantenimiento como consecuencia lleva a mejoras rápidas, sostenidas y sustanciales en la disponibilidad y confiabilidad de planta, calidad de producto, seguridad e integridad ambiental, por tal motivo es un método de gran utilización para las necesidades de mantenimiento de cualquier tipo de activo físico en su contexto operacional.

Los efectos de cada falla son sometidos a análisis y clasificados de acuerdo al impacto que generan al medio ambiente, seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, para determinar el origen de las causas. (MOUBRAY, 1996)

Definición de RCM. Optimiza la implementación del mantenimiento preventivo, basados en la confiabilidad de los equipos. (LLANES, 2010)

Las 7 preguntas básicas que incita a responder el proceso RCM son:

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operacional?
- ¿En qué aspecto no responde al cumplimiento de sus funciones?
- ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?

- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado? (MOUBRAY, 1996)

2.5.1 *El contexto operacional.* Es el medio en el cual el equipo funciona bajo determinadas circunstancias. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento completamente distintos si sus contextos operacionales son diferentes. Es por ello que antes de comenzar el análisis se debe identificar claramente el contexto operacional en el cual funciona el equipo. (MOUBRAY, 1996)

2.5.2 *Ventajas del RCM.*

- Garantiza el funcionamiento seguro y confiable de máquinas y/o equipos.
- Reducciones de costos, directos e indirectos, porque mejora la calidad del programa de mantenimiento
- Satisface las normas de seguridad y medio ambiente.
- El R.C.M. incentiva la relación entre distintas áreas de la empresa, creando de esta manera un ambiente de compañerismo al interior de la organización.
- Disminuye los costos por mantenimiento innecesarios basados en la confiabilidad de los equipos.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quién debe hacer qué para conseguirlo.

2.5.3 *Desventajas del RCM.*

- El R.C.M. requiere un amplio conocimiento acerca de la fiabilidad y mantenibilidad del sistema y todos sus componentes.

- El personal de mantenimiento necesita un amplio conocimiento sobre la funcionalidad de cada elemento de las máquinas y/o equipos.
- Requiere de mucha inversión en capacitación al personal de mantenimiento para la implementación del RCM.
- Demanda el conocimiento de normas, las cuales especifican las exigencias que debe cumplir un proceso para poder ser denominado R.C.M.
- Necesita el apoyo de todos los recursos humanos involucrados en la entidad productiva, lo cual por lo general es difícil al principio. (LLANES, 2010)

2.6 Determinación estado técnico

El estado técnico de un equipo se define como las condiciones técnicas y funcionales que presenta el mismo durante un momento determinado. (BATISTA, 2005)

De ahí que es necesario mejorar la forma constante del estado técnico de los equipos mediante los servicios de mantenimiento, los que se realizan con el fin de restituirles, en lo posible, sus características de diseño.

La inspección que se lleva a cabo para determinar el estado técnico de un equipo, deberá contemplar básicamente los siguientes aspectos:

- Consumo de energía
- Funcionamiento de mecanismos / funcionamiento de controles y mandos
- Estado de la carcasa o cuerpo del equipo
- Estado de correas, poleas y mecanismos de transmisión
- Estado de instrumentos y accesorios
- Cimentación, entre otros aspectos que variaran de acuerdo al tipo de equipo

2.6.1 *Clasificación de los equipos según su estado técnico.* Al evaluar una máquina o parte de él, su estado técnico se determina por la eficiencia que presente en relación con la que originalmente tenía. La eficiencia de una máquina se traduce en producción realizada.

Así para cada una de las diferentes valoraciones del estado técnico correspondiente inicia el mantenimiento por un servicio correspondiente: Bueno le corresponde una revisión, Regular le corresponde una reparación pequeña, Malo le corresponde una reparación media y Muy malo le corresponde una reparación general.

2.6.2 *Procedimiento para determinar el estado técnico de un equipo.* Al realizar una inspección previa se determina el estado técnico de un equipo, estas inspecciones se las puede realizar de diferentes maneras como técnicas basadas en la condición, inspecciones visuales, etc. (BATISTA, 2005)

2.7 Técnicas basadas en la condición

2.7.1 *Termografía.* Es un método de inspección de equipos eléctricos y mecánicos mediante la obtención de imágenes de su distribución de temperatura. Este método de inspección se basa en que la mayoría de los componentes de un sistema muestran un incremento de temperatura en mal funcionamiento. El incremento de temperatura en un circuito eléctrico podría deberse a una mala conexión o problemas con un rodamiento en caso de equipos mecánicos. Observando el comportamiento térmico de los componentes pueden detectarse defectos y evaluar su seriedad.

2.7.2 *Análisis de vibraciones.* El análisis espectral de vibraciones consiste simplemente en realizar una transformación de una señal en el tiempo al dominio de la frecuencia, donde podemos identificar la vibración característica de cada uno de los componentes o defectos que puede presentar nuestro equipo.

El análisis de vibraciones es uno de los indicativos más claros del estado de una máquina. Bajos niveles de vibración indican equipo en buen estado, cuando estos niveles se elevan está claro que algo comienza a ir mal. Hasta ahora, se considera como medida de la amplitud de la vibración de un objeto el desplazamiento, .El desplazamiento es

sencillamente la distancia al objeto desde una posición de referencia o punto de equilibrio. La velocidad se define como la proporción de cambio en el desplazamiento y se mide por lo general en in/s (pulgadas por segundo) o mm/s. La aceleración se define como la proporción de cambio en la velocidad y se mide en g (la aceleración promedio debida a la gravedad en la superficie de la tierra) o mm/s². (GARCÍA, 2013)

2.8 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es un procedimiento que permite formar jerarquías o prioridades de procesos, sistemas y equipos, formando una estructura que facilita la toma de decisiones, enfocando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.

El análisis de criticidades genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: crítico, semicrítico y no crítico. (JUAREZ, 2007)

Los aspectos para evaluar un análisis de criticidad son los siguientes, pero cabe recalcar que estos pueden cambiar de acuerdo al contexto operacional:

2.8.1 *Causas de paradas no planeadas.*

- Seguridad y salud (SS)
- Medio ambiente (MA)
- Calidad y productividad (CP)
- Producción (P)

2.8.2 *Operación del equipo.*

- Tiempo de operación (TO)
- Intervalo entre actividades (TBF)

- Tiempo y costo de mantenimiento (MT)

El uso del análisis de criticidad permite la toma de decisiones acertadas y correctas, permitiendo así ahorro y priorizar tareas. Adicionalmente se encuentran otros beneficios por direccionar el presupuesto en áreas de mayor rentabilidad para una organización. La lista realizada, permite definir prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

2.9 AMEF (Análisis de modo y efecto de falla)

El AMEF se formó en 1949 en la NASA, se utilizó como una herramienta para poder evaluar la confiabilidad de los equipos y sistemas. Hoy en día el AMEF es utilizado en todas partes del mundo.

Es un procedimiento que permite identificar fallas potenciales de un producto, proceso, o servicio y que a partir de un análisis de cómo se dan, que efecto produce y frecuencia de estas fallas, se clasifican así de esta manera priorizando equipos y sistemas que requieran atención urgente. (BERNAL, 2013)

Para la elaboración del AMEF se debe tomar en cuenta varios parámetros detallados a continuación:

- Función
- Falla funcional
- Modo de falla
- Efecto de modo de falla
- Consecuencia del modo de falla

2.9.1 *Función.* Es la misión de un activo para el cual fue adquirido, la enunciación de una función debe consistir de un verbo, un objeto, y el nivel de desempeño deseado. La función primaria de un bien es la razón por lo cual el equipo fue comprado por lo cual es el único motivo por lo cual el bien existe, mientras que las funciones secundarias son las que se espera que un equipo cumpla como extras, estas funciones secundarias pueden asociarse con el medio ambiente, estructura, protección, que el equipo ofrezca aparte de

la función para el cual fue adquirido.

2.9.2 *Falla funcional.* Es la incapacidad de un activo de cumplir con las funciones que el usuario espere que las realice, es decir es la negación de la función. Sin embargo, antes de poder aplicar una solución, necesitamos identificar qué fallas se están produciendo.

2.9.3 *Modo de falla.* Es cualquier suceso que cause una falla funcional, es decir es la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función, además es muy importante analizar los modos de falla ya que en las empresas se presentan en un número de formas y requieren una solución acorde y sistemática. Hay que tomar también en cuenta errores humanos, errores de diseño y errores administrativos ya que no todos los modos de falla se refieren al deterioro y desgaste.

2.9.4 *Efecto de falla.* Describe que sucede cuando se presenta un modo de falla, al momento de describir los efectos de falla se debe respaldar con toda la información necesaria como que evidencia se ha dado, en qué medida, de qué manera, que daño, que debe hacerse para reparar, etc.

2.9.5 *Consecuencia de falla.* Se trata de cómo afecta el modo de fallo al equipo y al medio que lo rodea y se define en función a los aspectos que son de mayor importancia como el de seguridad, medio ambiente, operacionales, no operacionales y fallas ocultas. (MOUBRAY, 1996)

Para el análisis de diagrama de decisión o árbol de evaluación de tareas de mantenimiento se codifica las consecuencias de los modos de fallo, quedando de la siguiente manera:

- H: oculta
- S: seguridad
- E: ambiental
- O: operacional
- N: no operacional

2.10 Árbol de evaluación de tareas

El árbol de evaluación de tareas en el RCM, nos sirve para identificar que tareas son factibles realizar, quién debe hacerlas y con qué frecuencia realizarlas. Nos ayuda a decidir si una acción vale o no realizarla, esto dependerá de las características técnicas de la tarea y de la falla que se pretende prevenir o solucionar, todo esto a fin de analizar a profundidad los equipos y obtener una referencia de trabajo adecuada.

Figura 2. Árbol de evaluación de tareas
(Anexo H)
Fuente: (MOUBRAY, 1996)

Para fallas ocultas la tarea se justifica si reduce significativamente el riesgo de que la falla se múltiple, si esto no es posible, debe realizarse una tarea de búsqueda de falla. De no encontrarse una tarea de búsqueda de falla que sea adecuada, la decisión es que el componente pueda ser rediseñado.

Para fallas con consecuencias ambientales o de seguridad, una tarea sólo se justifica si por sí sola disminuye el riesgo de la falla a un nivel muy bajo, o lo elimina. Si no puede encontrarse una tarea que reduzca el riesgo a niveles aceptablemente bajos, entonces el componente debe ser rediseñado o debe modificarse el proceso.

Si la falla tiene consecuencias operacionales, una tarea se justifica si el costo total de realizarla a lo largo de un determinado tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación en el mismo tiempo, es decir, la tarea debe tener justificación económica. Si no se puede justificar, la decisión es ningún mantenimiento, si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión es el rediseño.

Si una falla tiene consecuencias no operacionales, solo se justifica una tarea si el costo de la tarea a lo largo de un determinado tiempo es menor que el costo de reparación en el mismo tiempo. Es decir estas tareas también deben tener justificación económica. Si no se puede justificar, la decisión es otra vez ningún mantenimiento, y si los costos son demasiado elevados entonces la siguiente decisión es el rediseño. (MOUBRAY, 1996)

2.11 SisMAC (Sistema de mantenimiento asistido por computadora)

Años atrás se pensaba que el mantenimiento consistía solamente en reparar equipos cuando estos se dañaban, en nuestros días este concepto es obsoleto, y en la actualidad se utiliza herramientas tecnológicas como son los software de mantenimiento que se ha convertido en un campo altamente especializado, estos programas suelen conocerse como GMAO (Gestión de mantenimiento asistida por ordenador) y GMAC en Latinoamérica (Gestión de mantenimiento asistida por computadora).

En estos programas se requiere información inmediata en lo referente a: costos de mantenimiento, índices de mantenimiento, disponibilidad de equipos, fiabilidad, cronogramas de mantenimiento, etc. Para poder planificar, ejecutar y evaluar la administración y ejecución del mantenimiento, todo esto debido a:

- El porcentaje que representan los gastos de mantenimiento en los costos de producción.
- La necesidad de cada día alcanzar estándares más altos.
- El alto costo de sustitución de los equipos.
- La existencia de un mercado en permanente globalización y altamente competitivo.

SisMAC es un sistema de mantenimiento asistido por computador, que ha mantenido constantes convenios con la ESPOCH, para el mejoramiento de la gestión de mantenimiento en la institución, el SisMAC es un software para la gestión del mantenimiento muy interactivo con gráficas, diferentes módulos, parámetros de gestión e incluso en la actualidad con aplicación móvil. La dificultad de llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento que asegure que los módulos de los laboratorios de la Facultad de Mecánica estén disponibles para realizar las prácticas de los estudiantes, es una causa para lo cual se recurrió a la implementación del sistema de mantenimiento asistido por computador SisMAC.

El SisMAC es un software eficiente diseñado para generar mejoras continuas permitiendo incrementar la producción, optimizar recursos, mejorar la utilización de mano de obra y

la calidad en general. Ésta opción puede administrar toda la gestión de mantenimiento de una empresa o institución y llegar a convertirse en una herramienta de trabajo irremplazable para la gerencia, jefaturas y usuarios claves de mantenimiento, ya que fue creado para ayudar a optimizar el mantenimiento en general.

Figura 3. Capacidad de gestión del SisMAC



Fuente: (C&V Ingeniería Cia.Ltda)

SisMAC usa como base de datos Access o cualquier otro tipo de base de datos que permita utilizar conectividad ODBC como son: SQL Server, Oracle, Informix, DB2, SQL Base, entre otras y su lenguaje de programación es Visual Basic, SisMAC significa sistema de mantenimiento asistido por computador. SisMAC necesita como mínimo un computador Pentium II (o su equivalente) con 16Mb en memoria RAM y Windows 95 o superior, es decir que su requerimiento tecnológico es muy accesible para los usuarios. Entre las características principales tenemos:

- Multi-usuario.
- Multi-empresa.
- Paramétrico.

2.11.1 Módulos SisMAC. El programa consta de varios módulos, sub módulos y utilitarios. A continuación se detalla una lista de los principales módulos del SisMAC:

- Infraestructura
- Fichas técnicas
- Lista de base de recambios (LBR)
- Mantenimiento

- Inventarios
- Compras
- Activos
- Personal

Figura 4. Principales módulos del SisMAC



Fuente: sismac.net

2.11.2 Características del SisMAC.

- Usa un código de estructura inteligente y jerárquica, que permite ubicar los diferentes bienes a mantener. Este tipo de código utiliza una secuencia lógica de niveles de información. Ej.: 1.- Localizaciones (Ubicaciones principales), 2.- Áreas (Dependencias), 3.- Sistemas (Vehículos, Maquinarias), 4.- Equipos (Motor de combustión, Sistema eléctrico, etc.), 5.- Componentes, 6.- Elementos; asociados con un banco estándar de familias de bienes/equipos.
- Es paramétrico, lo que permite al usuario definir cualquier equipo a mantener, por ejemplo: maquinaria industrial, vehículos, edificios, equipos de oficina, equipo médico y todo lo que el cliente crea conveniente y necesite programar y controlar.

2.11.3 Principales funciones SisMAC.

- Se puede asignar calendarios y programas de mantenimiento para cada una de las instalaciones.
- Permite desglosar los bienes - equipos con sus respectivos códigos de parte para

facilitar los pedidos de compra.

- Permite vincular materiales, repuestos, herramientas existentes en bodega con cada uno de los equipos y asignarlos a cada una de las tareas de mantenimiento de los mismos.
- Permite crear vínculos con la documentación técnica (manuales, planos no digitalizados, etc.) que posee la empresa en su archivo técnico (biblioteca).
- Permite asignar a cada uno de los bienes/equipos información técnica computarizada como son: planos en AutoCAD u otro graficador, fotografías digitales, imágenes, etc.
- Posee una poderosa herramienta de interfaz con otras aplicaciones, que permite vincular entre otras, la información de inventarios de bodega, la misma que debe estar disponible de manera permanente para una adecuada planificación de las actividades a realizar.
- Además, permite parametrizar esta información junto con datos requeridos para la programación como son caducidad del material, equivalencias, etc.
- Le permite al usuario asignar instructivos de cómo llevar a cabo cada una de las tareas; estas pueden contener detalles de tipo texto y/o gráfico (imágenes y/o video).

2.11.4 *Arquitectura SisMAC.* Sistema operativo requerido: Windows 9x, NT, Me, XP, 2000, Vista, 7, o superior. Base de datos: Informix, DB2, Oracle, SQL Server, MS Access, Cualquiera otra que permita conectividad ODBC.

- **Instalación:** No se requiere un servidor de aplicaciones, los módulos (aplicaciones ejecutables y archivos de configuración), documentos (archivos .doc, .xls, .PDF, etc.) e información multimedia (imágenes, video, planos digitalizados, etc.) se encuentran guardadas en la base de datos que contiene la información general SisMAC. Solo se requiere de una instalación genérica en cada cliente con los accesos directos de SisMAC, y acceso a la base de datos.

- **Ejecución:** La ejecución de los módulos es local, de manera que no afecta el tráfico en la red. SisMAC actualiza automáticamente las aplicaciones desde la base de datos al PC usuario.

2.11.5 *Soporte técnico y contactos SisMAC.* Posee soporte local; lo que representa un ahorro grande en los costos de implementación y consultoría, además de contar con un grupo profesional multidisciplinario de amplia experiencia, para asegurar una implementación de alta calidad. (C&V Ingeniería Cia. Ltda)

CAPÍTULO III

3. PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD

Para realizar el presente trabajo de titulación se escogió la metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), debido a que presenta ventajas frente a las demás metodologías de planes de mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante y planes de mantenimiento basados en protocolos:

- Analiza todos los modos de fallo que se puedan presentar
- Se describe efectos y consecuencias de modos de fallo
- Se adapta al contexto operacional de los equipos de los laboratorios de la Facultad de Mecánica
- Se determina acciones para garantizar disponibilidad
- Analiza y prioriza equipos críticos
- Es la metodología que analiza más parámetros que las demás

Existen más metodologías para la implementación de un plan de mantenimiento las mismas que no ofrecen las mismas características que las del RCM. Los planes de mantenimiento basados en las instrucciones del fabricante presentan algunos inconvenientes por los cual no se escogió esta metodología:

- No se ajusta al contexto operacional de los equipos, ya que los fabricantes los hacen para uso generalizado.
- La mayoría de los equipos de los diferentes laboratorios de la Facultad de Mecánica fueron adquiridos en la época de los 80, al pasar de los años se han extraviado los diferentes manuales de los mismos.

De la misma manera los planes de mantenimiento basados en protocolos, presenta algunas desventajas en comparación con el RCM:

- Agrupa a diferentes equipos tipo y asigna tareas de mantenimiento para todos ellos.

- No diferencia el contexto operacional
- Las tareas de mantenimiento asignadas son muy generalizadas y no son puntuales
- No se analiza ni se prioriza equipos críticos que puedan fallar y afectar la disponibilidad de un sistema

3.1 Evaluación plan de mantenimiento anterior

Los planes de mantenimiento existentes fueron realizados mediante tesis de grado los cuales se basan principalmente en recomendaciones generales de cada tipo de máquina de acuerdo a cada encargado de los diferentes laboratorios. Por lo que existió la necesidad de revisar esta información, y realizar un plan de mantenimiento según su contexto operacional, analizando el actual estado técnico de los equipos los cuales se realizan con técnicas basadas en la condición, luego se realizó el respectivo análisis de criticidad y finalmente se hizo el análisis AMEF.

Tabla 1. Planes de mantenimiento anteriores

	Tareas de Mantenimiento
	TABLA DE TAREAS
	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA
Versión: 2013	

#	Tarea	Ide.	Superficie
01	LIMPIEZA EXTERNA	a	Pintura
		b	Mixto

#	Tarea	Ide.	Superficie
02	LIMPIEZA INTERNA	a	Metálica
		b	Circuitos
		c	Reservorios

#	Tarea	Ide.	Superficie
03	INSPECCIÓN	a	Externa
		b	Interna

#	Tarea	Ide.	Tipo
04	LUBRICACIÓN O ENGRASE	a	Externo
		b	Interno

#	Tarea	Ide.	Tipo
05	AJUSTES	a	Internos
		b	Externos

#	Tarea	Ide.	Lugar
06	CONDICIONES AMBIENTALES	a	Opera
		b	Almacena

Tabla 1. (Continuación)

#	Tarea	Ide.	Tipo
07	PRUEBAS FUNCIONALES	a	Completa
		b	Por Partes.

#	Tarea	Ide.	Tipo
08	CORRECCIÓN DE SUPERFICIE	a	Pintura
		b	Metálica

#	Tarea	Ide.	Tipo
09	CALIBRACIÓN	a	Instrumentos en general
		b	Manómetro
		c	Tacómetro óptico

#	Tarea	Ide.	Tipo
10	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	a	Eléctricas
		b	Mecánicas
		1	Rodamientos
		2	Bandas
		3	Acoples
	4	Sellado	

Fuente: Valdivieso Noboa Miguel Ángel

En los planes de mantenimiento anteriores no se realizaba un análisis previo del estado técnico actual de los equipos, solo se asignaba tareas de mantenimiento de acuerdo a las recomendaciones de los encargados de los diferentes laboratorios, muchas de las veces estas tareas eran generalizadas y no se ajustaban al contexto operacional en el cual se desenvuelvan los equipos.

Además no se contaba con un software de mantenimiento en el cual se pudiese controlar el historial de averías, repuestos utilizados, tiempos de ejecución, entre otros parámetros de mantenimiento.

Tabla 2. Listado de repuestos utilizados en planes de mantenimiento anteriores

 	Repuestos
	Ficha de registro
Versión: 2013	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA HIDRÁULICA

Año: 2010

Cantidad	Nombre	Características

Fuente: Valdivieso Noboa Miguel Ángel

3.2 Listado de equipos operativos y no operativos en los laboratorios

Para realizar el inventario se recurrió a las oficinas de control de bienes y a los encargados de los diferentes laboratorios, recopilando información de los estados operativos de los equipos y número de veces utilizados al semestre, con esta información se tiene una idea más clara del contexto de tiempo en que trabajan los diferentes equipos.

Todo bien de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con un código de control de bienes, más el presente trabajo se codificó los equipos de acuerdo a las necesidades técnicas de la Facultad y del software de mantenimiento asistido por computador SisMAC.

Tabla 2. Equipos del Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Mecánica


Equipos del Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Mecánica			
Código control bienes	Equipo	Estado de operatividad	Veces utilizado en el semestre
9506	Banco hidrostático	Operativo	1
9571	Generador de vórtice	Operativo	1
9578	Mesa de flujo laminar	Operativo	1
9605	Banco hidráulico	Operativo	1
9617	Osborne Reynolds	Operativo	1
9823	Aparato de ensayo de orificios	Operativo	1
9845	Canal de flujo ajustable	Operativo	1
10719	Canal regulador de flujo	Operativo	1
9514	Banco de bombas centrífugas	Operativo	1
1709	Viscosímetro Saybolt	Operativo	1
9555	Sistema Hidrocínético	No operativo	-
9612	Aparato teorema Bernoulli	No operativo	-

Tabla 1. (Continuación)

9613	Aparato de Hidrostática	No operativo	-
9614	Aparato de impacto de chorro	No operativo	-
9615	Aparato de salida de líquidos	No operativo	-
9616	Tubo de fricción	No operativo	-
9844	Tubo de prandtl	No operativo	-
8368	Controlador de temperatura	No operativo	-

Fuente: Autor

Tabla 3. Equipos del Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Mecánica

Equipos del Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Mecánica			
Código control bienes	Equipo	Estado de operatividad	Veces utilizado en el semestre
9507	Compresor de aire	Operativo	6
8370	Deshidratador de alimentos	Operativo	6
49533	Banco de pruebas de caudal	Operativo	6
49643	Banco de pruebas de presión	Operativo	6
49563	Banco de control de temperatura	Operativo	6
49631	Banco de control automático	Operativo	6
8370	Horno de tool galvanizado	No operativo	-
8371	Motor eléctrico corriente alterna	No operativo	-
49638	Equipo medición y control nivel	No operativo	-

Fuente: Autor

Tabla 4. Equipos del Laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica


Equipos del Laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica			
--	--	--	---

Tabla 3. (Continuación)

Código control bienes	Equipo	Estado de operatividad	Veces utilizado en el semestre
77930	Turbina Pelton	Operativo	4
10623	Turbina Francis(10623)	Operativo	4
10633	Turbina Kaplan	Operativo	4
10657	Chimenea de equilibrio	Operativo	4
10652	Turbina Francis(10652)	Operativo	4
10663	Aparato de pérdidas en tuberías	Operativo	4
10773	Ariete hidráulico	Operativo	4
10739	Turbina axial eje horizontal	Operativo	4
10774	Turbina axial de helice	Operativo	4
10651	Turbina Michael Banki	No operativo	-
10656	Bomba de Tornillo	No operativo	-
10736	Tanque mobile bend	No operativo	-
10772	Ariete hidráulico	No operativo	-
10777	Molinete hidráulico	No operativo	-
10775	Teodolito	No operativo	-
10778	Teodolito	No operativo	-
10738	Hidrociclón	No operativo	-
10740	Bomba electro sumergible	No operativo	-
84247	Tanque motor Weg	No operativo	-

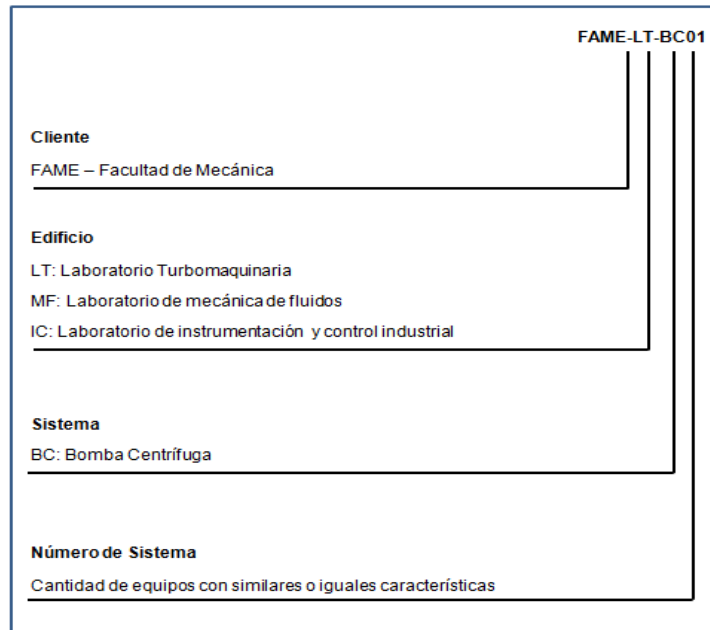
Fuente: Autor

3.3 Codificación de equipos

Para el sistema de codificación de equipos se tomó varios aspectos en cuenta como son: la ubicación, el laboratorio al cual pertenece y el número de equipos con iguales o similares características. Para la codificación se basó en la estructura de códigos del software de mantenimiento SisMAC, ya que una vez recopilada toda la información necesaria se procedió a subir la información técnica y tareas de mantenimiento a dicho software mencionado.

Estos códigos técnicos realizados, son totalmente independientes a los que se utilizan en la unidad de control de bienes de la ESPOCH, es decir son de uso técnico interno para la Facultad, ya que para manuales de usuario, tareas de mantenimiento e identificación de equipos se necesita códigos técnicos. En la siguiente ilustración se muestra la manera en que se realizó la estructura de codificación para los diferentes equipos.

Figura 5. Estructura para codificación de equipos



Fuente: Autor

3.3.1 Listado de codificación de sistemas Laboratorio de Fluidos.

Tabla 5. Codificación de sistemas del Laboratorio de Fluidos

Codificación de equipos del Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Mecánica	
Equipo	Código técnico
Banco hidrostático	FAME-MF-BH01
Generador de vórtice	FAME-MF-GV01

Tabla 4. (Codificación)

Mesa de flujo laminar	FAME-LF-FL01
Banco hidráulico	FAME-LF-HB01
Osborne Reynolds	FAME-MF-OR01
Aparato de ensayo de orificios	FAME-MF-EO01
Canal de flujo ajustable	FAME-MF-FA01
Canal regulador de flujo	FAME-MF-RF01
Banco de bombas centrífugas	FAME-MF-BC01
Viscosímetro Saybolt	FAME-MF-VS01
Sistema Hidrocinético	FAME-MF-SH01
Aparato teorema Bernoulli	FAME-MF-TB01
Aparato de Hidrostática	FAME-MF-HS01
Aparato de impacto de chorro	FAME-MF-IC01
Aparato de salida de líquidos por orificios	FAME-MF-SO01
Tubo de fricción	FAME-MF-TF01
Tubo de prandtl	FAME-MF-TP01
Controlador de temperatura	FAME-MF-CT01

Fuente: Autor

3.3.2 Listado de codificación de sistemas Laboratorio de Instrumentación.

Tabla 6. Codificación de sistemas del Laboratorio de Instrumentación


Codificación de equipos del Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Mecánica	
Equipo	Código técnico
Compresor de aire	FAME-IC-CP01
Deshidratador de alimentos	FAME-IC-DH01
Banco de laboratorio para realizar pruebas de caudal	FAME-IC-PC01
Banco de pruebas de presión	FAME-IC-PP01

Tabla 5. (Continuación)

Banco de control de temperatura	FAME-IC-CT01
Banco de control automático y control industrial	FAME-IC-CI01
Horno de tool galvanizado	FAME-IC-HT01
Motor eléctrico corriente alterna	FAME-IC-ME01
Equipo medición y control nivel	FAME-IC-CN01

Fuente: Autor

3.3.3 Listado de codificación de sistemas Laboratorio de Turbomaquinaria.

Tabla 7. Codificación de sistemas del Laboratorio de Turbomaquinaria

Codificación de equipos del Laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica	
Equipo	Código técnico
Turbina Pelton	FAME-LT-TP01
Turbina Francis(10623)	FAME-LT-TF01
Turbina Kaplan	FAME-LT-TK01
Chimenea de equilibrio	FAME-LT-CHE01
Turbina Francis(10652)	FAME-LT-TF02
Banco de pérdidas	FAME-LT-BP01
Bomba centrífuga	FAME-LT-BC01
Bomba recíprocante	FAME-LT-BR01
Ariete hidráulico	FAME-LT-AH01
Turbina axial eje horizontal	FAME-LT-TH01
Turbina axial de helice	FAME-LT-TA01
Turbina Michael Banki	FAME-LT-TM01
Bomba de Tornillo	FAME-LT-BT01
Tanque mobile bend	FAME-LT-MB01

Tabla 6. (Continuación)

Ariete hidráulico	FAME-LT-AH02
Molinete Hidráulico	FAME-LT-MB01
Teodolito	FAME-LT-TE01
Teodolito	FAME-LT-TE02
Hidrociclón	FAME-LT-HC01
Bomba electro sumergible	FAME-LT-BE01

Fuente: Autor

3.4 Fichas técnicas

Para la elaboración de las fichas técnicas se consideró varios aspectos importantes como son los siguientes:

- Marcas
- Modelos
- Tipos
- Capacidades de los equipos
- Dimensiones
- Materiales
- Rangos de operación, etc.







También se notó la necesidad de ubicar en la ficha técnica año, número de ficha, código, ubicación, fuente de la información, entre otros campos que son importantes para diferenciar las distintas fichas técnicas.

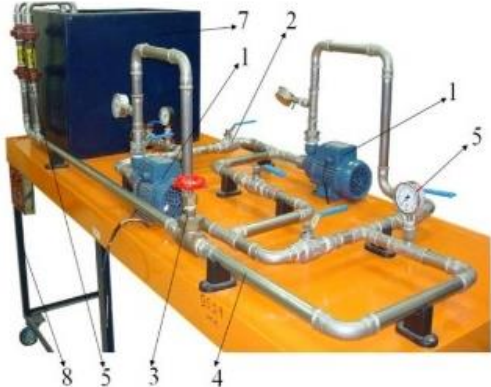

Estas fichas técnicas proporcionan al operador la facilidad de identificar los equipos según sus características específicas. Su elaboración es un paso fundamental en la aplicación del RCM estas fichas serán aplicadas en cada uno de los distintos laboratorios.

Los principales detalles que se deben tener en cuenta de una ficha técnica son las funciones del equipo, sus componentes principales, el lugar al que pertenece y su debida codificación, una descripción gráfica, sus sub-elementos entre otras características.

Tabla 8. Ficha técnica banco de bombas centrífugas

	BANCO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	Ficha N°: 9
		Código: FAME-MF-BC01
	FICHA TÉCNICA	Ubicación: EIM
2016	LABORATORIO DE FLUIDOS	Fuente: Adquisición

#	Nombre	Características o Sub-elementos	Equipo
1	Bomba Centrífuga	Cantidad: 2 Marca: Pedrollo Modelo: Pk 60 Potencia: 0.37 Kw \approx 0.50 Hp Caudal Máximo: 40 l/min \approx 2.4 m ³ /h Altura máxima: 40 m Velocidad: 3450 rpm Voltaje: 110 v Amperaje: 5.5 A	
2	Válvula de bola	Cantidad: 6 Marca: Hidrinox Tipo: Llave de paso rápido Diámetro: 1 pulg	
3	Válvula de globo	Cantidad: 1 Tipo: De asiento Diámetro: 1 pulg	
4	Tubería	Tipo: Hidrinox Diámetro: 1 pulg	
5	Manómetro	3 Marca: Ashcroft 1. Rango 0 - 60 Psi 2. Rango 0 - 160 Psi 3. Rango 0 - 100 Psi 1 Marca Jumo 4. Rango 0 - 15 Psi	
6	Caudalímetro	Marca: Hedland Rango: 1 - 16 GPM; 5- 60 LPM Precisión: dentro del \pm 5%	
7	Tanque reservorio	Dimensiones: 50x50x60cm Material :Fibra de vidrio Color: azul	Observar en el grafico inferior
8	Soporte	Dimensiones: 83.5 x 78 x 2,80 cm. y 4 Ruedas	

COMPONENTES PRINCIPALES	CAJA DE CONTROL	COMPONENTES PRINCIPALES
	 <p>a. Switch Bomba 1 b. Switch Bomba 2</p>	<p>1. Bomba Centrífuga 2. Válvula de bola 3. Válvula de globo 4. Tubería 5. Manómetro 6. Caudalímetro 7. Tanque reservorio 8. Soporte</p>



Fuente: Autor

Tabla 9. Ficha técnica primera parte banco de pruebas de presión

#	Nombre	Características o Sub-elementos	Equipo
		BANCO DE PRUEBAS DE PRESIÓN	Ficha N°: 14
		FICHA TÉCNICA	Código: FAME-IC-PP01
2016		LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN	Inventario: 49643
			Ubicación: EIM
			Fuente: Adquisición / Tesis
1	Controlador de Presión	Marca: COLÉ-PARMER INSTRUMENT COMPANY Modelo: 68502-10 ; Made in: USA Rango de temperatura de operación: 2CF a 120°F Rango de control: 0-100 psi Exactitud: 1.ess que 1% de Span Presión de suministro: 0% a 110% de presión de salida Repetibilidad: 1.ess que 0.5% del Span Histéresis: menos de 0.5% del Span	
2	Controlador digital de Presión	Marca: Full Cauge Modelo: (PCT-100) Presión de control: 0-500 psi Fuente de alimentación:127-220 Vac 50/ 60Hz Resolución: 1 psi; Corriente max: 10 Amp; Dimensiones: 70x28x60 mm Humedad de operación:10 hasta 90% HR Temperatura de operación: 0hasta 60°C	
3	Transductor	Marca: Full Cauge ; Modelo: VB48-500V Alimentación directa: 5Vdc Rango de Presión: 0-500 psi Temperatura de operación: -40 hasta 125°C Señal de salida: 0.5 a 4.5 Vdc Compatibilidad: Fluidos refrigerantes (incluso amoniaco)	
4	Manómetro digital	Marca: ASHCROFT Modelo: 1009951 Rango: 0 a 100 psi Power: 12 a 36 VDC Resolución: 0.005 psi Exactitud:0.25% balanza llena Unidad de medida: psi, H2O Compatibilidad de comunicación: 17-4 y 316 acero inox.	
5	Tanque de almacenamiento	Presión de diseño: 150 psi Presión de trabajo: 100 psi Espesor: t actual = 0.3 cm Diámetro interno = 26.4 cm Diámetro externo = Do = 27 cm	
6	Electroválvula	Diámetro nominal: ½ plg Voltaje: 120V Frecuencia: 60Hz Factor de flujo: 5 cv Presión diferencial Bobina: 8W	
7	Caja De Sistema Electrónico	1 Contactor Lg MEC (#polos 3; 60 Hz; AC1/32A;AC37.5kW 32A) 1 Relé (RELECO Serie IR-C ;115 VAC; 10A); 1 Relé(6A , 12VDC)	Observar parte correspondiente en el gráfico inferior


Fuente: Autor

Tabla 10. Ficha técnica segunda parte banco de pruebas de presión

		2 Breakers CAMSCORT18-32/1P (32 A; 1 Polo; 500 V) 1 Adaptador universal: 0-18 VDC	
8	Manómetro y Válvulas	Marca: Mariolo Rango: 0-100 psi Conexión: 1/4 "	Accesorios, válvulas y tubería de Hidrinox de ¼ plg inoxidable.
9	Filtro de aire	# De Filtro de aire: 4 Recipiente transparente: 10 Bar (150 psig) Temperatura en operación: Recipiente transparente: -20°C a 50°C Recipiente metálico: -20°C a 80°C	Observar parte correspondiente en el gráfico inferior
10	Compresor de aire	Marca: Donsong Potencia: 2Hp ; Voltaje: 110VAC ; 60Hz ;15 A RPM:3400rpm ; 0.8 MPa Max ; 25m3/min a 0.6MPa	
COMPONENTES PRINCIPALES			
			COMPONENTES PRINCIPALES 1. Controlador de Presión 2. Controlador digital de Presión 3. Transductor 4. Manómetro digital 5. Tanque de almacenamiento 6. Electroválvula 7. Caja De Sistema Electrónico 8. Manómetro y Válvulas 9. Filtro de aire 10. Compresor de aire
TABLERO DE CONTROL 1 		SISTEMA ELÉCTRICO 	TABLERO DE CONTROL 1 1. Botón ON/OFF del controlador 0-100 psi y manómetro digital 2. Botón ON/OFF de la electroválvula 3. Controlador de presión 0-500 Psi PCT-100 4. Botón ADJUST del instrumento 5. Indicador encendido/apagado electroválvula
TABLERO DE CONTROL 2 			TABLERO DE CONTROL 2 6. Controlador 0-100 Psi 7. Selector de señal del instrumento 8. Perilla reguladora 9. Salida de aire 10. Descarga de aire

Fuente: Autor

Tabla 11. Ficha técnica primera parte bomba centrífuga

	<h2 style="margin: 0;">BOMBA CENTRÍFUGA</h2>	Ficha N°: 23
		Código: FAME-LT-BC01
FICHA TÉCNICA		Inventario: 09939
2016	LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA	Ubicación: Edificio EIM
		Fuente: Adquisición

EQUIPO	BOMBA CENTRÍFUGA	
Ubicación: ESPOCH, Facultad de Mecánica, Laboratorio de Turbomaquinaria Hidráulica		
Marca: ARMFIELD	No Inventario: 09939	Comprado a: ARMFIELD LTDA
Modelo: R2 CENTRIFUGAL PUMP TEST SET	Año de compra: 1980	Peso: 106.1 Kg
Número de serie	Dimensiones: 2000x1365x800mm	Año de Avalúo: 2003
Año de fabricación:		
DATOS TÉCNICOS		
Tipo de bomba: Impulsor centrífugo abierto	Diámetro del impulsor: 127mm	No de alabes: 6
Capacidad de reservorio: 420 litros	Capacidad del Tanque volumétrico: 140 Litros	Tipo de alabes: Curvados hacia atrás
Caudal Max: 2,66 l/s	Caudal Min: 1,83 l/s	

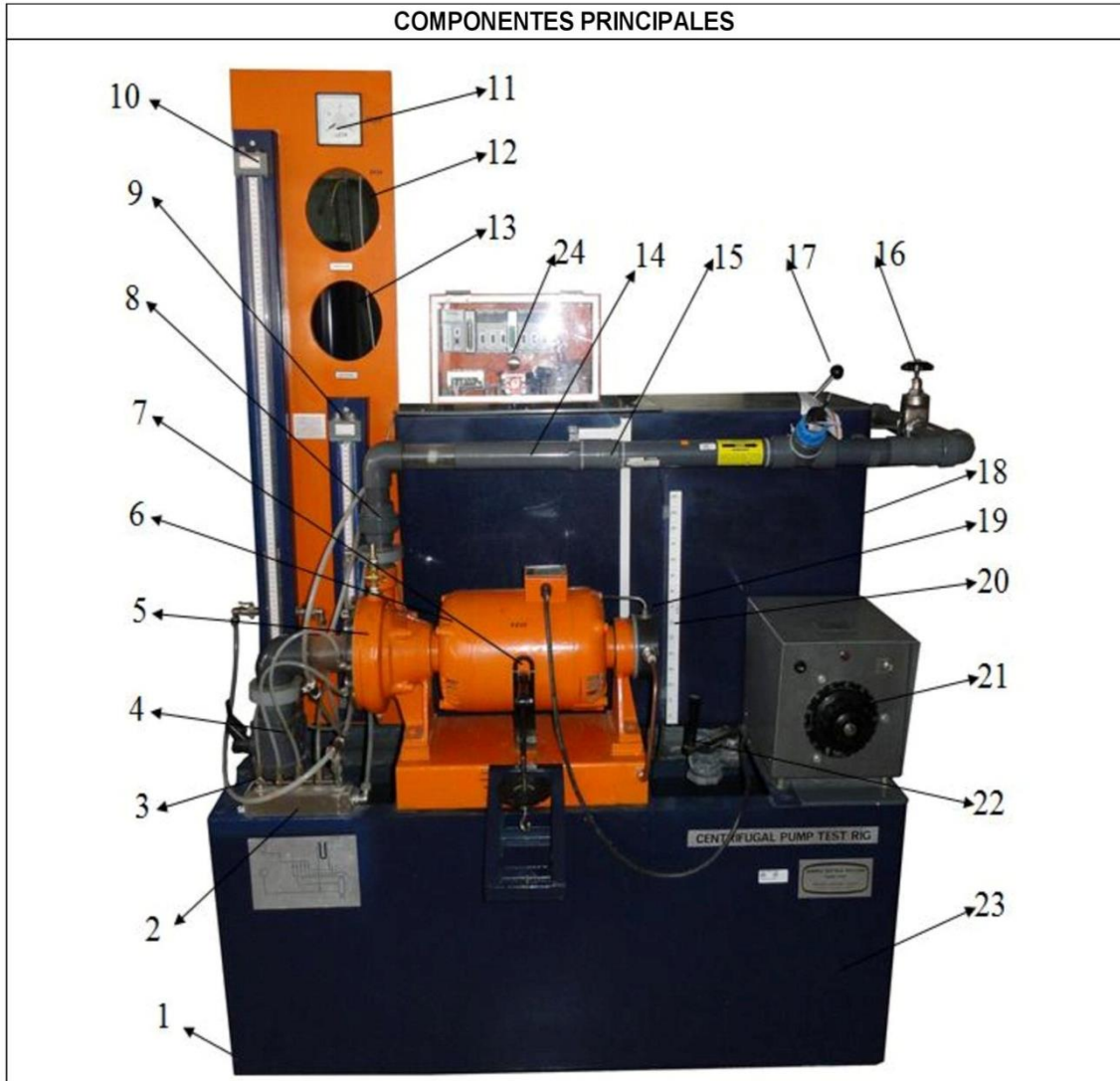
EQUIPO	MOTOR	
DATOS TÉCNICOS		
Tipo de motor: SHUNT	Capacidad:	Fase: Monofásico
Marca: BROOCK CROMPTON PARKINSON	Potencia: 2.1 HP	Frame: 7B
Modelo:	Amperaje: 9.3 A	Velocidad del eje: 0-3000 rpm
Número de serie: 160L	Voltaje: 220V	Relación: 1.6 kw a 2900 rpm
Año de fabricación:	Corriente: Continua	Radio de brazo de torque: 204 mm

PARTES PRINCIPALES							
#	Nombre	Cant	Características	#	Nombre	Cant	Características
1	Válvula de drenaje	1	Son de bronce de cierre rápido	13	Vacuómetro	1	Mide la presión en la succión
2	Múltiple	1		14	Tubería de descarga	1	De 1 1/2 "
3	Válvula de cierre rápido	1	en la succión	15	Venturi	1	De 1"
4	Tubería de succión	1	2" de diámetro	16	Válvula de descarga	1	De 1"
5	Bomba	1	Impulsor centrífugo abierto	17	Palanca para desviar el flujo	1	Cambia la dirección del fluido
6	Motor	1	Shunt 2.1HP 0-3000 rpm	18	Tanque de medición volumétrica	1	Mide el volumen de agua
7	Brazo o balanza	1	Estabilidad del estator	19	Venturímetro	1	Analizar la presión en los cambios de sección
8	Bulbo de succión manual	1	Para el cebado	20	Sensor de revoluciones electromagnético	1	De 0 a 4000 rpm (no funciona)
9	Manómetro de mercurio (succión)	1	Escala de 1 mH ₂ O	21	Excitador de campo	1	Controlador de velocidad 3/3200 de 2 Hp
10	Manómetro de mercurio (descarga)	1	Escala de 0.5 mH ₂ O	22	Válvula de drenaje del tanque reservorio	1	Drena el agua para mantenimiento
11	Tacómetro	1	Rango de 0 a 2000 rpm	23	Tanque reservorio	1	Tanque de fibra de vidrio asentado sobre 4 ruedas

Fuente: Autor

Tabla 12. Ficha técnica segunda parte bomba centrífuga

12	Manómetro de mercurio (descarga)	1	Escala de 0.5 mH ₂ O	24	Caja de control	1	Sobre guardar equipos electrónicos
----	----------------------------------	---	---------------------------------	----	-----------------	---	------------------------------------



COMPONENTES PRINCIPALES

<p>1. Válvula de drenaje</p> <p>2. Múltiple</p> <p>3. Válvula de cierre rápido en la succión</p> <p>4. Tubería de succión de 2" de diámetro</p> <p>5. Bomba centrífuga con purgador de aire y cebado</p> <p>6. Motor de velocidad variable</p> <p>7. Brazo o balanza de estabilidad del estator</p> <p>8. Bulbo de succión manual para el cebado</p> <p>9. Manómetro de mercurio (succión)</p> <p>10. Manómetro de mercurio (descarga)</p> <p>11. Tacómetro</p> <p>12. Manómetro de mercurio (descarga)</p>	<p>13. Vacuómetro</p> <p>14. Tubería de descarga</p> <p>15. Venturi</p> <p>16. Válvula de descarga</p> <p>17. Palanca para desviar el flujo</p> <p>18. Tanque de medición volumétrica</p> <p>19. Venturímetro</p> <p>20. Sensor de revoluciones electromagnetico</p> <p>21. Excitador de campo</p> <p>21. Excitador de campo</p> <p>22. Válvula de drenaje del tanque reservorio</p> <p>23. Tanque reservorio</p> <p>24. Caja de control</p>
---	--

Fuente: Autor

Cabe recalcar que las demás fichas técnicas se encuentran subidas al software de mantenimiento SisMAC, y también se las puede encontrar en el anexo A, B y C.

3.5 Estado técnico de los equipos

Se determinó los estados técnicos de los equipos de los laboratorios de Fluidos, Instrumentación y Turbomaquinaria, con el fin de saber las condiciones técnicas y funcionales que presentan los equipos en un instante determinado. Partiendo del estado técnico actual se tiene una idea más clara de lo que es necesario para devolver las características de diseño original al equipo.

Para llegar al estado técnico actual de los equipos se realizó inspecciones con técnicas basadas en la condición (termografía, análisis de vibraciones), y también con inspecciones visuales y de los sentidos. Se determinó cuatro valoraciones para estado técnico de un equipo: buena, regular, mala, y muy mala dependiendo su condición en que se encuentre. Los aspectos a evaluar al momento de determinar el estado actual son:

- Consumo de energía
- Funcionamiento de mecanismos / funcionamiento de controles y mandos
- Estado de la carcasa o cuerpo del equipo
- Estado de correas, poleas y mecanismos de transmisión
- Estado de instrumentos y accesorios
- Cimentación, entre otros aspectos que variaran de acuerdo al tipo de equipo

Luego de saber en qué estado se encuentran los equipos se inicia por un tipo de servicio de mantenimiento que corresponda a cada estado técnico.



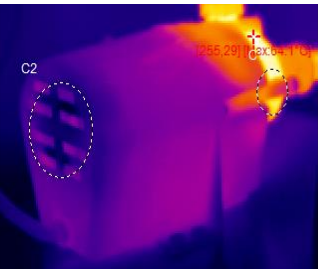


Tabla 13. Tipo de servicio de mantenimiento según su estado técnico

	Tipo de servicio de mantenimiento
Bueno	Revisión
Regular	Reparación pequeña
Malo	Reparación media
Muy malo	Reparación general

Fuente: Autor

Los estados técnicos obtenidos de los equipos se deben analizar y tener muy en cuenta para su posterior asignación de tareas de mantenimiento, ya que de esta forma se podrá optimizar recursos y poder devolver las características originales para cual fue diseñado el equipo. A continuación se presentan las tablas de evaluación de estado técnico.

Tabla 14. Estado técnico viscosímetro Saybolt

		EVALUACIÓN ESTADO TÉCNICO VISCOSÍMETRO SAYBOLT				LABORATORIO DE FLUIDOS																										
Código control de bienes: 08368			Código técnico: FAME-MF-VS01																													
Responsable Laboratorio: Ing. Fausto Andrade																																
Inf	Manuales		Planos		Repuestos																											
	Si	No	Si	No	Si	No																										
		X		X		X																										
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Image Info</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Relative Humidity</td><td>50%</td></tr> <tr><td>Max Temp</td><td>64,1 °C</td></tr> <tr><td>Ambient Temp</td><td>15,0 °C</td></tr> <tr><td>Tool</td><td>Value</td></tr> <tr><td>C1:Min Temp</td><td>31,3 °C</td></tr> <tr><td>C1:Relative Humidity</td><td>50%</td></tr> <tr><td>C1:Max Temp</td><td>62,6 °C</td></tr> <tr><td>C1:Ambient Temp</td><td>15,0 °C</td></tr> <tr><td>C2:Min Temp</td><td>21,0 °C</td></tr> <tr><td>C2:Relative Humidity</td><td>50%</td></tr> <tr><td>C2:Max Temp</td><td>35,8 °C</td></tr> <tr><td>C2:Ambient Temp</td><td>15,0 °C</td></tr> </tbody> </table>			Image Info	Value	Relative Humidity	50%	Max Temp	64,1 °C	Ambient Temp	15,0 °C	Tool	Value	C1:Min Temp	31,3 °C	C1:Relative Humidity	50%	C1:Max Temp	62,6 °C	C1:Ambient Temp	15,0 °C	C2:Min Temp	21,0 °C	C2:Relative Humidity	50%	C2:Max Temp	35,8 °C	C2:Ambient Temp	15,0 °C
Image Info	Value																															
Relative Humidity	50%																															
Max Temp	64,1 °C																															
Ambient Temp	15,0 °C																															
Tool	Value																															
C1:Min Temp	31,3 °C																															
C1:Relative Humidity	50%																															
C1:Max Temp	62,6 °C																															
C1:Ambient Temp	15,0 °C																															
C2:Min Temp	21,0 °C																															
C2:Relative Humidity	50%																															
C2:Max Temp	35,8 °C																															
C2:Ambient Temp	15,0 °C																															
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Image Info</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Relative Humidity</td><td>50%</td></tr> <tr><td>Emissivity</td><td>0,95</td></tr> <tr><td>Max Temp</td><td>71,0 °C</td></tr> <tr><td>Ambient Temp</td><td>15,0 °C</td></tr> <tr><td>Tool</td><td>Value</td></tr> <tr><td>C1:Min Temp</td><td>31,0 °C</td></tr> <tr><td>C1:Relative Humidity</td><td>50%</td></tr> <tr><td>C1:Max Temp</td><td>66,2 °C</td></tr> <tr><td>C1:Ambient Temp</td><td>15,0 °C</td></tr> </tbody> </table>			Image Info	Value	Relative Humidity	50%	Emissivity	0,95	Max Temp	71,0 °C	Ambient Temp	15,0 °C	Tool	Value	C1:Min Temp	31,0 °C	C1:Relative Humidity	50%	C1:Max Temp	66,2 °C	C1:Ambient Temp	15,0 °C						
Image Info	Value																															
Relative Humidity	50%																															
Emissivity	0,95																															
Max Temp	71,0 °C																															
Ambient Temp	15,0 °C																															
Tool	Value																															
C1:Min Temp	31,0 °C																															
C1:Relative Humidity	50%																															
C1:Max Temp	66,2 °C																															
C1:Ambient Temp	15,0 °C																															
<p>Conclusión: existe elevada temperatura en la tubería de cobre y su aislamiento, es decir el calor del fluido se dispersa en el trayecto de la bomba a la marmita de doble fondo. El equipo se encuentra en estado técnico regular</p>																																
<p>Tipo de servicio de mantenimiento requerido: revisión del aislante térmico de la tubería.</p>																																

Fuente: Autor

Al realizar el análisis de vibraciones se debe tomar en cuenta los niveles de las vibraciones esto nos ayudarán a determinar la intensidad de vibración, puesto que nos permitirá comparar los datos obtenidos con el monitoreo al momento de medir e inmediatamente hacernos una idea de cómo se encontrarían los diferentes activos sometidos a este análisis.

Tabla 16. Estado técnico turbina Pelton


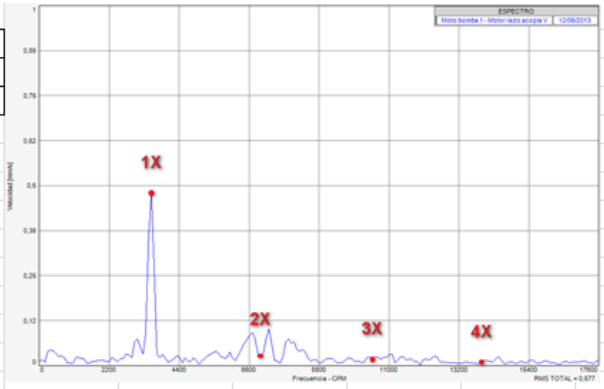
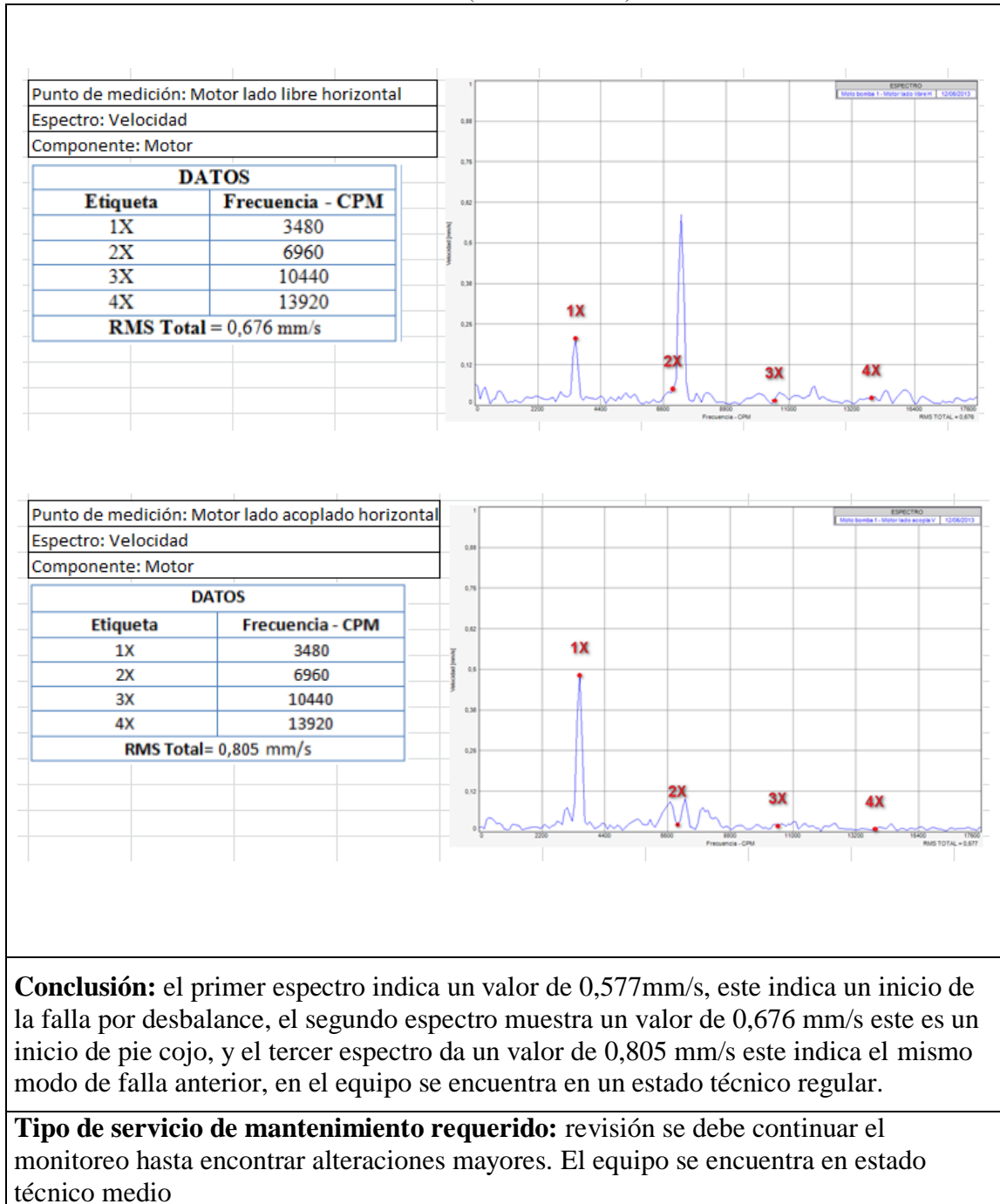
		<p style="text-align: center;">EVALUACIÓN ESTADO TÉCNICO TURBINA PELTON</p>		<p style="text-align: center;">LABORATORIO DE TURBOMAQUINARIA</p>																					
Código control de bienes: 09953			Código técnico: FAME-LT-TP01																						
Responsable Laboratorio: Ing. Marco Ordoñez																									
Inf	Manuales		Planos		Repuestos																				
	Si	No	Si	No	Si	No																			
		X		X		X																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Punto de medición: Motor lado acoplado vertical</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Espectro: Velocidad</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Componente: Motor</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">DATOS</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Etiqueta</th> <th style="text-align: center;">Frecuencia - CPM</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1X</td> <td style="text-align: center;">3480</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2X</td> <td style="text-align: center;">6960</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3X</td> <td style="text-align: center;">10440</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4X</td> <td style="text-align: center;">13920</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">RMS Total= 0,577 mm/s</td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;">  </div>						Punto de medición: Motor lado acoplado vertical		Espectro: Velocidad		Componente: Motor		DATOS		Etiqueta	Frecuencia - CPM	1X	3480	2X	6960	3X	10440	4X	13920	RMS Total= 0,577 mm/s	
Punto de medición: Motor lado acoplado vertical																									
Espectro: Velocidad																									
Componente: Motor																									
DATOS																									
Etiqueta	Frecuencia - CPM																								
1X	3480																								
2X	6960																								
3X	10440																								
4X	13920																								
RMS Total= 0,577 mm/s																									

Tabla 16. (Continuación)



Fuente: Autor

El resto de fichas de estado técnico se encuentran en el anexo D.

3.6 Análisis de criticidad

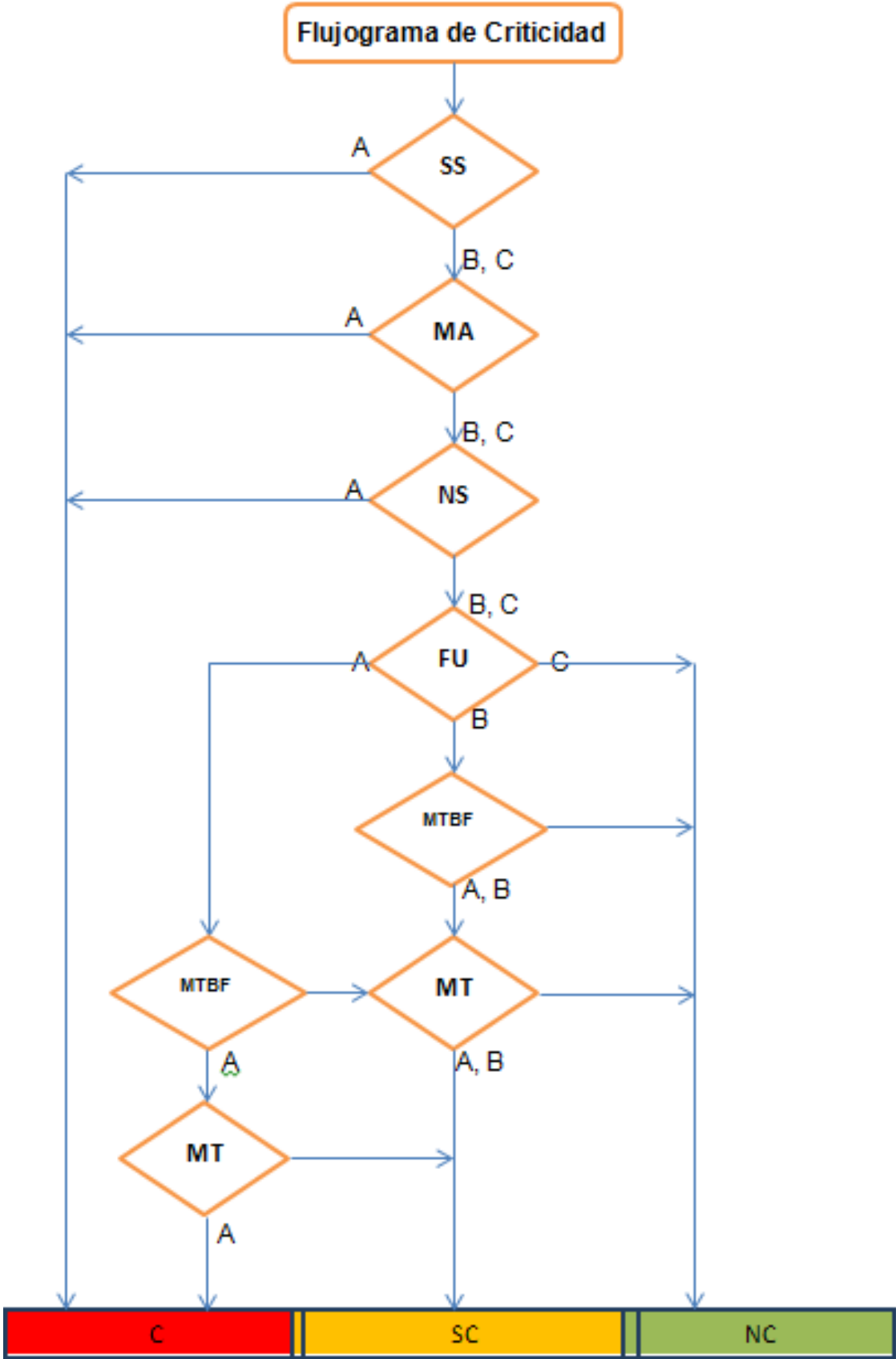
Para determinar la criticidad de los equipos de los diferentes laboratorios de la Facultad de Mecánica, se procedió a realizar una matriz un flujograma de criticidad que ajuste al contexto operacional en que se ven involucrados los equipos.

Tabla 15. Matriz de criticidad

Matriz de criticidad			
Causas de paradas no planeadas			
Área de impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Seguridad y salud (SS)	Alto riesgo de vida del personal	Riesgo de vida significativa del personal	No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal
	Daños graves en la salud del personal	Daños menores en la salud del personal	
Medio ambiente (MA)	Alto excedente de los límites permitidos de derrames y fugas	Excedente de los límites permitidos y repetitivos de derrames y fugas	Emisiones normales dentro de los límites permitidos
Operación del equipo			
Área de impacto	A Riesgo Alto	B Riesgo Medio	C Riesgo Bajo
Nivel de susceptibilidad al daño (NS)	Muy susceptible al daño	Nivel medio de susceptibilidad	No es muy susceptible al daño
Frecuencia de utilización (FU)	Más de 5 veces al semestre	De 1 – 4 veces utilizados al semestre	No se utiliza ninguna vez en el semestre
Tiempo medio entre fallos (MTBF)	Menos de 1 año	Cada 2 años	3 años o más
Tiempo y costo de mantenimiento (MT)	Tiempo y/o costo de reparación altos	Tiempo y/o costos de reparación razonable	Tiempo y/o costos de reparación irrelevantes

Fuente: Autor

Figura 6. Flujograma de criticidad



Fuente: Autor

3.6.1 *Criticidad de los equipos de acuerdo a las áreas de impacto.*

3.6.1.1 *Criticidad banco hidrostático.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza una vez al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco hidrostático se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.2 *Criticidad generador de vórtice.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza una vez al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el generador de vórtice se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.3 *Criticidad mesa de flujo laminar.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (A)** Muy susceptible al daño.

De acuerdo al flujograma de criticidad la mesa de flujo laminar se encuentra en la categoría de equipo **Crítico (C)**.

3.6.1.4 *Criticidad banco hidráulico.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza una vez al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Alto (B)** En promedio cada 2 años
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco hidráulico se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.5 *Criticidad Osborne Reynolds.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (A)** Muy susceptible al daño.

De acuerdo al flujograma de criticidad el aparato de *Osborne Reynolds* se encuentra en la categoría de equipo **Crítico (C)**.

3.6.1.6 *Criticidad aparato de ensayos de orificios.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza una vez al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Alto (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (B)** Tiempos y costos de reparación razonables.

De acuerdo al flujograma de criticidad el aparato de ensayo de orificios se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.7 *Criticidad canal de flujo ajustable.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza una vez al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Alto (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el canal de flujo ajustable se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.8 *Criticidad canal regulador de flujo.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.

- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza una vez al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Alto (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el canal regulador de flujo se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.9 *Criticidad banco de bombas centrífugas.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (A)** Muy susceptible al daño.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco de bombas centrífugas se encuentra en la categoría de equipo **crítico (C)**.

3.6.1.10 *Criticidad viscosímetro Saybolt.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (A)** Muy susceptible al daño.

De acuerdo al flujograma de criticidad el viscosímetro Saybolt se encuentra en la categoría de equipo **Crítico (C)**.

3.6.1.11 *Criticidad sistema hidrocínético.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el sistema hidrocínético se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.12 *Criticidad aparato teorema Bernoulli.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el aparato de teorema Bernoulli se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.13 *Criticidad aparato de hidrostático.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.

- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el aparato de hidrostática se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.14 *Criticidad aparato de impacto de chorro.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el aparato de impacto de chorro se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.15 *Criticidad aparato de salida de líquidos por orificios*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el aparato de salida de líquidos por orificios se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.16 *Criticidad tubo de fricción.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el tubo de fricción se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.17 *Criticidad tubo de Prandtl*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el tubo de prandtl se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.18 *Criticidad controlador de temperatura.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el controlador de temperatura se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.19 *Criticidad compresor de aire.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Alto (A)** Se utiliza 6 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Medio (B)** Tiempos y costos de reparación razonables.

De acuerdo al flujograma de criticidad el compresor de aire se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.20 *Criticidad deshidratador de alimentos.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Alto (A)** Se utiliza 6 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el deshidratador de alimentos se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.21 *Criticidad banco de laboratorio para realizar pruebas de caudal.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Alto (A)** Se utiliza 6 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Alto (A)** En promedio menos de 1 año.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco de laboratorio para realizar pruebas de caudal se encuentra en la categoría de equipo **crítico (C)**.

3.6.1.22 *Criticidad banco de pruebas de presión.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Medio (B)** Riesgo de vida significativa del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Alto (A)** Se utiliza 6 veces al semestre
- Tiempo medio entre fallos (MTBF) **Riesgo Alto (A)** En promedio menos de 1 año.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco de pruebas de presión se encuentra en la categoría de equipo **crítico (C)**.

3.6.1.23 *Criticidad banco de control de temperatura.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.

- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Alto (A)** Se utiliza 6 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco de control de temperatura se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.24 *Criticidad banco de control automático y control industrial.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Medio (B)** Riesgo de vida significativa del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Alto (A)** Se utiliza 6 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Medio (B)** Tiempos y costos de reparación razonables.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco de control automático y control industrial se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.25 *Criticidad horno de tool galvanizado.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el horno de tool galvanizado se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.26 *Criticidad motor eléctrico corriente alterna.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el motor eléctrico corriente alterno se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.27 *Criticidad equipo medición y control nivel.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el equipo medición y control nivel se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.28 *Criticidad turbina Pelton.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza 4 veces al semestre

- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad la turbina Pelton se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.29 *Criticidad turbina Francis(10623).*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza 4 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad la turbina Francis (10623) se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.30 *Criticidad turbina Kaplan.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza 4 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad la turbina Kaplan se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.31 *Criticidad chimenea de equilibrio.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza 4 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Medio (B)** Tiempos y costos de reparación razonables.

De acuerdo al flujograma de criticidad la chimenea de equilibrio se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.32 *Criticidad turbina Francis (10652).*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza 4 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad la turbina Francis (10652) se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.33 *Criticidad banco de pérdidas.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Alto (A)** Muy susceptible al daño.

De acuerdo al flujograma de criticidad el banco de pérdidas se encuentra en la categoría de equipo **Crítico (C)**.

3.6.1.34 *Criticidad bomba centrífuga.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Alto (A)** Muy susceptible al daño.

De acuerdo al flujograma de criticidad la bomba centrífuga se encuentra en la categoría de equipo **crítico (C)**.

3.6.1.35 *Criticidad bomba reciprocante.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (B)** Se utiliza 4 veces al semestre
- Intervalos entre actividades (MTBF) **Riesgo Medio (B)** En promedio cada 2 años.
- Tiempo y costo de mantenimiento (MT) **Riesgo Alto (A)** Tiempos y costos de reparación altos.

De acuerdo al flujograma de criticidad la bomba reciprocante se encuentra en la categoría de equipo **semicrítico (SC)**.

3.6.1.36 *Criticidad ariete hidráulico (10773).*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el ariete hidráulico (10773) se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.37 *Criticidad turbina axial eje horizontal.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad la turbina axial eje horizontal se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.38 *Criticidad turbina axial de hélice.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.

- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad la turbina axial de hélice se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.39 *Criticidad turbina Michael Banki.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad la turbina Michael Banki se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.40 *Criticidad bomba de tornillo.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad la bomba de tornillo se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.41 *Criticidad tanque mobile bend.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el tanque mobile bend se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.42 *Criticidad ariete hidráulico (10772).*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el ariete hidráulico (10772) se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.43 *Criticidad molinete hidráulico.*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el Molinete hidráulico se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.

3.6.1.44 *Criticidad teodolito (10775).*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el teodolito (10775) se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.


3.6.1.45 *Criticidad teodolito (10778).*

- Seguridad y Salud (SS) **Riesgo Bajo (C)** No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal.
- Medio ambiente (MA) **Riesgo Bajo (C)** Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos.
- Nivel de susceptibilidad (NS) **Riesgo Medio (B)** Nivel medio de susceptibilidad.
- Frecuencia de utilización (FU) **Riesgo Medio (C)** No se utiliza ninguna vez al semestre

De acuerdo al flujograma de criticidad el teodolito (10778) se encuentra en la categoría de equipo **no crítico (NC)**.


Cabe mencionar que se realizó el análisis AMEF para los equipos que se encuentren en estado crítico y semi crítico debido a la relevancia de los mismos.

Tabla 16. Listado de análisis de criticidad de equipos del laboratorio de Fluidos

<p>Listado de análisis de criticidad Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Mecánica</p>		
<p>Equipo</p>	<p>Código Técnico</p>	<p>Estado de criticidad</p>
<p>Banco hidrostático</p>	<p>FAME-MF-BH01</p>	<p>Semicrítico</p>
<p>Generador de vórtice</p>	<p>FAME-MF-GV01</p>	<p>Semicrítico</p>
<p>Mesa de flujo laminar</p>	<p>FAME-LF-FL01</p>	<p>Crítico</p>
<p>Banco hidráulico</p>	<p>FAME-LF-HB01</p>	<p>Semicrítico</p>
<p>Osborne Reynolds</p>	<p>FAME-MF-OR01</p>	<p>Crítico</p>
<p>Aparato de ensayo de orificios</p>	<p>FAME-MF-EO01</p>	<p>Semicrítico</p>
<p>Canal de flujo ajustable</p>	<p>FAME-MF-FA01</p>	<p>Semicrítico</p>
<p>Canal regulador de flujo</p>	<p>FAME-MF-RF01</p>	<p>Semicrítico</p>
<p>Banco de bombas centrífugas</p>	<p>FAME-MF-BC01</p>	<p>Crítico</p>
<p>Viscosímetro Saybolt</p>	<p>FAME-MF-VS01</p>	<p>Crítico</p>
<p>Sistema Hidrocinético</p>	<p>FAME-MF-SH01</p>	<p>No crítico</p>
<p>Aparato teorema Bernoulli</p>	<p>FAME-MF-TB01</p>	<p>No crítico</p>
<p>Aparato de Hidrostática</p>	<p>FAME-MF-HS01</p>	<p>No crítico</p>
<p>Aparato de impacto de chorro</p>	<p>FAME-MF-IC01</p>	<p>No crítico</p>
<p>Aparato de salida de líquidos por orificios</p>	<p>FAME-MF-SO01</p>	<p>No crítico</p>
<p>Tubo de fricción</p>	<p>FAME-MF-TF01</p>	<p>No crítico</p>
<p>Tubo de prandtl</p>	<p>FAME-MF-TP01</p>	<p>No crítico</p>
<p>Controlador de temperatura</p>	<p>FAME-MF-CT01</p>	<p>No crítico</p>

Fuente: Autor

Tabla 17. Listado de análisis de criticidad de equipos del Laboratorio de Instrumentación

Listado de análisis de criticidad Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Mecánica 		
Equipo	Código técnico	Estado de criticidad
Compresor de aire	FAME-IC-CP01	Semicrítico
Deshidratador de alimentos	FAME-IC-DH01	Semicrítico
Banco de laboratorio para realizar pruebas de caudal	FAME-IC-PC01	Crítico
Banco de pruebas de presión	FAME-IC-PP01	Crítico
Banco de control de temperatura	FAME-IC-CT01	Semicrítico
Banco de control automático y control industrial	FAME-IC-CI01	Semicrítico
Horno de tool galvanizado	FAME-IC-HT01	No crítico
Motor eléctrico corriente alterna	FAME-IC-ME01	No crítico
Equipo medición y control nivel	FAME-IC-CN01	No crítico

Fuente: Autor

Tabla 18. Listado de análisis de criticidad de equipos del laboratorio de Turbomaquinaria


Listado de análisis de criticidad laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica 		
Equipo	Código técnico	Estado de criticidad
Turbina Pelton	FAME-LT-TP01	Semicrítico
Turbina Francis(10623)	FAME-LT-TF01	Semicrítico
Turbina Kaplan	FAME-LT-TK01	Semicrítico
Chimenea de equilibrio	FAME-LT-CHE01	Semicrítico
Turbina Francis(10652)	FAME-LT-TF02	Semicrítico

Tabla 18. (Continuación)

Banco de pérdidas	FAME-LT-BP01	Crítico
Bomba centrífuga	FAME-LT-BC01	Crítico
Bomba recíprocante	FAME-LT-BR01	Semicrítico
Ariete hidráulico	FAME-LT-AH01	No crítico
Turbina axial eje horizontal	FAME-LT-TH01	No crítico
Turbina axial de helice	FAME-LT-TA01	No crítico
Turbina Michael Banki	FAME-LT-TM01	No crítico
Bomba de Tornillo	FAME-LT-BT01	No crítico
Tanque mobile bend	FAME-LT-MB01	No crítico
Ariete hidráulico	FAME-LT-AH02	No crítico
Molinete Hidráulico	FAME-LT-MB01	No crítico
Teodolito	FAME-LT-TE01	No crítico
Teodolito	FAME-LT-TE02	No crítico
Hidrociclón	FAME-LT-HC01	No crítico
Bomba electro sumergible	FAME-LT-BE01	No crítico

Fuente: Autor

3.7 Contexto operacional

3.7.1 Contexto operacional laboratorios de la Facultad. El Laboratorio de Mantenimiento de Fluidos, Instrumentación y Turbomaquinaria están ubicados en el edificio de la escuela de Ingeniería Mecánica en la planta baja, los cuales que fueron creados con la finalidad de ayudar a los estudiantes en las prácticas y manejo de los diferentes equipos para así fortalecer los conocimientos adquiridos en las aulas.

Los equipos de los laboratorios mencionados son utilizados de 2 a 6 veces por semestre, de acuerdo al número de prácticas y al número de estudiantes, el medio ambiente en el cual trabajan es la temperatura de la ciudad de Riobamba de 16°C y una humedad relativa del 80%, los equipos cuentan con todas las normativas de seguridad, cada equipo cuenta con una caja de control, asimismo si en algún laboratorio existe algún problema eléctrico la caja de breaker se desconectara automáticamente para evitar cualquier tipo de


accidente.

3.8 AMEF

Para el presente trabajo se realizó una plantilla para AMEF, donde se abarca varios campos que se ajustan al contexto en que se desenvuelven los equipos de los diversos laboratorios de la Facultad. Los mencionados campos a llenar para realizar el análisis de modo y efecto de falla son los siguientes:

- Función
- Falla funcional
- Modo(s) de falla
- Efecto(s) de modo de falla
- Tareas
- Frecuencia de tareas
- Consecuencia del modo de falla


Figura 7. Plantilla AMEF

AMEF							
NOMBRE EMPRESA/DEPENDENCIA:							
NOMBRE EQUIPO:						CÓDIGO EQUIPO:	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFFECTO DE FALLA	TAREAS	FRECUENCIA TAREAS	CONSECUENCIA	
1	A	1					
		2					
2	B	1					

Fuente: Autor


Las siguientes tablas indican el Amef para algunos equipos de laboratorio, las restantes irán a los respectivos anexos E, F y G.

Tabla 19. AMEF banco de bombas centrífugas

AMEF									
Equipos del Laboratorio de Fluidos de la Facultad de Mecánica									
Equipo: Banco de bombas centrífugas							Código: FAME-MF-BC01		
Función	Falla funcional	Modos de falla	Efecto de falla	Tareas	Frecuencia tareas	Consecuencia			
1	Simular conexión de bombas en serie/paralelo a un caudal máximo de 40 l/min	A	Incapaz de simular conexión de bombas en serie/paralelo a un caudal máximo de 40 l/min	1	Bomba 1 atascada el impulsor	No arrancan bomba, por atascamiento	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	Cada 4 semanas	Operacional
				2	Bomba 2 atascada el impulsor	No arrancan bomba, por atascamiento	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	Cada 4 semanas	Operacional
				3	Tubería y accesorios mal ajustados y con fugas	Fugas de agua y pérdidas de presión	Inspección de existencia de fugas	Cada 12 semanas	Operacional
				4	Cuerpo del módulo con suciedades e impurezas	Acumulación de impurezas	Inspección visual de la contaminación	Cada 4 semanas	Operacional
2	Almacenar agua en el tanque reservorio	B	No almacenar agua en el tanque reservorio	1	Tanque reservorio con fugas y suciedad	Acumulación de agua fuera del módulos por fugas de agua	Limpieza de equipo	Cada 24 semanas	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 20. AMEF banco de pruebas de presión

AMEF									
Equipos del Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Mecánica									
Equipo: Banco de pruebas de presión						Código: FAME-IC-PP01			
Función	Falla funcional	Modos de falla	Efecto de falla	Tareas	Frecuencia tareas	Consecuencia			
1	Medir y controlar presión de aire de 0-500 psi	A	No medir ni controlar presión de aire de 0-500 psi	1	Filtros de aire obstruidos de suciedad e impurezas	Flujo obstruido, pérdida de presión en el sistema	Inspección estado canastillas	Cada 12 semanas	Operacional
				2	Tubería con fugas	Fugas de aire en el módulo	Inspección existencia de fugas	Cada 24 semanas	Operacional
2	Almacenar aire en su tanque de almacenamiento	B	No almacenar aire en su tanque de almacenamiento	1	Fisuras en tanque de almacenamiento	Insuficiente entrega de aire al sistema	Inspección, limpieza y ajustes	Cada 24 semanas	Operacional

Fuente: Autor

Tabla 21. Check list de equipos

ESPOCH-FACULTAD DE MECÁNICA		
Check list para los equipos de la Facultad de Mecánica		
Código equipo:		
Fecha:		
Actividades de inspección antes de encender los equipos	Realizado	N/A
Revisar conexiones eléctricas		
Revisar conexiones neumáticas		
Revisar conexiones hidráulicas		
Chequear niveles de fluidos		
Chequear puntos de anclaje		
Revisar sujeción de bandas y poleas		
Verificar estado de estructura		
Verificar que no haya atascamiento de componentes		
Chequear fisuras y grietas		
Verificar conexiones externas realizadas por estudiantes		
Revisar presencia de fugas en sistemas hidráulicos		
Inspeccionar fugas por mangueras y cañerías en general		
Verificar que las condiciones de seguridad sean adecuadas		
Actividades de inspección durante la operación de los equipos		
Escuchar sonidos anormales en motores		
Escuchar sonidos anormales de mecanismos		
Revisar presencia de fugas		
Actividades a realizar después de la operación de los equipos		
Despresurizar tanques		
Drenar fluidos acumulados		
Desenergizar equipos		
Limpiar equipo		
Limpiar puesto de trabajo		
Retirar herramientas de trabajo		
Almacenar correctamente dispositivos de medición		
Observaciones:		
Responsable laboratorio:		

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SisMAC

4.1 Generalidades

Para el manejo y aprendizaje del software SisMAC se realizó varias capacitaciones con el proveedor del mismo el Ing. Sergio Villacrés, donde se pudo interpretar y manejar de mejor manera el software y sus diferentes módulos.

Entre los múltiples módulos que posee el software se tiene los siguientes:

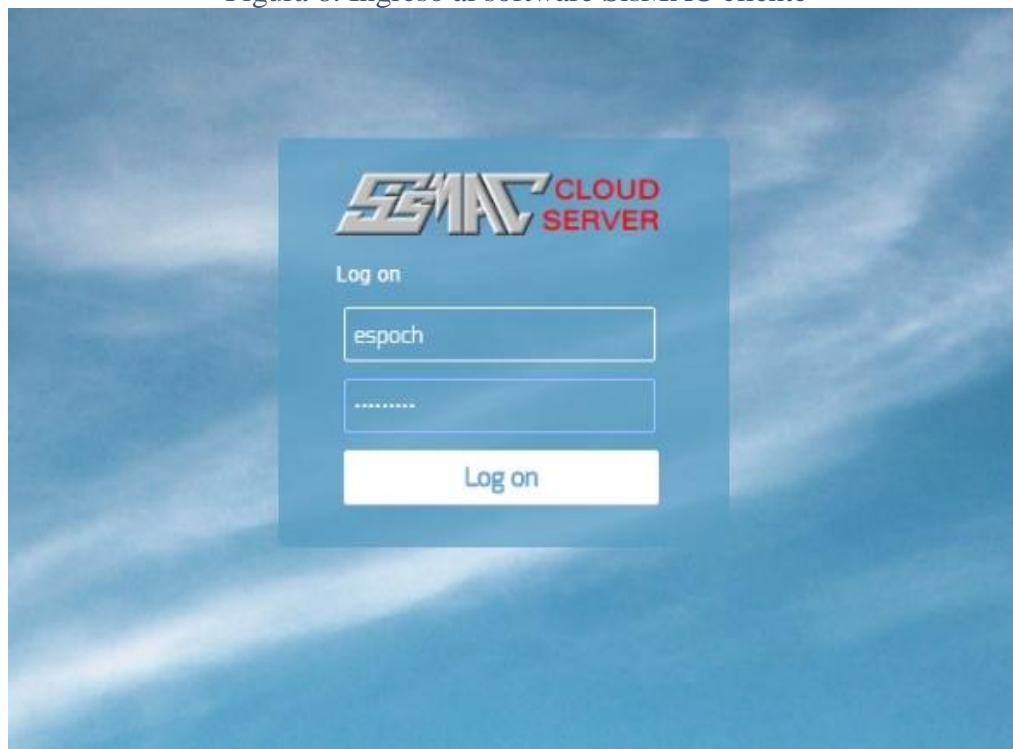
- Infraestructura
- Fichas técnicas
- Lista básica de repuestos
- Mantenimiento
- Inventarios
- Compras
- Activos
- Personal

4.2 Presentación del software

4.2.1 Ingreso al sistema. Para el ingreso, la nueva versión del SisMAC se la puede realizar desde cualquier computador con acceso a una conexión a internet, se ingresó y se tendrá que acceder para continuar con la gestión de mantenimiento a cloud.sismac.net, donde se tendrá que ingresar primeramente el usuario y contraseña para el cliente que este caso es la ESPOCH y luego usuario y contraseña asignado a cada tesista.

En esta última versión de SisMAC también se puede acceder desde un smartphone, descargándose la aplicación móvil desde google play o apple store, esto es beneficioso para el cuerpo técnico que labora en el campo, en donde no se puede llevar computador.

Figura 8. Ingreso al software SisMAC cliente



Fuente: sismac.net

Figura 9. Ingreso al software SisMAC usuario personal



Fuente: sismac.net

4.2.2 Menú principal. Es la ventana principal que muestra el software en donde se presentan los diferentes módulos, tanto para inventarios, fichas técnicas, compras, informes, etc.

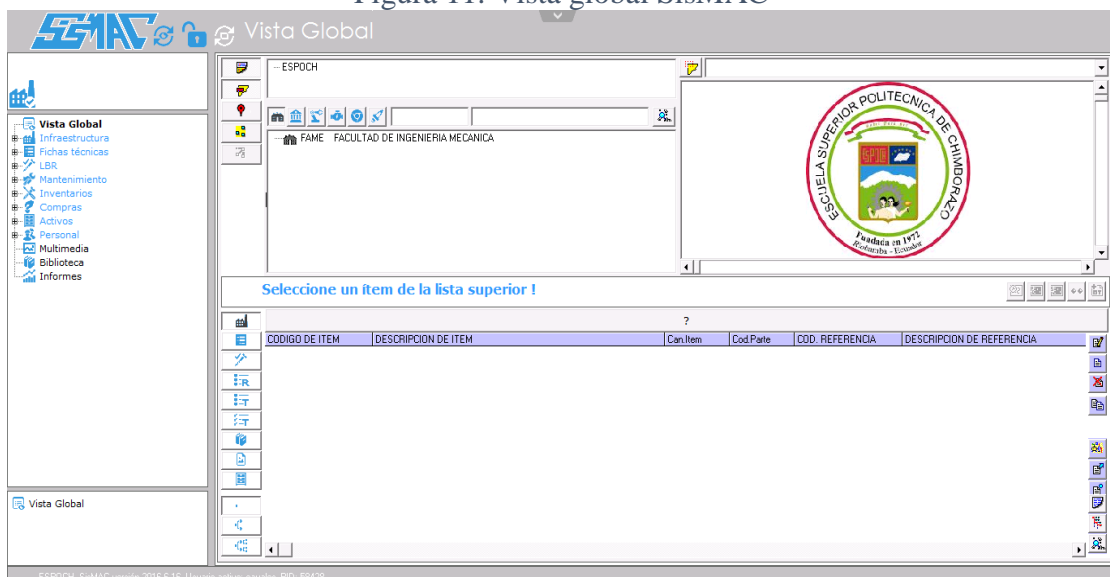
Figura 10. Módulos principales SisMAC



Fuente: sismac.net

En la pantalla de inicio o vista global, ya está previamente predeterminado por el proveedor, como cliente la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

Figura 11. Vista global SisMAC



Fuente: sismac.net

4.3 Módulos SisMAC

4.3.1 *Inventario técnico.* El primer paso para poder trabajar en el SisMAC, es de inventariar y codificar los bienes que requieran el control de mantenimiento.

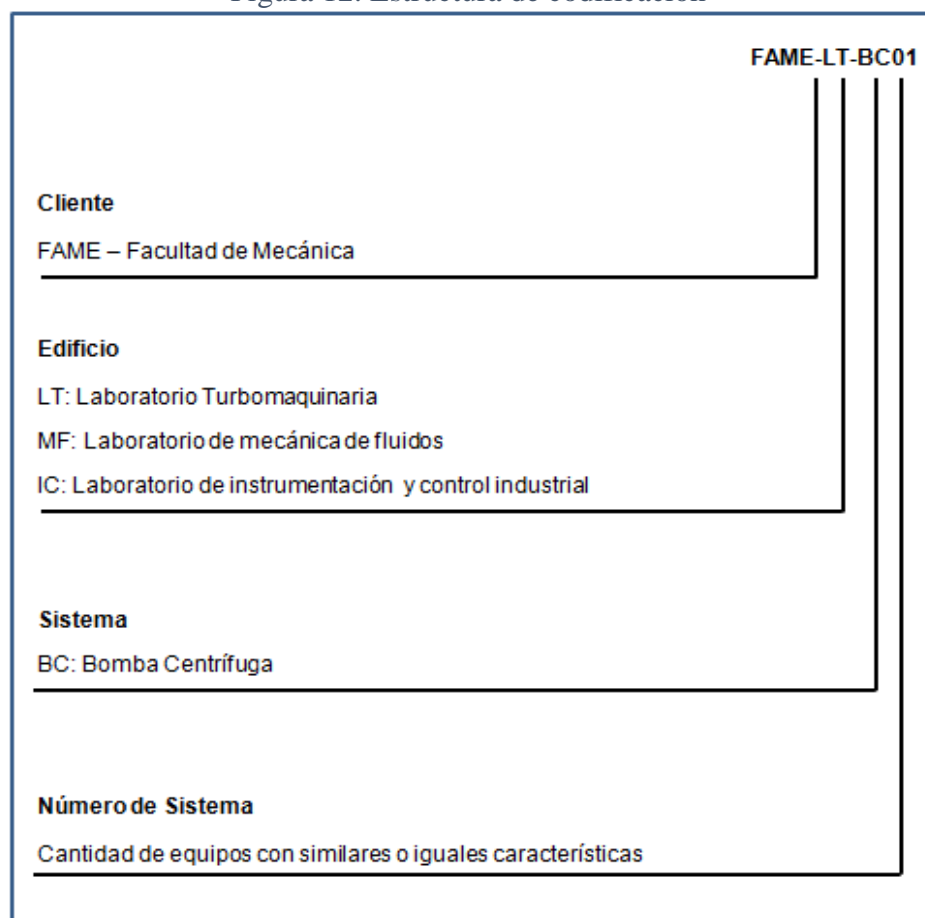
Tabla 22. Niveles jerárquicos SisMAC

NIVEL	NOMBRE PREDEFINIDO	DESCRIPCIÓN
1	Cliente	Facultad de Mecánica ESPOCH
2	Edificio	Laboratorios
3	Sistema	Módulos, Bancos de pruebas
4	Equipo	Motor, bomba
5	Componente	Partes de un equipo
6	Elemento	Partes de un componente

Fuente: sismac.net

Para la codificación de los sistemas se debe establecer una estructura, la cual va a ayudar a diferenciar y a organizar de mejor manera a los activos.

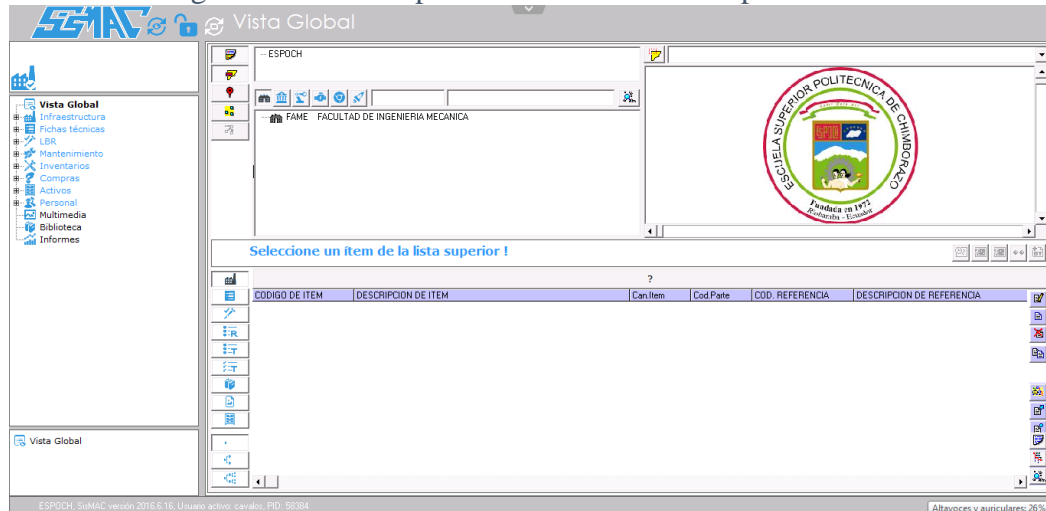
Figura 12. Estructura de codificación



Fuente: Autor

La pantalla principal del SisMAC, viene predefinida por el proveedor del mismo de la siguiente manera.

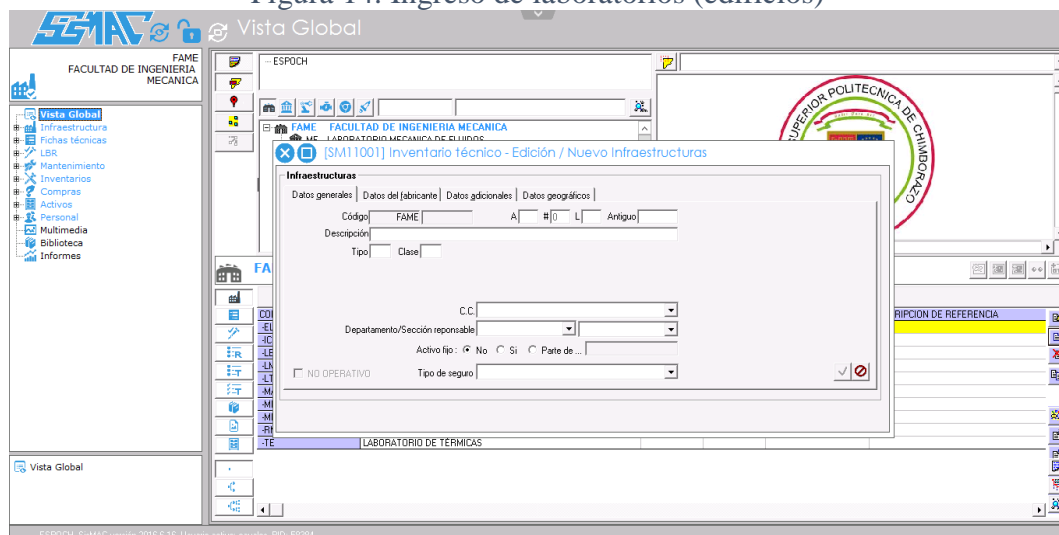
Figura 13. Pantalla predeterminada SisMAC para cliente



Fuente: sismac.net

Una vez ingresando al cliente, en este caso Facultad de Mecánica, se puede añadir los laboratorios (edificios) deseados, con la codificación establecida anteriormente en el capítulo tres.

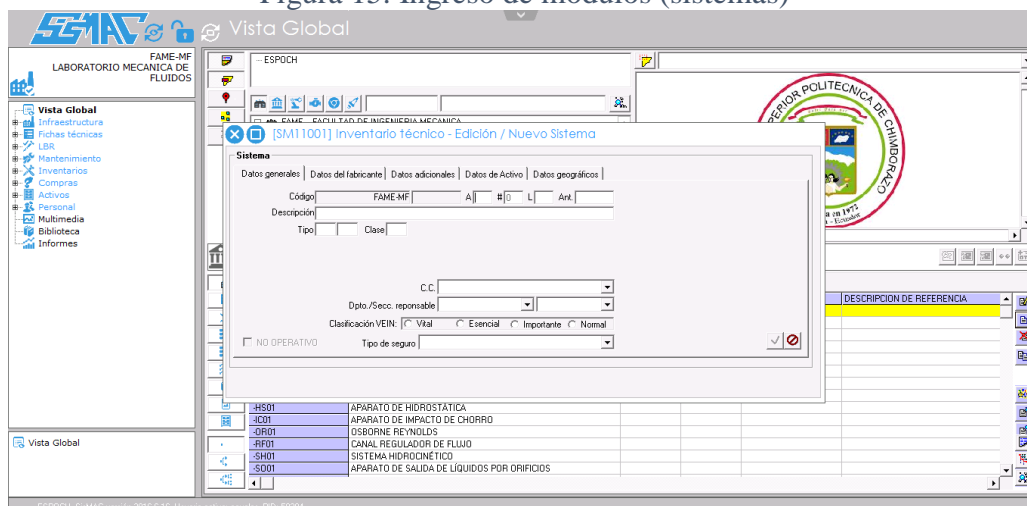
Figura 14. Ingreso de laboratorios (edificios)



Fuente: sismac.net

Ya ingresado los laboratorios (edificios), ingresamos los módulos (sistemas) de cada laboratorio. En esta ventana se puede diferenciar en los últimos dos dígitos módulos o sistemas similares, toda la información que se ingresa a este software se puede editar y guardar automáticamente.

Figura 15. Ingreso de módulos (sistemas)



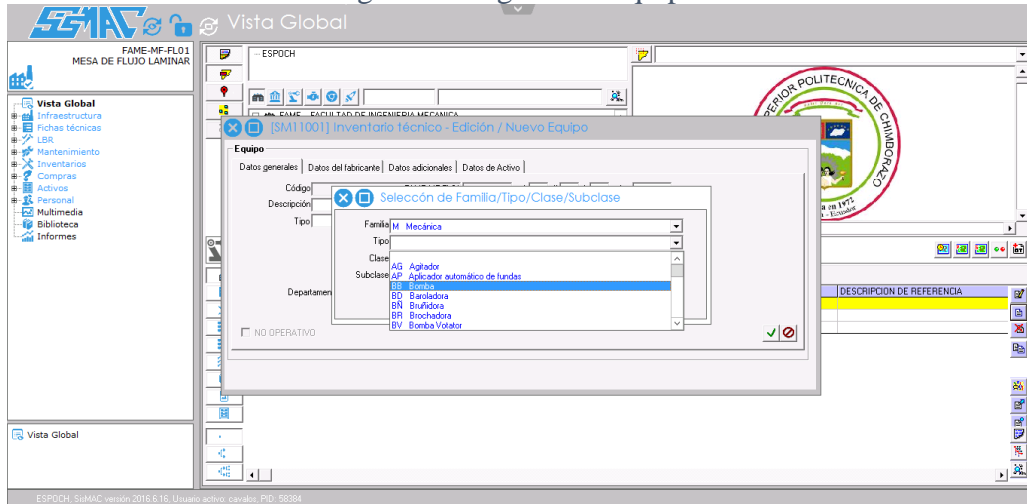
Fuente: sismac.net

Luego ingresar los edificios se procede a ingresar los equipos. En esta parte hay que saber diferenciar la familia de los equipos, puesto que por cada familia el software asigna un código adicional determinado por cada una de las siguientes letras y palabras:

- C: Civil
- D: Informática
- E: Eléctrica
- I: Instrumentación
- K: Control de calidad
- M: Mecánica
- N: Minas y canteras
- P: Procesos
- S: Seguridad Industrial

Y también se debe diferenciar el tipo, la clase y subclase de los equipos, es de carácter obligatorio realizar el inventario hasta este nivel jerárquico, es decir hasta equipos, los restantes dos niveles jerárquicos que son elementos y componentes queda a disposición o conveniencia de cada usuario.

Figura 16. Ingreso de equipos



Fuente: sismac.net

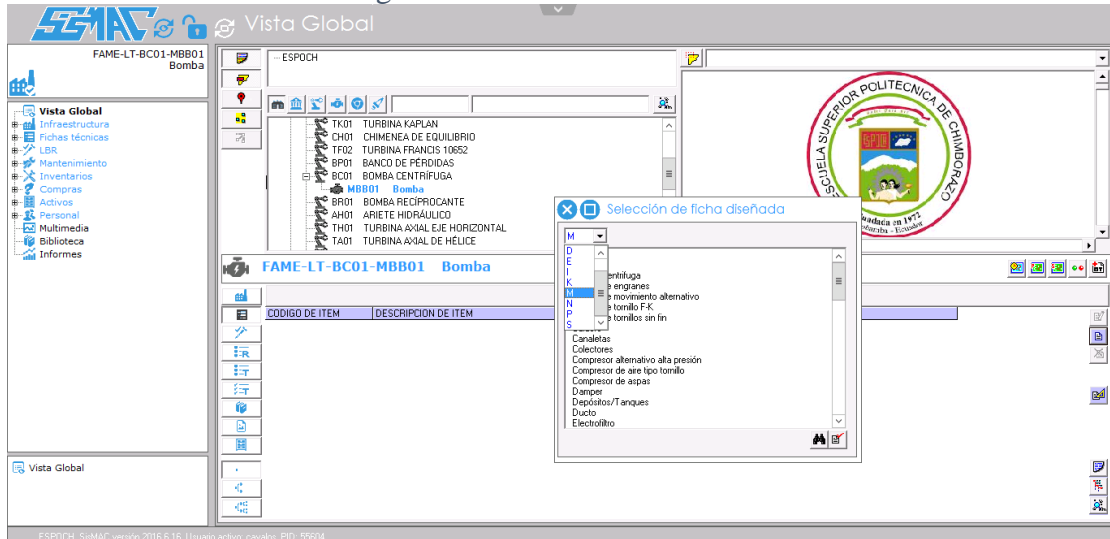
4.3.2 *Fichas técnicas.* En el módulo de fichas técnicas se puede ingresar todo lo referente a datos y especificaciones técnicas de los equipos, componentes y elementos.

Al tener esta información ingresada al sistema informático se obtiene los siguientes beneficios:

- Toda persona que tenga acceso a una terminal de red tiene acceso a esta información
- No existe deterioro físico
- Toma muy poco tiempo encontrar las características técnicas
- No existe riesgo que se pierda la información
- Se puede ver las especificaciones en varias unidades de medida de acuerdo a la necesidad de cada usuario
- Se puede ingresar fichas técnicas digitalizadas

Una vez ingresado al módulo de fichas técnicas hay que seleccionar a que familia pertenece el equipo, para así ingresar al formato correcto para llenarlo.

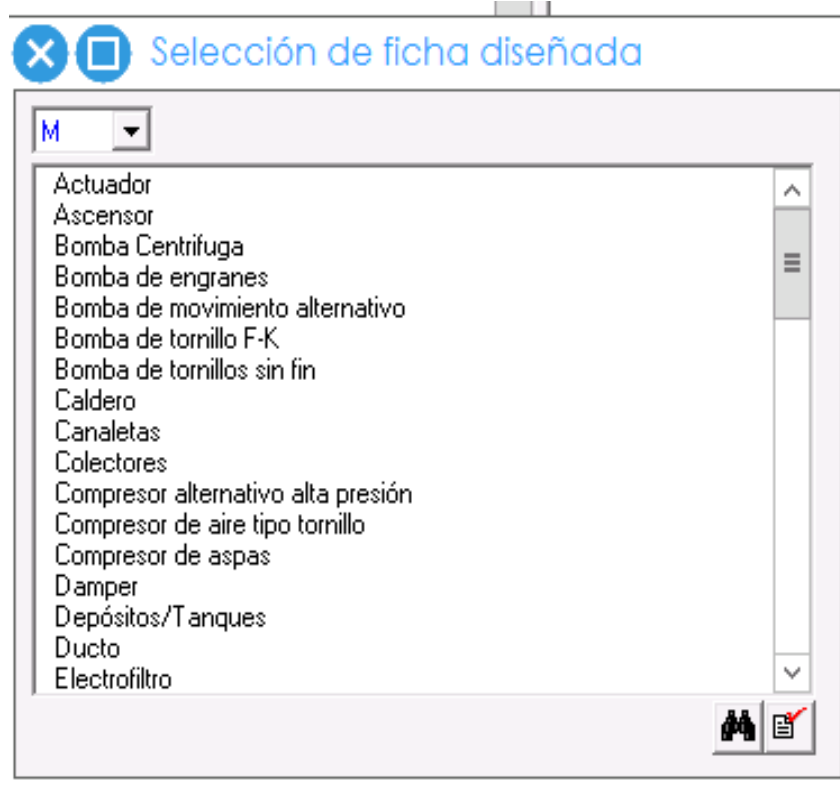
Figura 17. Módulo fichas técnicas



Fuente: sismac.net

Una vez ya seleccionada la familia a la cual pertenece el equipo, marcamos el tipo de equipo para que salga el formato respectivo de ficha técnica para llenarlo.

Figura 18. Selección de formato de ficha técnica



Fuente: sismac.net

Ya en el formato correcto de fichas técnicas seleccionado, se pueden ingresar varia información como datos generales, datos específicos y datos de operación.

Figura 19. Ingreso de fichas técnicas de datos generales equipo

DATOS GENERALES

Marca	WILLIAMS
Modelo	R2
No. Serie	145678
No. Manual	
Tipo	De turbina
Tamaño	
Fabricante	WILLIAMS
Proveedor	
Fecha fabricación	
Fecha de operación	
Prioridad	

Fuente: sismac.net

Figura 20. Ingreso de fichas técnicas de datos específicos equipo

DATOS ESPECIFICOS

Largo, cm	1200
Ancho, cm	400
Alto, cm	3500
Peso, Kg	67
Diametro tubería de admisión, Plg	1.5
Diametro tubería de descarga, Plg	1.5
Tipo de fluido a manejar	Agua
Número de etapas, Und	
Altura de bombeo, cm	

Fuente: sismac.net

Figura 21. Ingreso de fichas técnicas de datos operación equipo
DATOS DE OPERACION

Potència , HP	<input type="text" value="2"/>
Caudal , Gal/min	<input type="text" value="1"/>
Sentido de rotación	<input type="text" value="Horario"/>
Eficiencia, %	<input type="text"/>
Velocidad nominal de operación, RPM	<input type="text"/>
Temperatura del Fluido, °C	<input type="text"/>
Temperatura de operación, °C	<input type="text"/>
Temperatura max. de operación, °C	<input type="text"/>
Presión de admisión, psi	<input type="text"/>
Presión de descarga, psi	<input type="text"/>
Diámetro de impeler, Plg	<input type="text"/>
No.de álabes, Und	<input type="text"/>

Fuente: sismac.net

4.3.3 *Tareas de mantenimiento asignadas.* Ya una vez inventariado y codificados los sistemas y equipos, en este módulo se procede a ingresar las tareas de mantenimiento por equipo, para lo ya se establecido tareas y frecuencias de ejecución en el análisis del AMEF.

En el módulo de tareas de mantenimiento asignadas, debemos seleccionar la familia de tarea a realizar.

Figura 22. Familias de tareas de mantenimiento

Equipo: FAME-MF-FL01-M

- A Lubricación
- A Lubricación
- B Inspecciones Prev.
- C Inspecciones Pred
- D Trabajos Prev.
- E Reemplazos
- F Reparaciones

Tareas asignadas :

Fuente: sismac.net

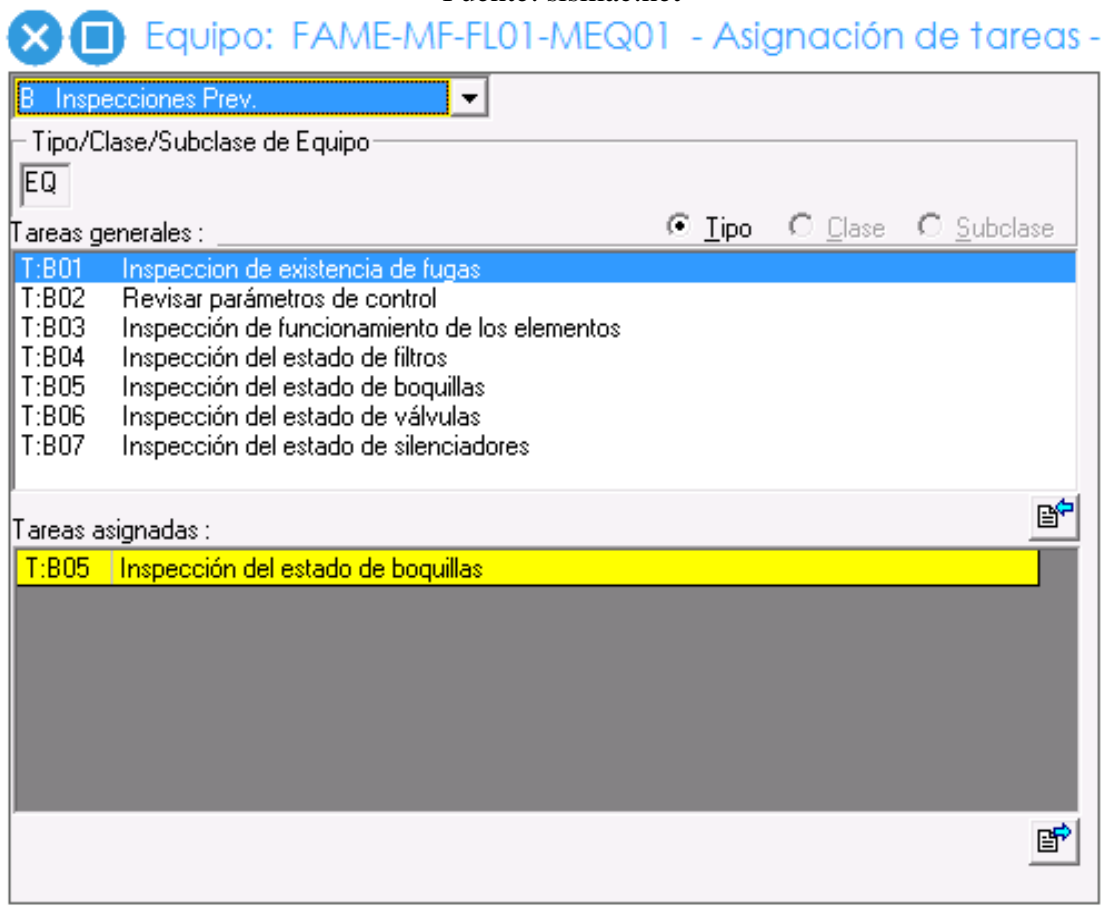
Las familias de tareas de mantenimiento asignadas son las siguientes:

- A: Lubricación
- B: Inspección preventiva
- C: Inspección predictiva
- D: Trabajos preventivos
- E: Reemplazos
- F: Reparaciones

Cada tarea al ser seleccionada, viene predeterminada con sub tarea, que se desplazan en las opciones a escoger de acuerdo a la familia de los equipos.

Figura 23. Sub tareas de mantenimiento

Fuente: sismac.net



Si no existe una tarea predeterminada por el software que se ajuste al trabajo que deseamos realizar, se puede editar la descripción o crear una nueva tarea.

Figura 24. Edición tareas de mantenimiento

Equipo: FAME-MF-FL01-MEQ01 - Tarea asignada -

Tarea

Inspección del estado de boquillas Importante

Programación | Tiempos | Operación | Costos | Adicional

Frecuencia

Prog. Ninguna **Días**

12 Semanas

Cícl. F.ini. _____

Asignación

Dpt./sec. _____

Empleado _____

Proveedor _____

Ultima ejecución

F. _____

L. _____ ?????

Programación actual / Próxima

F.a _____ F.p _____

L. _____ ?????

M.Obra Mater. Herram. Paramts.

Fuente: sismac.net

Luego para establecer frecuencias de tareas de mantenimiento se selecciona el ícono editar y se procede a llenar los intervalos de frecuencia, estos pueden ser en días o semanas como esta predeterminado en el software, o se podría editar de acuerdo a las necesidades del usuario como pueden ser horas, kilometros, etc.

Figura 25. Frecuencia tareas de mantenimiento

Equipo: FAME-MF-FL01-MEQ01 - Tarea asignada -

Tarea

Inspección del estado de boquillas Importante

Programación | Tiempos | Operación | Costos | Adicional

Frecuencia

Prog. Ninguna **Días**

12 Semanas

Cícl. **Días** **Semanas**

Asignación

Dpt./sec. _____

Empleado _____

Proveedor _____

Ultima ejecución

F. _____

L. _____ ?????

Programación actual / Próxima

F.a _____ F.p _____

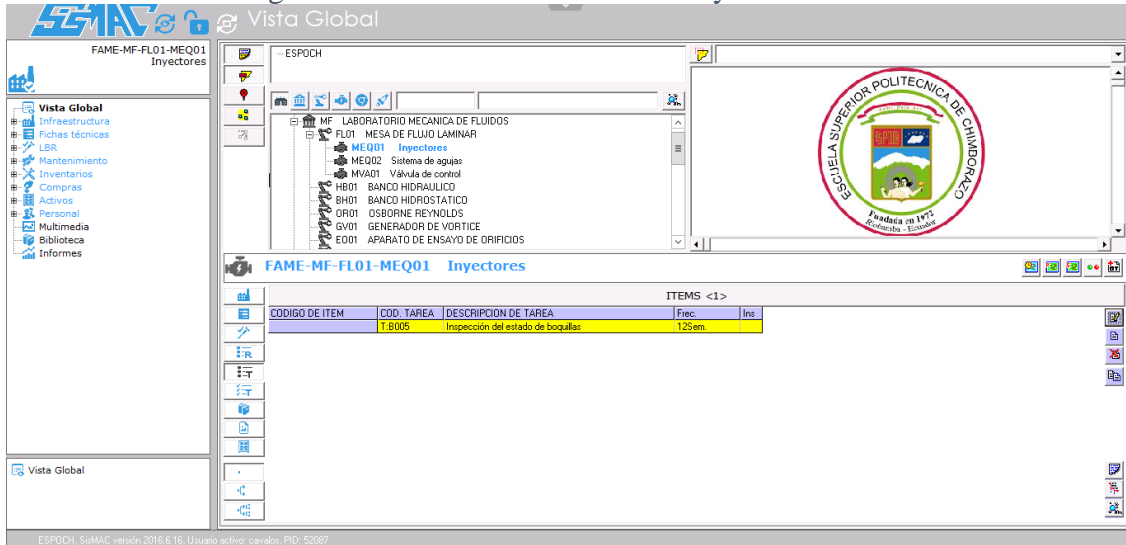
L. _____ ?????

Validar parámetros desde Tarea general ✓ ✗

M.Obra Mater. Herram. Paramts.

Fuente: sismac.net

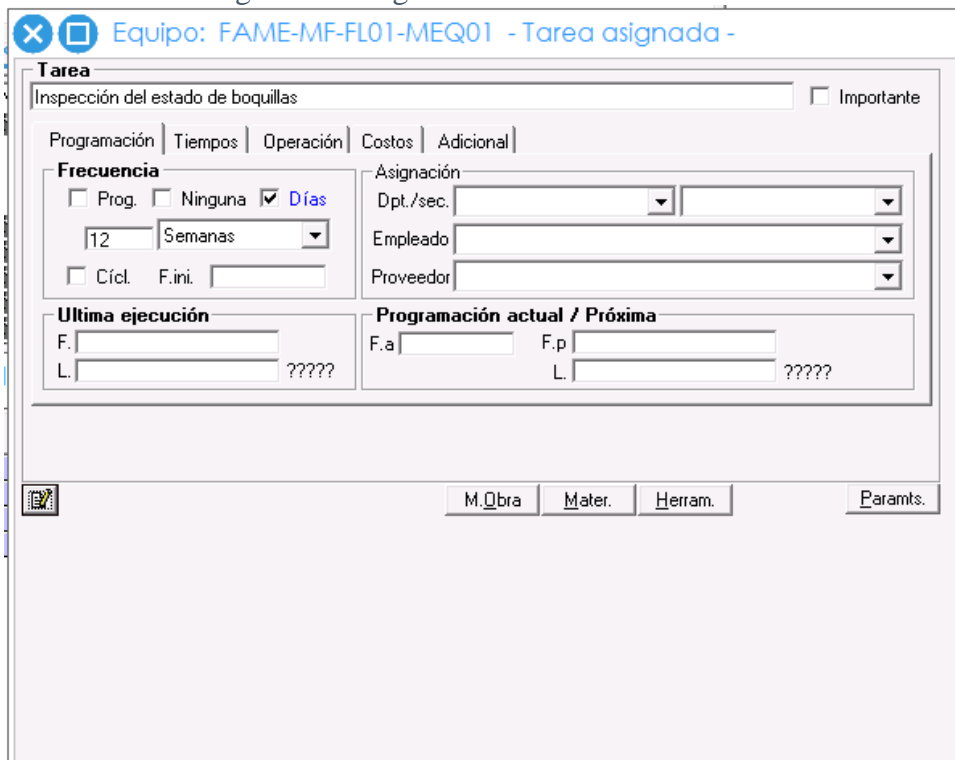
Figura 26. Tareas de mantenimiento ya establecidas



Fuente: sismac.net

Una vez subidas las tareas de mantenimiento, comienza la gestión por parte de los ejecutores de los trabajos de mantenimiento que en este caso son los encargados de cada laboratorio, para lo cual deben llenar varios campos para poder controlar de mejor manera la gestión de mantenimiento como es la programación, tiempos, operación, costos y adicionales.

Figura 27. Programación de mantenimiento



Fuente: sismac.net

Figura 28. Tiempos de preparación y ejecución de mantenimiento

Equipo: FAME-MF-FL01-MEQ01 - Tarea asignada -

Tarea
Inspección del estado de boquillas Importante

Programación | **Tiempos** | Operación | Costos | Adicional

Tiempo de ejecución
Preparación: 0:0 X und. Fijo Ninguno
Ejecución: 0:0 X und. Fijo

Tiempo de parada
Previo: 0:0 Estimable
Total: 0:0 Estimable

M.Obra Mater. Herram. Paramts.

Fuente: sismac.net

Figura 29. Estado de operación

Equipo: FAME-MF-FL01-MEQ01 - Tarea asignada -

Tarea
Inspección del estado de boquillas Importante

Programación | Tiempos | **Operación** | Costos | Adicional

Ficha de parámetros: Inactiva

Estado operación, en..
 Funcionamiento Parada de.. Funcionamiento / Parada
 Equ. Inf. Loc.

Histórico permanente
 Tarea ejecutada

Nivel

M.Obra Mater. Herram. Paramts.

Fuente: sismac.net

Figura 30. Costos de mantenimiento

Equipo: FAME-MF-FL01-MEQ01 - Tarea asignada -

Tarea
 Inspección del estado de boquillas Importante

Programación | Tiempos | Operación | **Costos** | Adicional

Costos de tarea

Mano de obra (Especialistas)	0
Materiales / Repuestos	0
Varios (Alquiler equipos, herramientas, etc.)	0
TOTAL	0

Servicio externo

Cant.	0
Unidad	
Pr.Un.	0
% Ben.	0

M.Obra Mater. Herram. Paramts.

Fuente: sismac.net

Figura 31. Datos adicionales

Tarea
 Inspección del estado de boquillas Importante

Programación | Tiempos | Operación | Costos | **Adicional**

Datos adicionales

M.Obra Mater. Herram. Paramts.

Fuente: sismac.net

En las siguientes tablas se muestran la lista de resumen de tareas asignadas para los diferentes laboratorios, se puede observar el código de item, código tarea, descripción de la tarea y frecuencia.

Tabla 23. Resumen tareas asignadas de mantenimiento laboratorio Fluidos

Tareas asignadas Laboratorio de Mecánica de Fluidos			
Código de ítem	Cód. tarea	Descripción de tarea	Frec.
FAME-MF-BC01-ICT01	T:D00 1	Limpieza de equipo	24Sem.
FAME-MF-BC01-MBB01	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-MF-BC01-MBB02	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-MF-BC01-MDP01	T:B00 5	Inspección visual de la contaminación	4Sem.
FAME-MF-BC01-MEQ01	T:B00 1	Inspección de existencia de fugas	12Sem.
FAME-MF-BH01-IIN01	T:D00 2	Calibrar manómetros y monitorear presión	24Sem.
FAME-MF-BH01-IIN02	T:D00 1	Limpieza	4Sem.
FAME-MF-BH01-MBB01	T:B01 1	Inspección, limpieza y ajustes	4Sem.
FAME-MF-BH01-MDP01	T:B00 2	Inspección de existencia de fugas	4Sem.
FAME-MF-EO01-MBB01	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-MF-EO01-MBB02	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-MF-EO01-MDP01	T:E001	Repintado tanque con pintura epóxica	48Sem.
FAME-MF-EO01-MVA01	T:B00 6	Inspección exterior del estado de la válvula	12Sem.
FAME-MF-FA01-IIN01	T:B00 1	Insp correcto funcionamiento y cambio de baterías si es necesario	12Sem.
FAME-MF-FA01-MBB01	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-MF-FA01-MVA01	T:B00 6	Inspección exterior del estado de la válvula	4Sem.
FAME-MF-FL01-MEQ01	T:B00 5	Inspección del estado de boquillas	12Sem.

Tabla 24. (Continuación)

FAME-MF-FL01-MEQ02	T:B00 5	Inspección del estado de boquillas	12Se m.
FAME-MF-FL01-MVA01	T:B00 6	Inspección exterior del estado de la válvula	24Se m.
FAME-MF-GV01-MBB01	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem .
FAME-MF-GV01-MDP01	T:B00 2	Inspección de existencia de fugas	24Se m.
FAME-MF-GV01-MDP01	T:B00 5	Inspección visual de la contaminación	4Sem .
FAME-MF-GV01-MRD01	T:A00 4	Verificación del nivel de aceite	4Sem .
FAME-MF-HB01-ESE01	T:B00 2	Revisión de terminales de conexión	24Se m.
FAME-MF-HB01-MBB01	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem .
FAME-MF-HB01-MDP01	T:B00 2	Inspección de existencia de fugas	4Sem .
FAME-MF-OR01-MDP01	T:B00 5	Inspección visual de la contaminación	12Se m.
FAME-MF-OR01-MDP02	T:B00 2	Inspección de existencia de fugas	24Se m.
FAME-MF-RF01-MBB01	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem .
FAME-MF-RF01-MCK01	T:A00 2	Aplicación de grasa	12Se m.
FAME-MF-RF01-MDP01	T:B00 2	Inspección de existencia de fugas	4Sem .
FAME-MF-VS01-IAN01	T:B00 2	Inspección de conexiones eléctricas	12Se m.
FAME-MF-VS01-MBB01	T:B00 6	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem .
FAME-MF-VS01-MDP01	T:B00 2	Inspección de existencia de fugas	12Se m.

Fuente: Autor

Tabla 24. Resumen tareas asignadas de mantenimiento laboratorio Instrumentación

Tareas asignadas Laboratorio de Instrumentación			
Código de ítem	Cód. tarea	Descripción de tarea	Frec.
FAME-IC-CI01-IEC01	T:B001	Insp correcto funcionamiento e inspección conexiones eléctricas	12Sem.
FAME-IC-CI01-ISE01	T:D001	Configurar módulo de adquisición de datos	12Sem.
FAME-IC-CI01-MCK01	T:D001	Ajuste de pernos-otros	24Sem.
FAME-IC-CP01-MDP01	T:D001	Drenar líquidos acumulados	4Sem.
FAME-IC-CP01-MEQ01	T:B001	Inspeccion de existencia de fugas	12Sem.
FAME-IC-CP01-MFI01	T:B004	Inspección del estado de canastillas	4Sem.
FAME-IC-CT01-ICT01	T:B002	Inspección de conexiones eléctricas	12Sem.
FAME-IC-CT01-ISE01	T:B001	Insp correcto funcionamiento y cambio de baterías si es necesario	24Sem.
FAME-IC-CT01-MCK01	T:D001	Ajuste de pernos-otros	24Sem.
FAME-IC-DH01-ISE01	T:B001	Inspección de correcto funcionamiento	12Sem.
FAME-IC-DH01-MDP01	T:B001	Inspección del estado de rejillas sujetadodas	24Sem.
FAME-IC-DH01-MHH01	T:B001	Verificación de conexiones eléctricas	12Sem.
FAME-IC-PC01-IIN01	T:B001	Insp correcto funcionamiento y cambio de baterías si es necesario	12Sem.
FAME-IC-PC01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	4Sem.
FAME-IC-PC01-MFI01	T:B004	Inspección del estado de canastillas	12Sem.
FAME-IC-PP01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem.
FAME-IC-PP01-MEQ01	T:B001	Inspeccion de existencia de fugas	24Sem.

Tabla 25. (Continuación)

FAME-IC-PP01-MFI01	T:B004	Inspección del estado de canastillas	12Sem.
--------------------	--------	--------------------------------------	--------

Fuente: Autor

Tabla 25. Resumen tareas asignadas de mantenimiento laboratorio Turbomaquinaria

Tareas asignadas Laboratorio de Turbomaquinaria			
Código de ítem	Cód. Tarea	Descripción de tarea	Frec.
FAME-LT-BC01-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-BC01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem
FAME-LT-BC01-MEQ01	T:B001	Inspección de existencia de fugas	24Sem
FAME-LT-BP01-ISE01	T:D001	Configurar módulo de adquisición de datos	12Sem
FAME-LT-BP01-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-BP01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem
FAME-LT-BR01-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-BR01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem
FAME-LT-CH01-IIN01	T:B002	Inspección de señales de ingreso	24Sem
FAME-LT-CH01-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-CH01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem
FAME-LT-TF01-ITD01	T:D003	Calibración	24Sem
FAME-LT-TF01-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-TF01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem
FAME-LT-TF01-MMH01	T:B003	Inspección de conexiones eléctricas	24Sem

Tabla 26. (Continuación)

FAME-LT-TF02-ITD01	T:D003	Calibración	24Sem .
FAME-LT-TF02-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-TF02-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem .
FAME-LT-TF02-MMH01	T:B003	Inspección de conexiones eléctricas	24Sem .
FAME-LT-TK01-ECO01	T:D008	Reajuste del cableado en general	12Sem .
FAME-LT-TK01-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-TK01-MEQ01	T:B003	Inspección de funcionamiento de los elementos	12Sem .
FAME-LT-TK01-MMH01	T:B003	Inspección de correcto funcionamiento	12Sem .
FAME-LT-TP01-ITD01	T:D003	Calibración	24Sem .
FAME-LT-TP01-MBB01	T:B006	Inspección de correcto funcionamiento de la bomba	4Sem.
FAME-LT-TP01-MDP01	T:B002	Inspección de existencia de fugas	24Sem .
FAME-LT-TP01-MEQ01	T:B001	Inspección de existencia de fugas	24Sem .

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se evaluó las anteriores actividades de mantenimiento que se realizaba y se logró establecer los estados actuales de los equipos, esto fue la base para la implementación de este proyecto.

Se elaboró fichas técnicas de los equipos en los cuales se detallaron las especificaciones de los mismos, ayudando así a tener información más completa y disponible en caso de requerir adquisiciones de repuestos, elementos, componentes, etc.

La metodología aplicada en este trabajo, RCM, permite el estudio de la criticidad que posee cada equipo, priorizando a los activos más susceptibles al fallo. La aplicación de la matriz y flujograma de criticidad ayudó a identificar a las máquinas críticas. Mediante el software SisMAC se subieron los respectivos planes de mantenimiento, fichas técnicas y demás documentos de cada equipo, este software ayudó a sistematizar la información y mejorar la gestión de los activos, aumentando la disponibilidad de los mismos para la utilización de los estudiantes en los respectivos laboratorios.

5.2 Recomendaciones

Conocer bien las características del software, para hacer un buen uso del mismo a fin de evitar errores, capacitar al personal que utilizara el software.

Actualizar el inventario técnico de acuerdo a los nuevos módulos que se vayan implementando en los diferentes laboratorios.

Aplicar el cronograma de mantenimiento para lograr como resultado una optimización de recursos a futuro aumentando la disponibilidad de los equipos; y analizar la estructura organizacional de la Facultad, para tener una persona fija encargada de la gestión de mantenimiento de los ativos.

BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN13306.** *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento. Parte 2:Términos Fundamentales.*
- BATISTA, C.** *Diagnóstico Técnico de Maquinas Rotativas.* Segunda edición. Cuba- La Habana: Holguín, 2005, pp. 46-54
- Análisis de modo y efecto de falla potencial.* [en línea]. España: Bernal Laura, 2013. [Consulta: 02 abril de 2016.]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/lmarcela74/capacitacion-amef>
- COVENIN.** *Mantenimiento definiciones.* Venezuela-Caracas: Fondonorma, 1993, pp. 97-99.
- CREAU, A.** *Instrumentación Industrial.* Octava Edición. México-Guatemala: Alfaomega Grupo Editor, 2010. pp. 792-795.
- DUFFUAA, S.** *Sistemas de mantenimiento, planeación y control.* México-Guatemala: Limusa Wiley, 2000, pp. 24-27.
- GARCÍA, S.** *Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial.* Madrid-España: Renovetec, 2013, pp. 14-16.
- HERNÁNDEZ, S.** *Metodología de la investigación.* México-Guatemala: McGraw-Hill, 2010, pp. 43-49.
- JUAREZ, H.** *Análisis de criticidad.* México-D.F.: Limusa, 2007, pp. 98-101.
- LLANES, A.** *Mantenimiento planificado.* México-Guatemala: Hall, 2001, pp 72.
- MARTÍNEZ, U.** *Guía básica de calderas industriales eficientes.* México.D.F.: Hall, 2000, pp. 33-38.
- MONCHY, F.** *Técnicas de mantenimiento industrial.* Barcelona-España: Masson, 2004, pp. 48.
- MONCHY, F.** *Teoría y práctica del mantenimiento industrial.* Barcelona-España: Masson, 1990, pp. 223-231.
- MOUBRAY, J.** *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.* Londres-Gran Bretaña: Biddles Ltd, 1996, pp. 67-69.
- MOUBRAY, J.** *Reliability centered Maintenance.* New York-Estados Unidos: Industry press, 1996, pp. 72-74.
- PARRA, C.** *Taller de mantenimiento centrado en la confiabilidad.* Caracas-Venezuela: Planeta Venezolana, 2008, pp. 421-422.
- REY, F.** *Hacia la excelencia en el mantenimiento.* Madrid-España: TGP Hoshin, 1996, pp. 213.
- ROSALER, R.** *Manual del ingeniero de planta.* New York-Estados Unidos: Mac Graw-Hill, 2002, pp. 29-34.
- SMITH, J.** *Reliability maintainability and risk: practical methods of engineers .* Oxford-Inglaterra: Butterwoth Heinman, 2001, pp. 322-324.
- ZAMORA, M.** *Estadística descriptiva e inferencial.* Lima-Perú: Moshera S.R.L., 2003, pp 34-38.

