



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS
LABORATORIOS DE PROCESOS Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES DEL
ÁREA DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
CUENCA.”

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico

Autores:

Pablo Andrés Narváez Guznay

Carlos Eduardo Zhigue Tene

Director:

Ing. René Vinicio Sánchez

Cuenca, Marzo 2015



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS
LABORATORIOS DE PROCESOS Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES DEL
ÁREA DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
CUENCA.”

Tesis previa a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico

Autores:

Pablo Andrés Narváez Guznay
pabloandreu78@hotmail.com

Carlos Eduardo Zhigue Tene
zhiguec@hotmail.com

Director:

Ing. René Vinicio Sánchez
rsanchezl@ups.edu.ec

Cuenca, Marzo 2015

AGRADECIMIENTO

A mis padres, esposa, hermanos, sobrinos por su apoyo y confianza brindada dentro de este proceso de formación humana y profesional, demostrando que con perseverancia se cumplen las metas siendo personas de bien tomando el camino correcto.

A mis amigos Carlos, Eduardo, Oswaldo, Pedro, Rómulo, gracias por su apoyo y comprensión, durante el tiempo compartido dentro y fuera de las aulas supieron apoyarme con su aliento y conocimientos estudiantiles en todo.

Al Ing. Vinicio Sánchez por la dirección y realización de esta tesis, por permitirme ser parte de este proyecto adquiriendo nuevos conocimientos para mi vida profesional y personal.

Especialmente a todas las personas que no creyeron en este proyecto, a todos aquellos que esperaban nuestro fracaso durante el transcurso de este trabajo.

Pablo Andrés.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por sus bendiciones, por llenarme de fortaleza y sabiduría para culminar una de mis metas planteadas a lo largo de mi vida.

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria.

Al Ing. Vinicio Sánchez, Omar Llerena, Juan Galarza y Joffre Brito que gracias a su colaboración profesional permitieron que este proyecto se cumpla satisfactoriamente.

Carlos Eduardo.

DEDICATORIA

A mi hija Samantha Sofía, para quien ningún sacrificio es suficiente, desde tu llegada cambiaste el rumbo de mi vida y entendí el sentir de un día más de vida, gracias Dios por permitirme disfrutar de esta alegría junto a mis padres, esposa, hermanos, sobrinos y todos los seres queridos que sin la presencia de ustedes esto no hubiera sido posible.

Pablo Andrés.

DEDICATORIA

A mi madre Olguita a mi padre Víctor por su esfuerzo, sacrificio, dedicación y confianza.

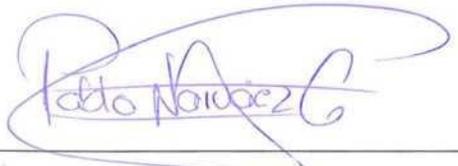
A mis hermanos Israel y Leonardo por su apoyo incondicional en todo momento.

Carlos Eduardo.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Pablo Andrés Narváez Guznay y Carlos Eduardo Zhigue Tene, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigentes



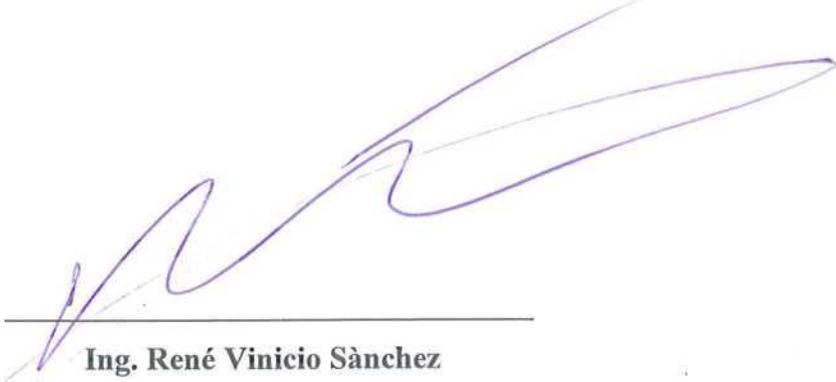
Pablo Andrés Narváez Guznay



Carlos Eduardo Zhigue Tene

CERTIFICADO

Que el presente proyecto de tesis “IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE PROCESOS Y TRANSFORMACIÓN DE MATERIALES DEL ÁREA DE INGENIERÍAS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.” realizado por los estudiantes Pablo Andrés Narváz Guznay y Carlos Eduardo Zhigue Tene, fue dirigido por mi persona.



Ing. René Vinicio Sánchez

RESUMEN

En este proyecto se presenta el proceso para la gestión de mantenimiento de los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Antes de iniciar con las etapas de la gestión de mantenimiento se empieza con una breve recopilación sobre la evolución del mantenimiento, un breve concepto sobre algunos tipos de mantenimiento, revisión del estado actual de la gestión del mantenimiento, tomando en cuenta indicadores de clase mundial, software GMAO, la tercerización del mantenimiento y la normativa para el mantenimiento industrial y la calidad del mantenimiento referido a la norma *ISO 9001*.

La gestión del mantenimiento consta de cuatro etapas dentro de este proyecto:

En la primera etapa se toma como base en la norma *ISO 14224*, para realizar el inventario de máquinas y equipos con sus especificaciones técnicas, aplicando un sistema de códigos con el cual se facilita su identificación dentro de los laboratorios. Como punto importante cada máquina del inventario cuenta con una ficha técnica que especifica los datos de fabricante. En la actualidad se cuenta con dieciocho laboratorios y una sala de compresores, de los cuales diez laboratorios y la sala de compresores fueron gestionados por la Ing. Elsa Dumaguala y los ocho laboratorios restantes se complementan en este proyecto.

En la segunda etapa de este proyecto se realizó la planificación del mantenimiento preventivo para cada una de las máquinas. Es importante conocer los objetivos de cada laboratorio y determinar un objetivo de mantenimiento para facilitar la categorización de las máquinas, al categorizar las máquinas se logró asignar diferentes tareas preventivas con sus instrucciones, con lo cual se define los insumos y herramientas necesarias para cada ejecución del mantenimiento.

En la tercera etapa se realiza la implementación de la gestión mediante el software de mantenimiento SisMAC. En esta etapa se ingresa al software la información de los laboratorios, máquinas o equipos aplicando la codificación antes definida, creando fichas técnicas y asignación de tareas de mantenimiento preventivo a nivel de equipo. Programando el mantenimiento de forma automática, esto permite la gestión de insumos, repuestos y herramientas dentro de cada semestre.

En la cuarta etapa de este proyecto se realiza la gestión documental mediante la aplicación de la norma *ISO 30300*, y sus derivadas, se aplica sus instrucciones como acopio de varios tipos de documentos técnicos, codificación de los mismos de acuerdo a cada máquina, e ingreso del código de catálogo dentro del Software SisMAC específicamente en las fichas técnicas anteriormente creadas.

Palabras claves: Gestión de Mantenimiento, SisMAC, Gestión Documental.

ÍNDICE

1	Evolución del mantenimiento	1
1.1	Evolución del mantenimiento.....	1
1.2	Mantenimiento preventivo	7
1.2.1	Definición mantenimiento preventivo	8
1.2.2	Gestión del mantenimiento preventivo	8
1.2.3	Ventajas del mantenimiento preventivo.....	9
1.2.4	Fases del mantenimiento preventivo.....	9
1.3	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	9
1.3.1	Definición mantenimiento centrada en la confiabilidad	10
1.3.2	Mantenimiento basado en condición	10
1.3.3	Objetivo del mantenimiento basado en la condición	11
1.3.4	Beneficios	11
1.4	Gestión del mantenimiento en la actualidad	11
1.4.1	Indicadores de gestión para el mantenimiento.....	12
1.4.1.1	Indicador de disponibilidad	13
1.4.1.2	Indicador de fiabilidad.....	14
1.4.1.3	Indicador de mantenibilidad	14
1.4.1.4	Indicador de tiempo entre fallas	15
1.4.1.5	Indicador de tiempo medio de reparación	15
1.4.1.6	Indicador de costo de mantenimiento por el valor de reposición	16
1.4.2	Indicadores en la gestión de equipos	16
1.4.2.1	Tiempo medio entre mantenimientos preventivos.....	17
1.4.2.2	Tiempo medio para intervenciones preventivas	17
1.4.2.3	Tasa de falla observada.....	17
1.4.2.4	Tasa de reparación	18
1.4.3	Programas para mantenimiento.....	18
1.4.3.1	Beneficios GMAO.....	19
1.4.3.2	GMAO de mantenimiento	20
1.4.3.3	SisMAC Aplicado al Área de Ingeniería Mecánica	20
1.4.4	Tercerización del mantenimiento.....	22
1.4.4.1	Aspectos principales – tercerización	22

1.4.4.2	Principios fundamentales – tercerización	22
1.4.4.3	Etapas de la tercerización	23
1.5	Normas en el mantenimiento industrial	23
1.5.1	Organizaciones que representan a ISO en Latinoamérica	24
1.5.2	Normas ISO para mantenimiento.....	25
1.5.3	Normas UNE para el mantenimiento	26
1.5.4	Normas INEN para el mantenimiento.....	27
1.5.5	Norma SAE para mantenimiento	28
1.5.6	Normas ASTM para mantenimiento	29
1.6	Calidad del mantenimiento.....	30
1.6.1	Concepto de calidad del mantenimiento	30
1.6.2	Principios del mantenimiento de calidad	30
1.6.3	Herramientas de análisis en el mantenimiento de calidad.	31
1.7	Norma 9001:2008 sistema de gestión de calidad	31
CAPÍTULO 2.....		33
2	Mantenimiento en los laboratorios.....	33
2.1	Objetivos del plan de mantenimiento.....	34
2.1.1	Servicios de los laboratorios	34
2.1.2	Carreras relacionadas con los laboratorios	34
2.2	Categorización de máquina y selección de modelos de mantenimiento	38
2.3	Análisis de la situación actual del mantenimiento en los equipos de los laboratorios	55
2.3.1	Estrategias de la matriz foda	55
2.3.2	Resultados de la matriz FODA	58
2.4	Análisis de registro y operaciones de equipo de los laboratorios	58
2.4.1	Distribución del tiempo en la reparación de averías	60
2.4.2	Asignación de prioridades en averías	60
2.4.3	Diagnóstico de averías	61
2.4.4	Causas de fallos.....	62
2.4.5	Análisis de fallos.....	62
3	Implementación del plan de mantenimiento aplicando software de mantenimiento SisMAC.....	63
3.1	Ingreso de Inventario técnico	63

3.1.1	Sistema de codificación aplicado.....	64
3.1.2	Listado de máquinas	64
3.2	Desglose de máquinas en equipos, componente y elementos	67
3.2.1	Consideraciones para desglosar a una máquina en equipos.....	67
3.3	Diseño de fichas técnicas	67
3.4	Ingreso de parámetros de equipo y referencias graficas	71
3.5	Ingreso de repuestos y herramientas	73
3.6	Ingreso de recursos humanos	73
3.6.1	Generación de usuarios	73
3.7	Emisión de documentos para el registro de mantenimiento.....	74
4	Gestión documental	77
4.1	Introducción a la gestión documental.....	77
4.2	Gestión documental según ISO.....	78
4.2.1	Objetivos de la gestión documental.....	78
4.3	Norma 30300 para la gestión documental.....	79
4.3.1	Familia de las normas ISO 30300.....	79
4.4	Requerimientos de la norma ISO 30301	79
4.5	Acopio y codificación de manuales técnicos	81
4.6	Sistema de codificación de documentos.....	82
4.7	Designación de documentos en SisMAC	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1: Creación de ficha técnica	70
Figura 3-2: Creación de campos en ficha técnica	70
Figura 3-3: ficha técnica general.....	72
Figura 3-4: Proceso para emisión, aprobación y recepción de una orden de trabajo.....	76
Figura 4-1: Ejemplo de codificación de manuales.....	83
Figura 4-2: Ubicación de código de manual	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1: Cronología del mantenimiento. Fuente: [3]	6
Tabla 1-2: Sucesos importantes del mantenimiento. Fuente: [3].....	6
Tabla 1-3 : Compara el proceso Administrativo de Fayol con el Actual. Fuente: [3].....	7
Tabla 1-4: Instituciones Representantes de ISO en Latinoamérica. Fuente: [17].....	24
Tabla 1-5: Normas ISO. Fuente: [18]	25
Tabla 1-6: Normas UNE. Fuente: [20]	26
Tabla 1-7: Normas INEN. Fuente: [21]	27
Tabla 1-8: Normas API. Fuente: [22]	28
Tabla 1-9: Normas SAE. Fuente: [24]	28
Tabla 1-10: Normas ASTM. Fuente: [25].....	29
Tabla 2-1: Laboratorios pendientes - realizados.....	33
Tabla 2-2: Objetivo de los laboratorios y objetivos de mantenimiento	35
Tabla 2-3: Aspectos para análisis de criticidad. Fuente: [28].....	39
Tabla 2-4: Matriz de criterios para categorización de máquinas y equipos.....	39
Tabla 2-5: Categorización de máquinas y equipos	40
Tabla 2-6: Selección de modelo de mantenimiento para máquina o equipo	49

Tabla 2-7: Análisis FODA de los laboratorios de Ingeniería Mecánica.....	56
Tabla 2-8: Laboratorios más utilizados en el área de Ingeniería Mecánica.....	59
Tabla 2-9: Distribución de tiempo en la reparación de una avería	60
Tabla 2-10: Niveles de prioridad y criterios de asignación	61
Tabla 3-1: Listado máquinas ubicada en los laboratorios.....	65
Tabla 3-2: Datos de equipo	68
Tabla 3-3: Datos de ficha técnica.....	69
Tabla 4-1: Código de documentos	82

CAPÍTULO 1

1 Evolución del mantenimiento

Este capítulo presenta la evolución del mantenimiento, en el contexto actual, la normativa que rige para el mantenimiento preventivo y la calidad del mantenimiento. Se realiza una recopilación desde sus inicios hasta la actualidad y las aplicaciones en las distintas industrias.

1.1 Evolución del mantenimiento

La evolución del mantenimiento se realiza durante tres generaciones que revolucionaron las técnicas del mantenimiento.

120000 A.C. empieza el hombre con pensamientos de realizar mantenimiento correctivo en sus herramientas y utensilios de la vida diaria.

Entre 1780 – 1830 se produce la primera revolución industrial, donde casi en su totalidad todo se fabrica manualmente, por lo que la demanda de mano de obra era elevada, así mismo se obtenía productos caros y de calidad variable. En este periodo se implanta la fábrica de papel donde los operarios de las mismas a pesar de cumplir sus funciones, cuidan a sus máquinas aplicando un mantenimiento correctivo, no consideran a las máquinas como parte fundamental de su trabajo. A finales de este periodo el mantenimiento correctivo fue mejorado debido a que las fallas frecuentes necesitaban de especialistas y tardaban mucho tiempo en corregirlas y en fabricar las piezas rotas que debían ser reemplazadas.

Entre 1856 - 1915 la proliferación de fábricas y contratar personal sin experiencia, aumentaba los costos de producción debido a su adiestramiento. En este periodo el trabajador Frederick W. Taylor inicia con las bases para la Segunda Revolución Industrial al aumentar el interés por el cientificismo en el trabajo y en la administración con lo cual se logra aumentar de manera eficiente la productividad, en este periodo aún se

utiliza el mantenimiento correctivo. En 1903 la mayoría de los productos que se fabricaban era muy costoso por lo cual solo las personas millonarias podían obtenerlas.

Entre 1914 – 1918 se presenta la primera guerra mundial el personal que realiza mantenimiento correctivo lo comienza realizar mediante la asignar tareas de prevención para evitar que máquinas importantes fallen, dando lugar a formar los Departamentos de mantenimiento preventivo. Dentro de este periodo en el año 1916 se aplica la Administración Científica y Henry Fayol desarrollo su modelo de Administración Industrial y General, integrando cuatro elementos: previsión, organización, coordinación y control, lo cual permitió evidenciar la rivalidad que existía ente el personal de producción y mantenimiento.

Henry Ford estableció la producción masiva de automóviles en la industria, logrando abaratar los costos de producción y logrando en 1914 implementar un sistema de bandas transportadoras, por otra parte aumentaban las tareas y el tiempo para la aplicación del mantenimiento correctivo. Albert Romandy Asociados implementa las cuadrillas de trabajo con personal de baja calidad.

1927 debido al cientificismo y a los trabajadores de Federick Taylor crecio el interés en aplicar la estadística en el trabajo pero su aplicación era muy lenta y poco confiable, tomando en cuenta los logros la industria norteamericana hicieron que las matemáticas fuera implementadas dentro del mantenimiento como indicadores a nivel mundial. En 1937 el excedente número de trabajadores obliga a las empresas a priorizarlos, tomando en cuenta la importancia de cada uno de ellos. Joseph Juran dio a conocer su regla 80/20 la que fue nombrada Principio de Pareto, que permite establecer prioridades al determinar los ítems de influencia vital o importancia a fin de atenderlos por orden prioritario, así evitando que afecte al producto final.

Walter A. Shewhart desarrolla el Control Estadístico de Calidad “ (*Static Quality Controll – SQC*) ” y Deming publica su libro El Control Económico de la Calidad del Proceso Manufacturado. Deming y Shewhart siguieron trabajando en mejoras para el (SQC) para la industria norteamericana hasta 1939 con la llegada de la segunda guerra mundial donde se abandonó esta práctica.

En la segunda guerra mundial 1939 - 1945 se sistematizan los trabajos de mantenimiento preventivo, y en Estados Unidos de América se empezó a abandonar el Control Estadístico de Calidad, que se había establecido Deming y Shewhart, antes de la segunda guerra mundial. En 1946 sigue el mantenimiento preventivo el cual no garantiza que las máquinas entreguen productos de calidad. En este mismo año se crea la Sociedad Americana de Control de Calidad (*"American Society For Quality-ASQ"*) de la el Dr. W. Edwards Deming fue socio. Dicha sociedad ayudo al estudio estadístico del trabajo y se obtuvo mejoras en la calidad de los productos.

En 1950 durante la Segunda Guerra Mundial Japón fue destrozada completamente en su campo industrial, el comandante supremo de las Fuerzas Aliadas CSFA, al mando del general estadounidense Douglas MacArthur, estableció un programa un desarrollo con especialistas, el principal especialista fue el Dr. W. Edwards Deming. Los trabajadores de Deming empezaron la tercera revolución industrial, al establecer el Control Estadístico de Calidad en la industria Japonesa. Deming aplico Ciclo Shewhart PDCA O PHVA que significa: planificar – hacer – verificar – actuar.

La industria de Estados Unidos de America en este mismo año 1950 crea el Mantenimiento Productivo el cual procura obtener calidad como cantidad de los productos, y ya no solo dedicarle tiempo al cuidado de las máquinas.

Wallid Weibull presenta la Distribución de Weibull del cual se deriva el Análisis de Weibull, usaba para estimar una probabilidad ya sea con datos tomados o estimados, esta distribución fue utilizada para dar soluciones a problemas de seguridad y mantenimiento. En 1960 debido al elevado número de accidentes aéreos, se comprueba que el hecho cambiar piezas usadas por nuevas, no garantiza la calidad del servicio.

ATA Air Transport Association se especializaron en Mantenimiento dando el concepto de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Kaoru Ishikawa autor del diagrama Ishikawa, con su experiencia en el estudio del mantenimiento preventivo estadounidense desarrolla el Circulo de la Calidad (*"Quality Circle – QC"*), con lo cual preparo cursos y materiales con los cuales se obtuvieron resultados magníficos en la calidad y productividad. En la actualidad estos Círculos de Calidad son conocidos a nivel mundial.

Shigeo Shingo en 1961 empezó a utilizar el sistema Poka – Yoke, que significa “a prueba de error”, este sistema se aplica en situaciones donde la seguridad de la vida humana es prioridad, además de cuidar la calidad del producto y servicio de las máquinas.

En 1965 Kepner Tregoe presenta su libro el directivo racional del cual se tomó las bases para que se derive el actual Análisis – Causa – Raíz (RCA), que permite obtener un buen diagnóstico de las causas de los fallos.

En 1970 se empieza a utilizar la computadora en las organizaciones, únicamente las computadoras las empleaban los departamentos de producción y mantenimiento, únicamente las utilizaban para el inventario de los activos fijos y no para su administración. Se crea un software computarizado para la administración del mantenimiento, este software se encargaba de resolver problemas administrativos del área de Mantenimiento. El software ha revolucionado la administración de activos de la empresa y la planeación de las necesidades de la empresa.

En 1971 persisten los problemas de dialogo entre los departamentos de producción y mantenimiento. Seiichi Nakajima creo en los 60’s el mantenimiento productivo total basado en el mantenimiento productivo, En este mismo año el mantenimiento productivo total se empieza a utilizar en todo Japón, y a partir de los 80 se aplica fuera de este país, este mantenimiento se ayuda de los círculos de calidad. El Mantenimiento Productivo Total “ (*Total Productive Maintenance, TPM*) ” se apoyan los fabricantes de naves aéreas, para ofrecer al mercado mundial sus naves con seguridad y calidad.

En 1978 Air Trasnport Association produjo el mantenimiento guiado por grupo directivo” (*Guía Maintenance Steering Group - MSG – 3*) ” únicamente aplicada a la fabricación de naves aéreas para las que implementaron su programa de Mantenimiento.

Eli Whitney propone la idea de utilizar parte intercambiables en las armas de guerra, lo cual es hacían hace cinco años atrás en sus máquinas algodoneras.

En 1980 el Instituto para la Investigación de la Energía Eléctrica modifico el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad dando lugar a la Optimización del Mantenimiento Planificado “ (*Planned Maintenance Optimization - PMO*) ”.

En este año los avances obtenidos por las plantas aeronáuticas, eléctricas y de energía nuclear dieron la apertura al MSG – 3 para su estudio y aplicarlo al resto de industrias.

John M. Moubray y Asociados empezaron aplicar el RCM en las distintas clases de industria, empezando por Sudáfrica e Inglaterra. Mejorando el RCM sin perder el enfoque en la Confiabilidad y ofreciendo su versión RCM – 2.

En 1995 los puestos de trabajo eran desordenados y sucios por que generaban pérdidas de tiempo en búsqueda de herramientas y accidentes laborales. Hiroyuki Hirano presento su libro 5 Pillars of Visual Workplace (5'S), más conocidas como las 5'S. Al aplicar esta normativa se notó de manera notable un cambio en el ambiente de trabajo, la limpieza de la fábrica, la definición y organización de herramientas y sobre todo mejoro la Calidad y Productividad [1].

En 2003 White y Barry realizaron un estudio en el cual demostraron que la tercerización del mantenimiento ha sido el resultado de la progresiva tendencia a la especialización y la globalización en la sociedad moderna.

Desde el 2005 en adelante existe una nueva filosofía con características ecológicas, llamadas filosofía de conservación, la cual se basa en el principio ecológico, esto ha dado lugar a apersonas e instituciones que se dedican a estudiar el desarrollo de la Conservación Industrial (IC) [1].

En 2008 han encontrado que desde los 90 hasta la actualidad la tercerización ha ganado terreno en la Industria. Esta tendencia se da debido a la revolución informática y las nuevas tecnologías así mismo en el auge de la globalización y preferencias de los consumidores. En la tercerización se designa trabajos específicos a terceros en lugar de ser ejecutados por la misma empresa [2].

2005 hasta estas fechas la palabra mantenimiento se usa para tratar dos sistemas de trabajo diferentes:

- El primero en el cuidado de los equipos
- El segundo en el cuidado de los servicios y productos que proporciona la máquina.

En la Tabla 1-1, se muestra la cronología del mantenimiento, donde se explica el año y el tipo de mantenimiento, en la Tabla 1-2, se encuentra los sucesos importantes del mantenimiento.

Tabla 1-1: Cronología del mantenimiento. Fuente: [3]

<i>Año</i>	<i>Cronología del Mantenimiento</i>
-120000	Bases del mantenimiento correctivo (CM)
1780	Mantenimiento correctivo (CM)
1914	Mantenimiento preventivo (MP)
1927	Control estadístico de calidad (SQC)
1950	Mantenimiento productivo (PM)
1960	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)
1970	Sistema computarizado para la administración del mantenimiento (CMMS)
1971	Mantenimiento productivo total (TPM)
1995	Implementación de las 5'S
2005	Filosofía de conservación ecológica

Tabla 1-2: Sucesos importantes del mantenimiento. Fuente: [3]

<i>Año</i>	<i>Sucesos importantes dentro del mantenimiento</i>
1780	Mantenimiento correctivo (CM)
1798	Uso de partes intercambiables en máquinas
1903	Producción industrial masiva
1910	Formación de cuadrillas de mantenimiento correctivo
1914	Mantenimiento preventivo (MP)
1916	Inicia procesos administrativo
1927	Uso de estadísticas en la producción
1931	Control económico de la calidad del producto manufacturado
1937	Conocimiento del principio de W. Pareto
1939	Se controla los trabajo de mantenimiento preventivo con estadísticas
1946	Mejoramiento del control estadístico de calidad (SQC)
1950	En Japón se establece el control estadísticos de calidad
1950	En Estados Unidos se desarrolla el mantenimiento productivo (PM)
1951	Se conoce el "análisis de Weibull"
1960	Se desarrolla en la mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)
1961	Se inicia el Poka-Yoke
1962	Se desarrollan los círculos de calidad (QC)
1965	Se desarrolla el análisis – causa – raíz (RCA)
1968	Publican la guía MSG-1 conocida como RCM mejorada
1970	Difusión del uso de computadora en administración de activos (CMMS)
1971	Se desarrolla en la mantenimiento productivo total (TPM)
1978	Publican guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento de naves aéreas

1980	Se desarrolla la optimización del mantenimiento planificado (PMO)
1995	Desarrollo de las 5S's (5 pilar of the visual workplace)
2005	Estudio de la filosofía de la conservación industrial (IC)
2008	Tercerización del mantenimiento

1.2 Mantenimiento preventivo

De 1914 a 1918 la industria de los países beligerantes dio prioridad a la guerra, por lo que las industrias trabajaban 24 horas al día y debían tener garantías de calidad para evitar pérdidas humanas. Debido a que dentro de las empresas se tomaban decisiones importantes, se vio que la empresa debía tener una buena administración.

W. Taylor no había logrado una manera científica de administrar, pero su libro principios de administración, proporciono con fundamentos importantes para que Henri Fayol, en 1916 presentara su libro administración general e industria, en el cual consideraba que toda Administración estaba estructurada por la previsión: la organización, el mando, la coordinación y la fiscalización, lo cual permitió que el proceso administrativo sea más eficiente [3].

En la Tabla 1-3 se observa que Fayol no toma en cuenta la integración, en el proceso actual de la administración ya tenemos la integración como parte de este, además fue el siguiente paso para la evolución del desarrollo normal del mantenimiento dentro de la empresa [3].

Tabla 1-3 : Compara el proceso Administrativo de Fayol con el Actual. Fuente: [3]

<i>PROCESOS ADMINISTRATIVOS</i>	
1916 Henry Fayol	En la actualidad
Previsión	Planeación
Organización	Organización
	Integración
Mando y Coordinación	Ejecución
Fiscalización	Control

1.2.1 Definición mantenimiento preventivo

Este concepto se basa en una inspección de forma visual, manual y auditiva todas las variables que pueden variar en el equipo, esto aumenta los costos de planeación y programación al principio, pero a mediano o largo plazo se reducen considerablemente. Con la inspección constante se consigue que un programador evite fallas de los elementos, por el tiempo de uso del elemento [4][5].

Este mantenimiento también es llamado "mantenimiento sistemático", tiene lugar antes que ocurra la falla o avería, se efectuar bajo condiciones controladas.

Presenta las siguientes características:

- Se realiza el momento en el cual la máquina no está produciendo.
- Se lo lleva acabo en paradas programadas por la empresa.
- Cuenta con un tiempo determinado dentro de la fecha programada para el paro de la máquina
- Está orientado a áreas en particular y ciertos equipos especializados, aunque también se puede llevar acabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite llevar a la empresa un historia del todos los equipos, donde se puede actualizar información técnicas.

1.2.2 Gestión del mantenimiento preventivo

La gestión consiste en programar las actividades que permitan mantener en condiciones óptimas a los equipos, estas actividades se basan en el control de las partes críticas del equipo cuando aun no presentan fallas, considerando factores como: vida útil, esfuerzos, y características específicas del equipo. Esto permite establecer una frecuencia de tareas y rutinas del mantenimiento del equipo, dando como resultado: disminución de costos, aumento de vida útil del equipo, seguridad del producto y mejorar la calidad el producto [6].

1.2.3 Ventajas del mantenimiento preventivo

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad debido a conocer el estado del equipo, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminuir tiempos muertos, tiempos de parada de equipo/máquina.
- Disminución de repuestos en bodega, por la reducción de costos, pues se ajusta a repuestos de mayor o menor demanda.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menores son los costos de reparación.

1.2.4 Fases del mantenimiento preventivo

- Inventario técnicos, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuarse periódicamente.
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuarse el trabajo.
- Registro de operaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar [7].

1.3 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Cuando la industria aérea de los Estados Unidos observó que el mantenimiento preventivo no reducía la probabilidad que ocurran fallas, decidieron formar un equipo de investigación junto a la Administración Federal de Aviación para realizar un estudio más profundo del mantenimiento preventivo. Los resultados de este estudio confirmaron que el mantenimiento preventivo solo era efectivo en un 11% de los componentes, el otro 89% demostraron que los componentes exhibían fallas aleatorias, por esta razón llegaron a la conclusión que el mantenimiento preventivo no resultaba efectivo.

Al obtener resultados negativos de este estudio. El equipo de investigación se dio la tarea de desarrollar una nueva filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad [8].

Un aspecto importante de la filosofía del Mantenimiento centrado en la confiabilidad – MCC, es que promueve el desarrollo y uso de nuevas tecnologías dentro del mantenimiento, permite optimar de forma eficiente procesos de producción y disminuir al máximo los riesgos en la seguridad personal y el ambiente [9].

1.3.1 Definición mantenimiento centrada en la confiabilidad

“Es una metodología utilizada para determinar, sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen desempeñando las funciones requeridas por el usuario, en su contexto operacional presente” [9].

Anthony Smith, define como:

“Una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema” [9].

1.3.2 Mantenimiento basado en condición

Mantenimiento Basado en la *“Condición, Condition - based Maintenance (CBM)”* [10] es una metodología también conocida como mantenimiento predictivo, que se realiza en base a las condiciones o parámetros de los equipos, en lo que se toma en cuenta algunos límites o parámetros que luego son evaluados mediante algunas tecnologías como:

- Análisis de vibraciones
- Termología infrarroja
- Coronografía ultravioleta
- Alineación y balanceo dinámico [11]

“El CBM es establecido mediante la evaluación y validación de los análisis de criticidad de equipos, matrices CBM y rutas de inspección, mediante la recolección - análisis de información operacional y de mantenimiento de los diversos equipos. Luego se realiza un mapeo y posterior control de las variables escogidas mediante la aplicación de técnicas predictivas” [11].

1.3.3 Objetivo del mantenimiento basado en la condición

El objetivo de este mantenimiento basado en la condiciones obtener la mayor cantidad de datos sobre la máquina, para poder identificar posibles fallos, que causen incidente o paradas no deseadas, para ello se utiliza el análisis de la tendencia de los datos recolectados [10].

1.3.4 Beneficios

- *Ajuste de inspecciones periódicas de preventivo.*
- *Eliminación casi total de las fallas inesperadas.*
- *Ahorro y disminución del inventario de repuestos.*
- *Reducción del número de equipos en Stand-by, (estado de reposo).*
- *Ahorro apreciable en los consumos de energía de los equipos.*
- *Garantía del cumplimiento de las características de diseño.*
- *Aumento general de la seguridad de equipos e instalaciones [11].*

1.4 Gestión del mantenimiento en la actualidad

El mantenimiento garantiza la funcionalidad y conservación de los equipos, siempre y cuando se aplique correctamente a un costo competitivo, en la actualidad el mantenimiento se considera fundamental en toda empresa que sea competitiva. Dentro de las diversas formas conceptuales, una de las más actuales es *“el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menos costo posible, la máxima disponibilidad del equipamiento para la producción; visto esto a través de la prevención de la ocurrencia de fallos y de la identificación y señalamiento de las causas del funcionamiento deficiente del equipamiento”* [12].

Al iniciar el proceso de gestión del mantenimiento se requiere tener conciencia de la realidad, y posteriormente plantearse los objetivos a alcanzar. Al iniciar la gestión del mantenimiento se debe monitorear el progreso alcanzado, a través de observaciones y comparaciones a largo plazo comparándolo con lo que se tenía al inicio del periodo.

Para evaluar y controlar la gestión del mantenimiento, se necesita saber cuan eficiente es la aplicación de la política del mantenimiento que se ha planificado para el entorno

productivo de la empresa. Al realizar esta evaluación permite actuar de forma rápida y precisa sobre los factores débiles del mantenimiento. Para la evaluación de la gestión del mantenimiento se utilizan una variedad de paquetes de indicadores de clase mundial. Estos indicadores de clase mundial describen la eficiencia del desempeño del mantenimiento [12].

En la actualidad la toma de decisiones respecto a los sistemas de mantenimiento forman un aspecto de primer orden a resolver, de modo que garantiza la adecuada evaluación y control de la gestión del mantenimiento, logrando una mayor disponibilidad de las capacidades productivas instaladas. En la realidad el proceso de toma de decisiones es complicado por el exceso de indicadores de clase mundial sin una definición clara de la importancia de cada uno de ellos lo cual dificulta su valoración e influencia en las actividades del mantenimiento [12].

En la actualidad aparte de los indicadores de clase mundial, la gestión del mantenimiento se apoya en la software de "*Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenar – (GMAO)*", los cuales son utilizados por el personal encargado del manteniendo en las instalaciones de la empresa. Esto influye en el control de los máquinas, equipos, componentes y accesorios, permitiendo llevar un control histórico de las fallas en los equipos para ser corregidas en el menor tiempo posible.

1.4.1 Indicadores de gestión para el mantenimiento

En el año de 1927 Federick Taylor empieza el uso de estadísticas en la producción, ya para el año 1939 se empieza a controlar los trabajos de mantenimiento preventivo con estadísticas. En 1946 se logra mejorar el control estadístico de la calidad. Wallid Weibull presenta la distribución de Weibull de que se deriva el análisis de Weibull, usaba para estimar una probabilidad ya sea con datos tomados o estimados, esta distribución fue utilizada para dar soluciones a problemas de seguridad y mantenimiento.

Son llamados indicadores de clase mundial debido que se utilizan en todos los países, de los seis indicadores de clase mundial cuatro se refieren al análisis de gestión de equipos y dos de la gestión de costos [13].

Esto se aplica para tener una mejora continua en la aplicación de métodos y técnicas para el mantenimiento basándose en parámetros numéricos, la magnitud de los indicadores sirve para comparar valores o niveles de frecuencia para optar acciones correctivas, predictivas, modificativas según se lo requiera.

Las únicas medidas técnicas y científicas tales como: **confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad** se fundamentan en cálculos matemáticos, estadísticos y de probabilidad que tiene el mantenimiento como indicadores o niveles de referencia.

En tanto a los indicadores de gestión generalmente son los que relacionan dos valores y por lo general no aportan valores o referencias para poder evaluar los diversos aspectos de una gestión aplicada en un departamento [14].

1.4.1.1 Indicador de disponibilidad

Este indicador se define como la probabilidad de que una máquina este en óptimas condiciones para producir en un tiempo determinado, sin dar cabida a averías, ajustes de máquina, paradas indefinidas o repentinas.

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

Dónde:

T_o = tiempo total de operacion

T_p = tiempo total de parada

Cabe recalcar que los periodos de parada no incluyen paradas planificadas, tales como paradas de mantenimiento o de producción debido a que no son causadas por fallos.

La ecuación anterior muestra la disponibilidad de forma natural, pero de forma más práctica se suele calcular la disponibilidad a través de los tiempos medios entre las fallas y las reparaciones, de esta forma la disponibilidad depende de:

- La frecuencia de las fallas
- Tiempo en corregir y ponerla en servicio.

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

Dónde:

TPEF = Tiempo promedio entre fallos

TPPR = Tiempo promedio de reparación

1.4.1.2 Indicador de fiabilidad

Con este indicador se obtiene las probabilidades de desempeño de un equipo según su diseño, es decir que trabaje un periodo de horas establecidas y bajo las condiciones para las que fue diseñado.

Al analizar las fallas se registra otra medida de desempeño de los sistemas, para lo cual utilizamos la denominada tasa de fallas, por tanto, la medida del tiempo entre fallas (TPEF) se caracteriza por la fiabilidad de la máquina.

Tiempo promedio entre fallas: Mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado de estudio.

$$TPEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

Dónde:

HROP = Horas de operación

NTFALLAS = Numero de fallas detectadas

1.4.1.3 Indicador de mantenibilidad

Son indica la probabilidad de que un equipo en estado de fallo, pueda ser reparado en condiciones específicas y tiempo determinado, implementando recursos determinados.

Ahora se toma la media de tiempos de reparación (TTF) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

$$TPPR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

Dónde:

$TTF = \text{Tiempo total de fallas}$

$NTFALLAS = \text{Numero de fallas detectadas}$

Tiempo promedio de reparación: Se obtiene de la relación entre el tiempo total de intervención correctiva y el número total de fallas detectadas, en un periodo de observación.

La relación existente entre el tiempo promedio entre fallas debe estar asociada con el cálculo del tiempo promedio para la reparación.

1.4.1.4 Indicador de tiempo entre fallas

Es la relación que existe entre el número de ítems por su tiempo de operación y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en un periodo tal de observación.

$$TMEF = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMP}$$

$NOIT = \text{Numero total de máquinas o equipos en funcionamiento}$

$HROP = \text{Horas de operación en un tiempo determinado.}$

$NTMP = \text{Numero total de fallas detectadas en un periodo}$

Este indicador se debe utilizar en ítems que son reparados después de ocurrida la falla.

1.4.1.5 Indicador de tiempo medio de reparación

Es la relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en un periodo de observación.

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

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

Es importante saber diferenciar los conceptos entre índice Tiempo Medio para la Falla y Tiempo Medio Entre Fallas. El primero (TMPF) se calcula para ítems que no son reparables tras haber ocurrido la falla, es decir cuando es sustituido por un nuevo y por lo tanto su tiempo de reparación es cero. El segundo índice (TMEF) se lo utiliza para ítems que son reparados tras la ocurrencia de la falla, por lo tanto estos dos índices son mutuamente exclusivos, su cálculo de uno excluye del otro.

1.4.1.6 Indicador de costo de mantenimiento por el valor de reposición

Es la relación entre el costo total acumulado en el mantenimiento de un determinado equipo y el valor de compra del mismo equipo nuevo, es decir es el valor de reposición.

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} * 100$$

Dónde:

CTMN = Costo total acumulado de mantenimiento

VLRP = Valor de compra del mismo equipo nuevo

Este índice por lo general se lo usa para calcular los ítems más importantes de la empresa, los cuales son los que afectan la facturación, la calidad de los productos o servicio, la seguridad o el medio ambiente, además utiliza valores acumulados por lo tanto toma su procesamiento más demorado que los demás.

1.4.2 Indicadores en la gestión de equipos

Además de los indicadores de equipos identificados como “clase mundial”, existen otros indicadores, que pueden auxiliar en la evaluación de los criterios de intervención y del proceso de gestión.

1.4.2.1 Tiempo medio entre mantenimientos preventivos

Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación, con relación al número total de intervenciones preventivas, en el periodo observado.

$$TPEP = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMP}$$

NOIT = Numero total de máquinas o equipos en funcionamiento

HROP = Horas de operación en un tiempo determinado.

NTMP = Numero total de fallas detectadas en un periodo

1.4.2.2 Tiempo medio para intervenciones preventivas

Relación entre el tiempo total de intervención preventiva en un conjunto de ítems, y el número total de intervención es preventiva en esos ítems, en el periodo observado.

$$TPMP = \frac{\sum HRMP}{NTMP}$$

HRMP = Horas total de intervenciones preventivas en un numero de equipos

1.4.2.3 Tasa de falla observada

Relación entre el número total de ítems con falla, y el tiempo total acumulado durante el cual este conjunto fue observado.

$$TXFO = \frac{NTMP}{\sum HROP}$$

Este índice, debe estar asociado a: intervalos de tiempo, condiciones particulares y especificadas y; el tiempo total acumulado, deberá ser la suma de todos los intervalos de

tiempo, durante los cuales cada ítem, de manera individual, quedó sujeto a las condiciones específicas de funcionamiento.

1.4.2.4 Tasa de reparación

Relación entre el número total de ítems con falla, y el tiempo total de intervenciones correctivas en esos ítems, en el periodo observado.

$$TXRP = \frac{NTMP}{\sum HRMP}$$

Como puede ser observado, las expresiones matemáticas de los dos últimos índices, muestran que son inversamente proporcionales al tiempo medio para falla y al tiempo medio para reparación que, como ya fue indicado, son más aplicados.

1.4.3 Programas para mantenimiento

La implementación de los Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento, se presentan en el año de 1970, donde hasta la actualidad se han desarrollado variedad de programas "*Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador - (GMAO)* ". Que facilitan maximizar los recursos de la empresa u organización.

En la actualidad la mayoría partes de empresas cuentan con "*Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador – (GMAO)* ". La finalidad de la empresa es gestionar al máximo todos sus recursos con el fin de producir bienes y servicio que permitan crecer a la empresa. "*El éxito de toda actividad empresarial depende de todas las partes que forman la estructura de una organización*" [15].

En realidad una de las partes importante de la empresa es su planta productiva, la cual afecta todos los activos de la empresa, normalmente entre el 5 y un 20% de los costos totales de la empresa. La complejidad del mantenimiento es lo que incrementa los costos del mismo, de la misma manera su producto final, por este motivo se opta por un sistema

de gestión de mantenimiento informático que permite realizar: planificación de tareas, administración y seguimiento de los procesos de mantenimiento.

La mayoría de estos sistemas contiene módulos básicos para identificación y codificación de los activos, ordenes de trabajo, rutinas y tareas de mantenimiento, historia de los equipos, centro de compras y gestión de repuestos, todos estos datos al pasar un tiempo proporcionan una base firme para poder evaluar en qué condiciones se encuentra el mantenimiento en sus equipos.

Estos sistemas permiten identificar por qué y cómo los equipos se desgastan y fallan, permitiendo a los responsables de mantenimiento a desarrollar nuevas estrategias para tratar de eliminar las causas de los fallos, en si eliminar tiempos de no producción [15].

1.4.3.1 Beneficios GMAO

- Mejor control del trabajo.
- Mejor planificación y programación del trabajo.
- Mejores prácticas de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Programación automática de tareas e inspecciones.
- Posibilidad de monitorizar las tendencias en los equipos para reconocer las causas de fallo.
- Menor inventario de partes de trabajo, menos papeleo.
- Mejor análisis de la información para determinar las causas de fallos.
- Mejor estimación de los costes de mantenimiento y por consiguiente, mejor administración del presupuesto.
- Mejor capacidad para medir el desempeño de las actividades de mantenimiento.
- Mejor nivel de información de mantenimiento, creación de base de datos histórica.
- Optimización y reducción de stocks de repuestos.
- Trabajo dentro de los estándares de calidad y medio ambiente, certificaciones ISO 9000, ISO 14000 [15].

1.4.3.2 GMAO de mantenimiento

En la actualidad existen algunos programas *gestión del mantenimiento asistido por ordenador – (GMAO)*, según los requerimientos de cada empresa, por ejemplo: INGRID, ITHEC, Abismo, Engeman, SisMAC, entre otros. Haciendo énfasis en el GMAO “*Sistema de mantenimiento asistido por computadora – (SisMAC)*” el cual está siendo utilizado dentro del Área de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca , llevando así la gestión del mantenimiento dentro de los laboratorios. Y siendo este uno de los más completos para los requerimientos del mantenimiento dentro de los laboratorios.

- **SisMAC:** La Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca ha firmado un convenio no lucrativo con C&V Ingeniería Cía. Ltda. Durante dos años, para tener un fortalecimiento y actualización en la materia de Mantenimiento mediante la aplicación del software SisMAC, Sistema de Mantenimiento Asistido por Computadora. El desarrollo e implementación del “*Computer Maintenance Management Software – (CMMS)*” SisMAC, ha permitido abarcar todo tipo de configuración de empresas y solventar todas las necesidades relacionadas con nuestra especialidad [16].

1.4.3.3 SisMAC Aplicado al Área de Ingeniería Mecánica

Actualmente en la Universidad Politécnica Salesiana, se encuentra funcionando el Sistema de Mantenimiento Asistido por Computador (SisMAC) para llevar un control del mantenimiento de los equipos y máquinas con los que cuenta la universidad, por el momento se encuentra implementándose para algunas las distintas áreas con las cuales cuenta esta universidad, tales son:

- Ing. Mecánica
- Ing. Mecánica Automotriz
- Ing. Eléctrica
- Ing. Electrónica
- Ciencias de la vida
- Audiovisuales
- Ing. en Sistemas

Dentro del área de Ingeniería Mecánica, SisMAC ya se encuentra implementado para todos los laboratorios con los que cuenta esta área incluida la sala de compresores y central de gases.

Dentro de las tareas que permite realizar SisMAC, se encuentran:

- Inventario técnico de instalación: codificación inteligente, multinivel jerárquico de información, clasificación de viene por familias- tipos –clases.
- Inventario de bodega: manejo de materiales/herramienta, control de stocks, ingresos, egresos, pedidos a bodega.
- Listado base de recambios: información de materiales y repuestos al inventario de instalaciones.
- Adquisiciones: registro y clasificación de proveedores, generación y seguimiento de órdenes de compra, ingreso y registro de bodega.
- Fichas técnicas de datos: (datos de placa, operaciones) predefinidas y nuevas configuraciones por el usuario
- Interfaz gráfica: almacenamiento de imágenes y videos, relacionados con la información de todos los módulos.
- Documentación técnica: vinculación de manuales, planos, referencias gráficas y video al inventario de instalación.
- Banco predefinido y configuración de tareas de mantenimiento.
- Programación paramétrica de tareas y rutinas de mantenimiento: de acuerdo a la naturaleza y modos de operación definidos por el usuario (horas operadas, Número de arranques, km recorrido, etc.).
- Solicitudes de trabajo: lanzamiento, seguimiento, evaluación.
- Ordenes de trabajo.
- Programación y lanzamiento de acuerdo a la naturaleza del y trabajo: (preventivas correctivas, etc.)
- Planificación y costeo de recursos: (mano de obra, materiales/ repuestos, herramientas, contrataciones externas).
- Facilidad de ejecución.
- Registro de fallas, motivos de retraso de la OT, motivo de parada.
- Cronograma de rutina y ordenes de trabajo
- Seguimiento de órdenes de trabajo: según su estado.
- Programación y control de contadores: ingreso personalizado, calculo automático de carga de trabajo y próxima lectura/fecha de ejecución de tareas y rutina.
- Personal técnico: programación de actividades con órdenes de trabajo calendario de vacaciones, datos técnicos (especialidad, participación en la gestión, entre

- otras), parametrización de tipos de especialistas, costos/horas especialista, evaluación de carga de trabajo y desempeño.
- Reportes técnicos: de distintas naturaleza en los diferentes módulos, de acuerdo a selección de parámetros de consulta.
 - Índice de mantenimiento: disponibilidad, fiabilidad, mantenimiento, etc.
 - Reporte gerencial: estadísticas y costos con la gestión de mantenimiento.
 - Seguridad: perfiles de usuario parametrizables por el administrador del sistema, para acceso a cada módulo y sus diferente submódulos.

1.4.4 Tercerización del mantenimiento

En la actualidad la tercerización del mantenimiento es recomendable que sea aplicado adecuadamente y bien controlados, de la misma forma se obtendrá favorables resultados como: resultados económicos favorables, rapidez en soluciones, alternativas para situaciones difíciles, y garantía de atención a grandes volúmenes de trabajo.

1.4.4.1 Aspectos principales – tercerización

- Equipos de tecnología avanzada, que requieran personal muy especializado y/o herramientas y/o materiales específicos.
- Servicios de naturaleza no continua y/o con costo definido (jardinería, pintura de edificios e instalaciones, equipo de oficina etc.)
- Servicios no relacionados con la actividad final de la empresa (seguridad, alimentación, limpieza etc.).

1.4.4.2 Principios fundamentales – tercerización

- Liberación del cliente para cuidar su actividad fundamental.
- Obtención de especialización (tecnología).
- Mejora de la calidad de los servicios.
- Reducción de los costos operacionales.

1.4.4.3 Etapas de la tercerización

Desarrollo gerencial.

- Se debe comprometer a los gerentes en el proceso.
- Tener mentalidad no resistente al cambio
- Desarrollar nuevas habilidades inherentes al nuevo enfoque gerencial.

Implantación.

- Identificar las posibles áreas a tercerizar.
- Formular criterios que serán exigidos a los prestadores de servicio.

Estrategia.

- Verificar la ejecución del contrato y verificar el cumplimiento de estándares de calidad exigidos.

1.5 Normas en el mantenimiento industrial

Dentro del tema de elaboraciones de planes de mantenimiento es muy importante tener en cuenta las normas que se deben aplicar para estos, según sea la aplicación o actualización en la que se vaya a realizar los programas de mantenimiento.

Cabe aclarar que cuando se habla de normas no solamente se enfoca a temas de calidad, al contrario las normas fueron creadas para que los productos o resultados obtenidos puedan superar las expectativas del cliente, los mismos que no pueden ser obtenidos con solamente recursos técnicos. De igual manera esto ha beneficiado a cambios en métodos o procedimientos evitando así que al pensar en mejorar los resultados siempre terminen siendo cambios tecnológico, estos llevan consigo inversiones económicas y no siempre la empresa estará dispuestas a tomar estos medios.

Se podría decir que no todas las empresas utilizan la misma norma dentro de sus procedimientos, estas será utilizadas de acuerdo a su fin, como por ejemplo puede ser para temas de calidad, seguridad o mantenimiento.

Se nombra algunas de las organizaciones que tienen un grado de importancia dentro de la normativa que se puede aplicar, dentro de las empresas, a continuación se presenta un listado con algunas de las normas más importante referentes al mantenimiento y accesorios industriales.

1.5.1 Organizaciones que representan a ISO en Latinoamérica

Listado de las organizaciones a nivel de Latinoamérica que representan a la Organización Internacional de Normalización “*International Organization for Standardization – ISO*” En la Tabla 1-4. Se nombra las instituciones de cada país que representan a ISO, a nivel de Latinoamérica.

Tabla 1-4: Instituciones Representantes de ISO en Latinoamérica. Fuente: [17]

<i>Siglas</i>	<i>Nombre</i>	<i>País</i>
IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación)	Argentina
IBNORCA	Instituto Boliviano de Normalización y Calidad	Bolivia
INN	Instituto Nacional de Normalización	Chile
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Colombia
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica	Costa Rica
NC	Normas Cubanas	Cuba
DIGENOR	Dirección General de Normas y Sistemas de Control	Rep. Dominicana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización	Ecuador
CONACYT	Centro Nacional de Información de Normas de Calidad y Evaluación de la Conformidad	El Salvador
COGUANOR	Comité Guatemalteco de Normalización	Guatemala
DGN	Dirección General de Normas	México
COPANIT	Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas	Panamá
INTN	Instituto Nacional de Tecnología y Normalización	Paraguay
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual	Perú
UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas	Uruguay

1.5.2 Normas ISO para mantenimiento

Dentro de las normas “*Organización Internación de Normalización – ISO*” en la Tabla 1-5, se presenta una serie de normas aplicables al mantenimiento, normas de seguridad y gestión del mantenimiento.

Tabla 1-5: Normas ISO. Fuente: [18]

Norma	Nombre de la Norma
ISO 22434:2006	Botellas de gas transportable – Inspección y mantenimiento de válvulas de los cilindros
ISO 10462:2013	Botellas de gas - Los cilindros de acetileno - inspección y mantenimiento periódico
ISO 18435:2009	Los sistemas industriales de automatización y la integración - Diagnóstico, evaluación de capacidades y aplicaciones de mantenimiento de integración - Parte 1: Descripción y requisitos generales
ISO/IEC 14764:2006	Ingeniería de software – Software Procesos del ciclo de vida – mantenimiento
ISO/TR 18690:2012	Guía para la selección, uso y mantenimiento de la seguridad y calzado de trabajo y otra oferta de equipos de protección personal Protección de pies y piernas
ISO 15779:2011	Fuego aerosol condensada sistemas de extinción - Requisitos y métodos de ensayo para los componentes y el diseño del sistema, instalación y mantenimiento - Requisitos generales
ISO/TR 11602-2:2010	Protección contra incendios - Extintores portátiles y ruedas - Parte 2: Inspección y mantenimiento
ISO 4309:2010	Grúas - Cables de acero - Cuidado y mantenimiento, inspección y descartar
ISO 5149-4:2014	Sistemas de refrigeración y bombas de calor - Requisitos de seguridad y medioambientales - Parte 4: Operación, mantenimiento, reparación y recuperación
ISO 12944-8:1998	Pinturas y barnices - Protección contra la corrosión de las estructuras de acero de los sistemas de protección de pintura - Parte 8: Desarrollo de las especificaciones de nuevos trabajos y mantenimiento
ISO 1819: 1977	Equipo mecánico de manipulación continua - Código de seguridad – Normas Generales
ISO 14224 : 2006	Gestión de los Datos de Mantenimiento

1.5.3 Normas UNE para el mantenimiento

En la Tabla 1-6, se presenta algunas normas de “Una Norma Española – UNE” [19], las cuales están orientadas al mantenimiento , gestión del mantenimiento y medio ambiente.

Tabla 1-6: Normas UNE. Fuente: [20]

<i>Norma</i>	<i>Nombre de la Norma</i>
UNE 200001-3-11:2003	Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad.
UNE-EN 60300-3-14:2007	Gestión de la confiabilidad. Parte 3-14: Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento. (IEC 60300-3-14:2004)
UNE 20654-1:1992	Guía de la mantenibilidad de equipos. Introducción, exigencias y programa de mantenibilidad.
UNE 20654-2:1995	Guía de la mantenibilidad de equipos. Parte 2: sección 5: estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño.
UNE 20654-3:1996	Guía de la mantenibilidad de equipos. Parte 3: Secciones seis y siete. Verificación, recogida, análisis y presentación de datos.
UNE 20654-4:2002	Guía de mantenibilidad de equipos. Parte 4-8: Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento
UNE 20654-5:1998	Guía de mantenibilidad de los equipos. Parte 5: Sección 4: Ensayos de diagnóstico.
UNE 20654-6:2000	Guía de mantenibilidad de equipos. Parte 6: Sección 9: Métodos estadísticos para la evaluación de la mantenibilidad.
UNE 20863:1996	Guía para la presentación de resultados de predicciones de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad
UNE-EN 13269:2007	Mantenimiento. Guía para la preparación de contratos de mantenimiento
UNE-EN 13306:2002	Terminología del mantenimiento
UNE-EN 13460:2003	Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento
UNE-EN 15341:2008	Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento
UNE-EN 29000-3:1994	Normas de Gestión y Aseguramiento de la Calidad. parte 3: Guía para la Aplicación de la norma ISO 9001 al desarrollo, suministro y mantenimiento del soporte lógico. (ISO 9000-3:1991). (Versión oficial en 29000-3:1993).
UNE-EN 61703:2003	Expresiones matemáticas para los términos de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y de logística de mantenimiento
Norma EN 60706-2:2006	Mantenibilidad de equipos. Parte 2: Estudios y requisitos de mantenibilidad durante la fase de diseño y de desarrollo. (IEC 60706-2:2006). (Ratificada por AENOR en mayo de 2007.)
UNE EN 60706-3:2006	Mantenibilidad de equipos. Parte 3: Verificación y recogida, análisis y presentación de datos (IEC 60706-3:2006). (Ratificada por AENOR en

	mayo de 2007.)
UNE EN 60706-5:2007	Mantenibilidad de equipos. Parte 5: Capacidad de ensayo y ensayos de diagnóstico. (Ratificada por AENOR en marzo de 2009.)
UNE EN ISO - 14001	Sistemas de gestión ambiental- requisito con orientación para su uso

1.5.4 Normas INEN para el mantenimiento

Tabla 1-7, presenta algunas normas del “*Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN*” las mismas están orientadas al mantenimiento e inspección de extintores.

Tabla 1-7: Normas INEN. Fuente: [21]

Norma	Nombre de la Norma
NTE INEN-EN 13306:2010	Terminología del mantenimiento
NTE INEN-EN 13460:2010	Mantenimiento. Documentos para el mantenimiento.
NTE INEN-EN 13269:2010	Guía para la preparación de contratos de mantenimiento
NTE INEN 2434:08	Encargado de mantenimiento. Requisitos de competencia laboral
NTE INEN-EN 60300-3-14:2010	Guía de aplicación. Mantenimiento y logística de mantenimiento
NTE INEN-EN 15341:2010	Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento.
ITE INEN-ISO/TR 10013:2005	Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad.
NTE INEN 0739:87	Extintores portátiles. Inspección, mantenimiento y recarga

Normas API

Tabla 1-8, presenta algunas normas del Instituto Americano del Petróleo “*American Petroleum Institute – API*” [22], estas normas están orientadas a tuberías de transporte de hidrocarburos y tanques de almacenamiento de hidrocarburos y gases.

Se adiciona estas normas por la razón que en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca se transporta gases por medio de tuberías y almacenamiento en depósitos.

Tabla 1-8: Normas API. Fuente: [22]

Norma	Nombre de la norma
API 650	Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Petróleo
API 12B	Tanques apornados para el almacenamiento de líquidos de producción
API 12D	Tanques desde 500 hasta 10000 barriles, soldados en campo
API 12F	Tanques desde 90 hasta 750 barriles, soldados en planta
API 650	Tanques atmosféricos y con presiones de gas internas de hasta 2.5 psi
API 620	Tanques con presión de gas internas de hasta 15 psi
API 5L	Tubería de línea para conducción de hidrocarburos

1.5.5 Norma SAE para mantenimiento

Tabla 1-9, se presenta algunas normas de la Sociedad de Ingenieros Automotrices "Society of Automotive Engineers - SAE" [23]. Referentes al mantenimiento centrado en la confiabilidad, entre otras.

Tabla 1-9: Normas SAE. Fuente: [24]

<i>Norma</i>	<i>Nombre de la norma</i>
SAE JA1011	Criterio de Evaluación para Procesos de Mantenimiento centrado en Confiabilidad
SAE JA1012	Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)
SAE 1739	Modo de falla potencial y análisis de efectos en Diseño (Diseño AMFE), de modo de falla potencial y análisis de efectos en los procesos de fabricación y montaje (AMFE de proceso)
SAE J753	Tabla de Intervalos de Mantenimiento
SAE J752	Intervalos de Mantenimiento – Equipo de Construcción
SAE AIR1392	Guía para Mantenimiento de Sistemas de Oxígeno
SAE AIR5416	Mantenimiento de Ciclos de Vida Modelo de Costes
SAE J655	Mantenimiento de Diagnostico Preventivo y Predictivo para Sistemas Hidráulicos
SAE ARP6131	Procedimiento para Mantenimiento e Inspección de actuadores Mecánicos Lineales y Rotatorios.
SAE AIR1059	Mantenimiento de Traspase y Marcado en Cilindros de Calidad de Oxígeno

SAE AIR5386	Hose And Hose Assembly Selection, Installation, Inspection And Maintenance Guidelines, Listing Of
SAE AS6165	Interface Standard, Airborne EO/IR Systems, Maintenance and Test
SAE AS6228	Requisitos de seguridad para la Contratación, Mantenimiento y Uso de Herramientas de mano del Powered
SAE AS840	Manual para el SAE 17.6 Cubic Spark Plug Inch potencia del motor, incluyendo el mantenimiento y revisión
SAE JA6097	El uso de un modelo de sistema de confiabilidad para optimizar los costes de mantenimiento Guía de Mejores Prácticas

1.5.6 Normas ASTM para mantenimiento

Tabla 1-10. La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (*American Society for Testing and Materials - ASTM*), presenta algunas normas para tuberías las cuales se podrían usar para implementar sistemas de tuberías dentro de los laboratorios de las Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

Tabla 1-10: Normas ASTM. Fuente: [25]

<i>Norma</i>	<i>Nombre de la Norma</i>
ASTM A5	Especificación para tubería de acero con o sin costura con recubrimiento negro o galvanizado.
ASTM A106	Especificación para tubería de acero al carbono sin costura para servicios de alta temperatura
ASTM A 178	Tubos para calentadores de aceros al carbono manganeso con costura ERW
ASTM A 179	Tubos de condensadores e intercambiadores de calor, trabajando en frío, sin costura.
ASTM A 192	Tubos para calentadores de acero al carbono, sin costura para servicios de presiones altas.
ASTM A 199	Tubos para condensadores e intercambiadores de calor, acero aleado, trabajando en frío, sin costura.
ASTM A 209	Tubos de supercalentadores y calentadores de acero aleado al carbón-molibdeno sin costura.
ASTM A 312	Tubería de acero austenítico sin costura / con costura
ASTM A 333	Tuberías de acero sin costura /con costura para baja temperatura
ASTM A 359	Tuberías de acero aleado ferrítico y acero al carbono para servicio de alta temperatura
ASTM B 111	Tubos y ferrulos sin costura de cobre y aleados de cobre

1.6 Calidad del mantenimiento

La calidad del mantenimiento surge debido a la necesidad de reducir los fallos y averías que deben ser eliminados de los sistemas de producción, de esta forma surge la gestión del mantenimiento en todas aquellas actividades de diseño, planificación y control de costos.

El control de la calidad en sistemas o mecanismos permite recolección y análisis de datos que permiten tomar acciones correctivas adecuadas, logrando que todos los productos cumplan con características mínimas verificando que el producto está correctamente fabricado. Para controlar la calidad de un producto se realizan inspecciones o pruebas de muestreo para verificar la calidad del producto [26].

1.6.1 Concepto de calidad del mantenimiento

La calidad total del mantenimiento tiene como objetivo principal satisfacer las máximas necesidades de los clientes de la empresa, aprovechando al máximo la confianza de los productos o servicios, cumpliendo con todos los requisitos propuestos evitando así los reclamos con respecto a la calidad del producto.

Es esencial desarrollar un control de calidad dentro de la planta para asegurar la alta calidad en las reparaciones, extender la vida útil así asegurando una alta eficiencia de la tasa de producción del equipo. El control de calidad incluye desarrollar procedimientos de prueba, inspección y ejecución del trabajo, documentación seguimiento o monitoreo, analizar las diferencias de las necesidades a partir de los análisis de los reportes de calidad. No se debe olvidar que el mantenimiento tiene gran influencia en el logro de las metas de la empresa debido a la calidad de mantenimiento depende su desarrollo y cumplimientos de sus objetivos.

“Las metas de la calidad total son: La continua atención de las necesidades de los clientes la más bajo costo, dando libertad al potencial de todos los empleados”

1.6.2 Principios del mantenimiento de calidad

- Clasificar los defectos y en las circunstancias en que estos se presentan (frecuencia - efecto)

- Realizar un Mantenimiento Preventivo para identificar los factores, situaciones y circunstancias en que se presentan las fallas.
- Establecer periodos de inspección, del equipo en general y localizar las fallas más frecuentes.
- Prepara matrices de mantenimiento y revisar periódicamente los estándares empleados para el mantenimiento.

1.6.3 Herramientas de análisis en el mantenimiento de calidad.

- Análisis modal de fallos y efectos
- Matriz foda aplicada al mantenimiento
- Método PM
- Tecnologías para medir condiciones de los equipos.
- Técnicas de mejoras enfocadas (Kobetsu Kaizen)
- Diagramas de flujos de proceso
- Diagrama Matricial
- Lecciones de un punto (LUP)
- Técnicas de análisis de capacidad de procesos.

1.7 Norma 9001:2008 sistema de gestión de calidad

La norma 9001 toma al mantenimiento como parte de la calidad, esta norma describe los requisitos para el sistema de gestión de calidad que una organización debe cumplir para brindar productos o servicios que satisfagan al cliente. Al aplicar esta norma existen importantes cambios dentro de la organización ya sea esta grande o pequeña, dando cambios dentro de la administración tradicional, donde se descuida la calidad del mantenimiento y por lo tanto se implementan nuevos conceptos organizacionales.

Para implementar esta norma dentro de los laboratorios del área de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, de acuerdo la norma se debe empezar por:

- Registrar los bienes sujetos a mantenimiento.
- Registrar las actividades que se realizan en cada uno de los bienes sujetos a mantenimiento.
- Se debe tener instrucciones por escrito como se debe realizar los trabajos de mantenimiento.

- Planificar las actividades de mantenimiento a corto, mediano o largo plazo.
- Llevar evidencia que se realiza las actividades de mantenimiento.
- Registro histórico de las actividades de mantenimiento aplicadas a los bienes.
- Tener indicadores que muestren la eficiencia del mantenimiento.
- Registro de novedades que presenten los bienes la empresa para poder intervenir sobre ellos o instalaciones-
- Implementar un programa de auditoria interna.

Todas estas actividades se están llevando mediante la ayuda de un “*Sistema de Mantenimiento Asistido por Computadora – (SisMAC)*”; cabe recalcar que aún faltan indicadores y registro de actividades de los bienes, debido a que los equipos son nuevos y llevan operativos no más de 2 años.

CAPÍTULO 2

2 Mantenimiento en los laboratorios

En este capítulo se realizó una inspección en los equipos de los laboratorios del área de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, para tener una idea clara de cómo se está llevando el mantenimiento en los laboratorios,

Para mayor información de cómo se realizó el sistema de codificación de los laboratorios, se recomienda revisar *“Tesis de Grado: Ing. Elsa Dumaguala”* [20].

Se levantó la información técnica necesaria para la gestión y automatización del plan de mantenimiento de ocho laboratorios en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, se procederá a cargar al software de mantenimiento SisMAC. En la Tabla 2-1, se enlistan los siguientes laboratorios, donde la Ing. Elsa Dumaguala realizó la gestión del mantenimiento, y los laboratorios pendientes donde se realizara la gestión del mantenimiento.

Tabla 2-1: Laboratorios pendientes - realizados

<i>Laboratorios a realizar el plan de mantenimiento</i>	<i>Laboratorios realizados el plan de mantenimiento (Realizado por: Ing. Elsa Dumaguala)</i>
Soldadura	Automatismos
CAV (Máquinas Herramientas)	Termofluidos
Metalografía	Automatización y control totalmente integrado
Ensayo de polímeros	Máquinas Térmicas
Transformación de polímeros	Vibraciones Mecánicas
Ensayos no destructivos	Instrumentación Industrial
Tratamientos térmicos	Metrología
Fundición	Centro de Torneado
	Centro de Mecanizado CNC

2.1 Objetivos del plan de mantenimiento

Para empezar la gestión del mantenimiento se debe definir claramente los objetivos que el mantenimiento pretende conseguir. Los objetivos deben ser definidos de acuerdo a los objetivos de la empresa para la obtención de un producto final. En la Tabla 2-2 se presentan los objetivos de los diferentes laboratorios, los mismos que tiene una capacidad máxima para 15 estudiantes, de las distintas ingenierías con las que cuenta la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

2.1.1 Servicios de los laboratorios

- Docencia
- Investigación
- Desarrollo de proyectos
- Proyectos de pregrado y postgrado
- Colaboración con la industria en la mejora de procesos, servicios y/o productos

2.1.2 Carreras relacionadas con los laboratorios

- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica Automotriz
- Ingeniería Ambiental.
- Ingeniería Eléctrica
- Ingeniería Electrónica

Tabla 2-2: Objetivo de los laboratorios y objetivos de mantenimiento

<i>Código</i>	<i>Laboratorio</i>	<i>Objetivos del laboratorio</i>	<i>Objetivo del mantenimiento</i>
IM-09	Soldadura	<ul style="list-style-type: none"> - Practicar técnicas de soldadura de arco eléctrico con electrodo recubierto, MIG/MAG, TIG y oxiacetilénica de tipo manual. - Practicar técnicas de corte por plasma y/o oxicorte de tipo manual. - Brindar un espacio para el desarrollo de proyectos e investigaciones que requieran procesos de soldadura y/o corte en su elaboración. 	Garantizar la disponibilidad de los equipos del laboratorio para desarrollo de prácticas.
IM-10	CAV	<ul style="list-style-type: none"> - Practicar técnicas de construcción de mecanismos con arranque de viruta en torno, fresadora, y taladro. - Practicar técnicas de rectificado en rectificadoras planas y cilíndricas. - Brindar un espacio para el desarrollo de proyectos e investigación que requieran construcción de elementos mecánicos. 	Garantizar la disponibilidad de las máquinas del laboratorio para desarrollo de prácticas y proyectos de investigación.
IM-13	Ensayo de polímeros	<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar y aplicar los conocimientos adquiridos en las cátedras de Ciencias de materiales y Transformación de polímeros - Brindar un espacio para la investigación enfocado a la evaluación de las propiedades y defectos de los polímeros - Caracterizar y determinar las propiedades relevantes que mantienen los polímeros como material representativo en el desarrollo de la ingeniería 	Garantizar la disponibilidad de los equipos del laboratorio para la investigación de polímeros y desarrollo de prácticas.
IM-14	Tratamientos térmicos	<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar y aplicar los conocimientos adquiridos en las cátedras de Ciencias de materiales - Brindar un espacio para la investigación de las distintas características micro-estructurales o constitutivas de un acero después del tratamiento térmico y relacionándolas con las propiedades físicas, químicas y mecánicas ya que de ello depende la forma de procesar y manejar dichos materiales dentro de la Ingeniería 	Garantizar la disponibilidad de los equipos del laboratorio para la investigación del cambio de la estructura molecular de los materiales y

		<ul style="list-style-type: none"> - Estudiar la estructura y propiedades de los aceros mediante un análisis de propiedades mecánicas obtenidas luego de un tratamiento térmico como temple, revenido, cementado y recocido 	estudio de las propiedades del acero.
IM-15	Fundición	<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar y aplicar los conocimientos adquiridos en las cátedras de Fundición y Ciencias de los materiales - Brindar un espacio para la investigación de los distintos parámetros a considerar y modificar en una fundición - Encontrar la importancia de la fundición como proceso de manufactura en la industria - Conocer el funcionamiento de un horno a gas y sus ventajas y desventajas frente al proceso de fundición de aleaciones ligeras 	Garantizar la disponibilidad de los equipos del laboratorio para la investigación y desarrollo de prácticas para obtener conocimiento en fundición de materiales.
IM-16	Ensayos no destructivos	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar a los alumnos los conocimientos básicos para detectar y analizar las fallas en materiales metálicos y soldaduras siendo un complemento para las cátedras de Soldadura y Resistencia de materiales - Realizar el análisis estructural de materiales permitiendo estudiar las patologías de materiales metálicos (fallas y roturas), identificando las causas de las fallas en estructuras metálicas, sean del material base o del material de aporte en la soldadura - Brindar un espacio para la investigación de los métodos y técnicas no destructivas de conjuntos, piezas y sistemas de materiales diversos que garanticen el control de calidad de aquellas piezas fabricadas para asegurar que no poseen defectos o fisuras que puedan comprometer su respuesta en servicio - Realizar los ensayos no destructivos exigidos por las entidades de inspección y clasificación para la certificación de materiales y piezas 	Garantizar la disponibilidad de los equipos del laboratorio para la investigación y desarrollo de prácticas en métodos y técnicas no destructivas, garantizando el control de sistemas.

IM-17	Transformación de polímeros	<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar y aplicar los conocimientos adquiridos en las cátedras de Ciencias de materiales y Transformación de polímeros - Proporcionar conocimientos técnicos necesarios a los estudiantes para gestionar y supervisar procesos productivos en el área de transformación de plásticos a nivel de planta de producción - Brindar un espacio para la investigación en las áreas del control de procesos de inyección y extrusión de polímeros - Desarrollar competencias técnicas en la gestión, supervisión y operación de procesos productivos vinculados con la transformación de polímeros 	Garantizar la disponibilidad de los equipos del laboratorio para la investigación y desarrollo de prácticas en el estudio de la transformación de polímeros.
IM-18	Metalografía	<ul style="list-style-type: none"> - Profundizar y aplicar los conocimientos adquiridos en las cátedras de Ciencias de materiales - Determinar las características estructurales de un material como el tamaño de grano, forma y distribución de las fases así como la presencia de irregularidades y segregaciones - Brindar un espacio para la investigación de las distintas características micro-estructurales o constitutivas de un metal o aleación relacionándolas con las propiedades físicas, químicas y mecánicas - Estudiar la estructura y propiedades de los aceros, fundiciones comparándoles con los atlas metalográficos 	Garantizar la disponibilidad de los equipos del laboratorio para la investigación y desarrollo de prácticas en el estudio de la estructura molecular de los materiales.

2.2 Categorización de máquina y selección de modelos de mantenimiento

Antes de empezar con la categorización debemos tener claro que es criticidad, avería y fallo:

- **Criticidad:** Es una metodología que permite jerarquizar las instalaciones, máquinas o equipos de una empresa, con el fin de facilitar la toma de decisiones [27].
- **Avería:** Es el estado del sistema tras la aparición del fallo, es decir es la pérdida de la función del elemento, componente, sistema o equipo [27].
- **Fallos:** Son el deterioro componentes de las máquinas o equipos que impiden el funcionamiento normal de los mismos [27].

La categorización de las máquinas se lo realiza para atribuir un modelo de mantenimiento a cada una de las máquinas o equipos y aplicando recursos de acuerdo a la importancia jerárquica.

En la Tabla 2-3, se muestra un tipo de caracterización de las máquinas o equipos, clasificando la criticidad como A, B o C, según los cuatro aspectos que se muestran

El propósito de este proyecto es garantizar la vida útil y cumplimiento de los objetivos planteados de cada uno de los laboratorios, por lo que es necesario plantear un análisis de criticidad mediante el uso de dos aspectos: el mantenimiento y la seguridad.

Los aspectos de producción y calidad son más aplicables a empresas que deben cumplir con planes de producción y con óptima calidad del producto final, por esta razón están fuera del alcance de este proyecto, pero se los adjunta como información adicional.

Tabla 2-3: Aspectos para análisis de criticidad. Fuente: [28]

<i>Tipo de equipo</i>	<i>Seguridad</i>	<i>Producción</i>	<i>Calidad</i>	<i>Mantenimiento</i>
A - Critico	Puede originar accidentes muy graves	Su parada afecta el plan de producción	Es la clave para la calidad del producto	Costos elevados en reparación de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes		Es el causante de un alto nivel de reclamos	Averías muy frecuentes
	Ha producido accidentes en el pasado			Elevado consumo de recursos para mantenimiento
B - Importante	Revisión anuales	No afecta a los clientes o al plan de producción, es recuperable	Afecta a la calidad pero no es problemático	Consto medios de mantenimiento
	Remotas posibilidades de accidentes graves			
C - Prescindibles	Poca influencia en seguridad	Poca influencia en producción	No afecta la calidad	Bajos costos de mantenimiento

En la Tabla 2-4, se muestra la matriz de criterio para categorización de las máquinas y equipos, de las tres celdas una pueden tomar el valor de uno y las otras dos celdas el valor de cero de esta forma se puede valorar los criterios para obtener los resultados de selección, según se obtenga la categorización.

Tabla 2-4: Matriz de criterios para categorización de máquinas y equipos.

Nº	Criterio	A	B	C
1	Mantenimiento	Elevado valor de reparación, consume parte importante de la recursos de mantenimiento (61 a 500 dólares)	Costos medios de reparación (11 a 60 dólares)	Bajo costo de mantenimiento (0 a 10 dólares)
2	Seguridad	Puede originar graves accidentes	Remotas posibilidades de accidentes graves	Poca influencia de seguridad

En la Tabla 2-5, se presenta el listado de máquinas y equipos se han categorizados según los criterios de mantenimiento y seguridad de la Tabla 2-4, previa consulta de precios de repuestos y analizar el grado de seguridad.

Tabla 2-5: Categorización de máquinas y equipos

<i>Máquina</i>	<i>Matriz de Criticidad</i>			<i>Categoría</i>	
	A	B	C		
5 Soldadora Dialarc 250 / electrodo	Mantenimiento	0	1	0	B
	Seguridad	0	1	0	
		0	2	0	
5 Soldadoras Millermatic 252 / MIG MAG	Mantenimiento	0	1	0	B
	Seguridad	0	1	0	
		0	2	0	
2 Soldadoras Syncrowave 250 / TIG	Mantenimiento	0	1	0	B
	Seguridad	0	1	0	
		0	2	0	
1 Powermax 45 / Corte por plasma	Mantenimiento	0	1	0	B
	Seguridad	0	1	0	
		0	2	0	
2 Soldadoras multiprocesos XMT 350 CC/CV	Mantenimiento	0	1	0	B
	Seguridad	0	1	0	
		0	2	0	
Sistema de soldadura y corte por oxiacetilénica	Mantenimiento	0	0	1	C
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	

		A	B	C	
Esmeril con motor de 1 hp	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	C
10 Tornos Eastar		A	B	C	
	Mantenimiento	1	0	0	
	Seguridad	0	1	0	
		1	1	0	A
5 Fresadoras universales		A	B	C	
	Mantenimiento	1	0	0	
	Seguridad	0	1	0	
		1	1	0	A
2 Fresadoras vertical - horizontal Eastar		A	B	C	
	Mantenimiento	1	0	0	
	Seguridad	0	1	0	
		1	1	0	A
2 Fresadoras verticales Eastar		A	B	C	
	Mantenimiento	1	0	0	
	Seguridad	0	1	0	
		1	1	0	A
3 Taladros de mesa		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	B
2 Taladros de pedestal		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
2 Rectificadoras cilíndricas		A	B	C	
	Mantenimiento	1	0	0	
	Seguridad	0	1	0	
		1	1	0	A

2 Rectificadoras de interiores		A	B	C	A
	Mantenimiento	1	0	0	
	Seguridad	0	1	0	
		1	1	0	
1 Cierra de cinta		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	
2 Afiladores de cuchillas		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	
1 Analizador de melt index		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	
1 Plastógrafo		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	
1 Reómetro capilar		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	
1 Plasma		A	B	C	B
	Mantenimiento	0	1	0	
	Seguridad	0	1	0	
		0	2	0	
1 Goniometro		A	B	C	B
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	

3 Equipos informáticos		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	
2 Horno para temple N7 30°-3000°C		A	B	C	B
	Mantenimiento	0	1	0	
	Seguridad	0	0	1	
		0	1	1	
2 Horno para recocido N15 30°-3000°C		A	B	C	B
	Mantenimiento	0	1	0	
	Seguridad	0	0	1	
		0	1	1	
1 Horno para temple Nr 45S		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	
1 Horno para revenido TEIN		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	
2 Módulos de tratamiento térmico		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	
1 Equipo de autógena		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	
1 Prensa hidráulica		A	B	C	C
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	

1 Permeámetro		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	1	1	C
1 Equipo para ensayos de compresión(0 a 140PSI)		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Formador de probetas normalizado UNS		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Mezcladora de arena (0.5m3/4Hp)		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Inyectora de cera		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Tamizadora (0.5m3/0.5Hp)		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Prensa para formar probetas		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Horno de crisol(100kg/10000°C)		A	B	C	
	Mantenimiento	0	1	0	
	Seguridad	0	1	0	
		0	2	0	B

1 Equipo de tintas penetrantes		A	B	C	
	Mantenimiento	0	1	0	
	Seguridad	0	0	1	
		0	1	1	B
1 Equipo de partículas magnéticas		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	C
1 Equipo portátil de partículas magnéticas		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Cámara de termografía		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Detector de grietas de rayos X		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	1	0	0	
		1	0	1	C
1 Impresora de placas de rayos X		A	B	C	
	Mantenimiento	0	1	0	
	Seguridad	0	0	1	
		0	1	1	B
1 Consola de radiografía industrial rayos X		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Equipo de inspección ultrasónica		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C

1 Equipo de inspección visual	A	B	C	C	
	Mantenimiento	0	0		1
	Seguridad	0	0		1
		0	0		2
1 Equipo de presión hidrostática	A	B	C	B	
	Mantenimiento	0	1		0
	Seguridad	0	1		0
		0	2		0
1 Extrusora de monohusillo	A	B	C	B	
	Mantenimiento	0	1		0
	Seguridad	0	0		1
		0	1		1
1 Inyectora de termoplásticos	A	B	C	B	
	Mantenimiento	0	1		0
	Seguridad	0	0		1
		0	1		1
1 Peletizadora	A	B	C	C	
	Mantenimiento	0	0		1
	Seguridad	0	0		1
		0	0		2
1 Tina de enfriamiento para pellet	A	B	C	C	
	Mantenimiento	0	0		1
	Seguridad	0	0		1
		0	0		2
1 Equipo para extrusión de fundas	A	B	C	C	
	Mantenimiento	0	0		1
	Seguridad	0	0		1
		0	0		2
1 Equipo para extrusión de laminas	A	B	C	C	
	Mantenimiento	0	0		1
	Seguridad	0	0		1
		0	0		2

1 Equipo para enrollado de tubos	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Tina de enfriamiento para tubos	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Molino para plásticos 1 y 2	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	C
1 Deshumidificador/Secador de plásticos	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Chiller	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Cortadora de probetas metalográficas	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	1	0	
		0	1	1	C
1 Prensa metalográfica	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Pulido manual de probetas metalográficas	A	B	C		
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C

1 Pulido automático de probetas metalográficas		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
2 Microscopio metalográfico Nikon		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Microscopio metalográfico Olympus		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
2 Bancos del lijado		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C
1 Secador de probetas		A	B	C	
	Mantenimiento	0	0	1	
	Seguridad	0	0	1	
		0	0	2	C

Esta categorización se la realiza para asignar un modelo de mantenimiento. En la Tabla 2-6, se presenta la selección del modelo de mantenimiento para cada uno de las máquinas y equipos del laboratorio.

Para los equipos de categoría C, corresponde al modelo correctivo.

Para los equipos de categoría A, corresponde el modelo programado.

Para los equipos de categoría B, corresponde el modelo programado, en algunas ocasiones cuando el costo de mantenimiento no es elevado se opta por aplicar el mantenimiento correctivo. A las máquinas o equipos que corresponde un modelo programado se les asigna un modelo de alta disponibilidad, sistemático o condicional dependiendo de la disponibilidad del equipo, en la última fila de la se observa el modelo final de mantenimiento que corresponde a cada máquina o equipo.

Tabla 2-6: Selección de modelo de mantenimiento para máquina o equipo

<i>Máquina</i>	<i>Categoría</i>	<i>Clasificación de mantenimiento</i>	<i>Disponibilidad</i>			<i>Modelo de mantenimiento</i>
			Alta	Media	Bajo	
5 Soldadora Dialarc 250 / Electrodo	B	Modelo programado		1		Modelos sistemático
5 Soldadoras Millermatic 252 / MIG MAG	B	Modelo programado		1		Modelos sistemático
2 Soldadoras Syncrowave 250 / TIG	B	Modelo programado		1		Modelos sistemático
1 Powermax 45 / Corte por plasma	B	Modelo programado		1		Modelos sistemático
2 Soldadoras multiprocesos XMT 350 CC/CV	B	Modelo programado		1		Modelos sistemático
Sistema de soldadura y corte por oxiacetilénica	C	Modelo correctivo				Modelos correctivo
Esmeril con motor de 1 hp	C	Modelo correctivo				Modelos correctivo
10 Tornos Eastar	A	Modelo programado		1		Modelos sistemático
5 Fresadoras universales	A	Modelo programado		1		Modelos sistemático
2 Fresadoras vertical - horizontal	A	Modelo programado		1		Modelos sistemático

2 Fresadoras verticales Eastar	A	Modelo programado	1	Modelos sistemático
3 Taladros de mesa	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
2 Taladros de pedestal	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
2 Rectificadoras cilíndricas	A	Modelo programado	1	Modelos sistemático
2 Rectificadoras de interiores	A	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Cierra de cinta	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
2 Afiladores de cuchillas	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Analizador de melt index	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Plastógrafo	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Reómetro capilar	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Plasma	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Goniómetro	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
3 Equipos informáticos	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
2 Horno para temple N7 30°-3000°C	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático

2 Horno para recocido N15 30°-3000°C	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Horno para temple Nr 45S	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Horno para revenido TEIN	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
2 Módulos de tratamiento térmico	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo de autógena	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Prensa hidráulica	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Permeámetro	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo para ensayos de compresión(0 a 140PSI)	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Formador de probetas normalizado UNS	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Mezcladora de arena (0.5m3/4Hp)	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Inyectora de cera	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Tamizadora (0.5m3/0.5Hp)	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo

1 Prensa para formar probetas	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Horno de crisol(100kg/100 00°C)	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Equipo de tintas penetrantes	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Equipo de partículas magnéticas	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo portátil de partículas magnéticas	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Cámara de termografía	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Detector de grietas de rayos X	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Impresora de placas de rayos X	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Consola de radiografía industrial rayos X	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo de inspección ultrasónica	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo de inspección visual	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo de presión hidrostática	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático

1 Extrusora de monohusillo	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Inyectora de termoplásticos	B	Modelo programado	1	Modelos sistemático
1 Peletizadora	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Tina de enfriamiento para pellet	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo para extrusión de fundas	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo para extrusión de laminas	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Equipo para enrollado de tubos	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Tina de enfriamiento para tubos	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Molino para plásticos 1 y 2	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Deshumidificador/Secador de plásticos	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Chiller	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo
1 Cortadora de probetas metalográficas	C	Modelo correctivo		Modelos correctivo

1	Prensa metalográfica			
1	Pulido manual de probetas metalográficas	C	Modelo correctivo	Modelos correctivo
1	Pulido automático de probetas metalográficas	C	Modelo correctivo	Modelos correctivo
2	Microscopio metalográfico Nikon	C	Modelo correctivo	Modelos correctivo
1	Microscopio metalográfico Olympus	C	Modelo correctivo	Modelos correctivo
2	Bancos del lijado	C	Modelo correctivo	Modelos correctivo
1	Secador de probetas	C	Modelo correctivo	Modelos correctivo

Nota: dentro del modelo correctivo se encuentran, tareas de revisión, limpieza y lubricación, que son importantes para la vida útil del equipo.

2.3 Análisis de la situación actual del mantenimiento en los equipos de los laboratorios

Entre las distintas herramientas existentes para realizar el análisis de calidad del mantenimiento, para este proyecto se optó por la matriz foda tabla 2-2, por lo que puede ser aplicada a situaciones, individuos, productos o empresas que requieran estudio en determinado tiempo, y centrado en la situación actual obteniendo mejores resultados mediante el análisis en el cual se observara las: fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, que tiene la organización.

Se aplica este análisis debido a que se observado dentro de los laboratorios que se tiene más fortalezas y oportunidades, que debilidades y amenazas, los cual facilita su análisis.

En base a los resultados obtenidos se permitirá realizar un resumen de la situación actual del plan de mantenimiento de los laboratorios, así permitiendo tener un diagnóstico preciso que permita mejoras en los objetivos y diseñar estrategias a mediano o largo plazo, que permita tener un correcto funcionamiento de los equipos de los laboratorios.

El análisis foda consta de dos partes:

- **Análisis externo:** Se debe desarrollar toda la capacidad y habilidad para aprovechar las oportunidades para poder anular las amenazas, circunstancias sobre las cuales se tiene poco control directo
- **Análisis Interno:** Su función es ver las fortalezas y debilidades de su empresa, sobre las cuales se tiene un grado de control.

2.3.1 Estrategias de la matriz foda

Estrategia Mini – Mini: (Debilidades vs Amenazas) se trata de minimizar tanto las debilidades como las amenazas.

Estrategia Mini – Maxi: (Debilidades vs Oportunidades) intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.

Estrategia Maxi – Mini: (Fortalezas vs Amenazas) Se basa en las fortalezas que pueden opacar las amenazas externas.

Estrategia Maxi – Maxi: (Fortalezas vs Oportunidades) Es la mejor situación donde se puede maximizar tanto las fortalezas como sus oportunidades.

Tabla 2-7: Análisis FODA de los laboratorios de Ingeniería Mecánica

<p>Análisis interno</p> <p>Análisis externo</p>	<p>Fortalezas</p> <p>Se posee los manuales de los equipos. Se cuenta con asesoría técnica de Jalil & hijos. Equipo de trabajo dinámico que obtiene buenos resultados. Correcta descripción de los cargos y actividades de los integrantes del equipo de trabajo. Cuenta con codificación e identificación de cada laboratorio y equipo. El laboratorio cuenta con los equipos y recursos necesarios para realizar todas sus actividades.</p>	<p>Debilidades</p> <p>Existen menos del 0.8% de máquinas o equipos que requieren mantenimiento. Implementando formatos o base de datos que permita llevar el control de forma ordenada y esquemática de fallas que se presentan en los equipos. Cambio continuo de equipo de trabajo en los laboratorios</p>
<p>Oportunidades</p> <p>Solvencia económica para asumir costos de adiestramiento de personal Existen un proveedor que permite tener repuestos y accesorios a la orden del día. Mantenimiento especializado por Jalil & Hijos. Se cuenta con equipos totalmente nuevos</p>	<p>FO Maxi Maxi</p> <p>Desarrollar programas de capacitación para preparar a todo el personal en operación y mantenimiento de los equipos. Implementación de SISMAC</p>	<p>DO Mini Maxi</p> <p>Solvencia económica aplicada al adiestramiento de personal y mantenimiento reduce el porcentaje mantenibilidad. Con el mantenimiento especializado, repuestos y formatos, mejoramos vida útil de activos. Implementado SisMAC se controla de mejor</p>

<p>Implementación de Software de Gestión de Mantenimiento, SisMAC</p> <p>Realizar trabajos certificados para la industria.</p>		<p>forma los activos de la institución.</p> <p>Con equipos nuevos calibrados y certificados se realiza trabajos para la industria local.</p>
<p>Amenazas</p> <p>Aumento en costos de repuestos.</p> <p>Temor al no cumplimiento de las Normas establecidas para el uso de los equipos.</p> <p>Ofertas académicas similares por parte de otras instituciones.</p> <p>Culminación de garantía de los equipos.</p>	<p>FA Maxi Mini</p> <p>Obtener descuentos en la compra de repuestos a José Jalil & Hijos y asesoría técnica</p> <p>Dotarse de las normas vigentes e implementarlas</p> <p>Realizar convenio con otras instituciones logrando cambio de experiencias y conocimientos.</p>	<p>DA Mini Mini</p> <p>Implementar una lista de repuestos de equipos críticos.</p> <p>Implementar una lista de equipos críticos.</p> <p>Convenios con José Jalil & Hijos, obteniendo mantenimiento especializado en los equipos.</p> <p>Asegurar los equipos de los laboratorios</p>

2.3.2 Resultados de la matriz FODA

Como resultados de la matriz foda se tiene mayor número de fortalezas y oportunidades que debilidades y menos aún amenazas, debido que es la única institución a nivel de la ciudad de Cuenca que cuenta con equipos modernos y realiza trabajos de la industria local. Cuenta con excelentes equipos de trabajo dentro de los laboratorios los cuales están capacitados para responder de forma oportuna y directa a cualquier inconveniente dentro de los laboratorios.

Los equipo cuenta con garantía, y se cuenta con mantenimiento especializado mediante la José Jalil &Hijos quienes fueron los proveedores de estos equipos.

2.4 Análisis de registro y operaciones de equipo de los laboratorios

Dentro de toda área de Ingeniería Mecánica se ha implementado un formato para el registro de préstamo de los equipos y máquinas de los laboratorios. A lo largo del año 2013- 2014 se ha podido recopilar información de los distintos equipos y máquinas de los laboratorios, creando así un historial de cada uno de ellos, para obtener su frecuencia de uso y trabajos se realizan en los mismos. La mayoría de ellos han sido utilizados para el desarrollo de tesis, además impartir materias de la carrera de Ing. Mecánica.

Destacando los siguientes laboratorios entre los más utilizados los mismos que se presentan en la Tabla 2-8.

En anexo 1, se muestra el formato el cual se utiliza para el préstamo, tanto de laboratorios, máquinas o equipos. En el anexo 2 se presenta un ejemplo de los registros de préstamos de los equipos de los laboratorios

Tabla 2-8: Laboratorios más utilizados en el área de Ingeniería Mecánica

<i>Laboratorio</i>	<i>Máquina, Equipo o componentes.</i>
Laboratorio de ensayos no destructivos	<p>Cámara termográfica (Testo). Empleada en tesis de Ing. Automotriz y laboratorio de Vibraciones Mecánicas Tiempo de uso: 6 meses</p> <p>Equipo de tintas penetrantes (Magnaflux). Empleada en análisis de placas soldadas. Tiempo de uso: 3 meses</p> <p>Goniómetro (marca Mitutoyo). Empleado en el desarrollo de tesis en la carrera de Ingeniería Mecánica. Tiempo de uso: 6 meses</p> <p>Equipo de partículas magnéticas (marca Magnaflux). Empleado en el desarrollo de tesis en la carrera de Ingeniería Mecánica. Tiempo de uso: 6 meses</p>
Laboratorio de soldadura	<p>Gases y equipos para oxiacetilénica (marca AGA). Empleado en el desarrollo de tesis en la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Tiempo de uso: 6 meses</p> <p>Soldadora por electrodo revestido (Miller). Empleado para capacitación de soldadura con electrodo revestido.</p> <p>Soldadora MIG (marca Miller). Empleado para capacitación de soldadura MIG.</p> <p>Soldadora TIG (marca Miller). Empleado para capacitación de soldadura TIG.</p> <p>Cortadora de plasma (marca Miller). Empleado para capacitación de corte por plasma. Tiempo de uso: 2 semanas</p>
Centro de Torneado CNC	<p>Torno CNC (LEADWELL). Se realiza práctica de la materia de CNC en la carrera de Ing. Mecánica. Tiempo de uso: 6 meses, ciclo en que se oferte la materia</p>
Centro de mecanizados CNC	<p>Centro de mecanizado, donde se imparte clases de la materia (Control Numérico Computarizado CNC), y se ha utilizado para realizar algunos temas de tesis, impartiendo ayuda del personal capacitado para su operación. Tiempo de uso: 6 meses, ciclo en que se oferte la materia</p>
CAV	<p>Laboratorio utilizado para impartir clases Arranque con Viruta (CAV) Tiempo de uso: 6 mese, ciclo en que se oferte la materia</p>

2.4.1 Distribución del tiempo en la reparación de averías

Se empieza con un análisis del tiempo necesario para poner a punto un equipo tras una avería, la distribución se muestra en la Tabla 2-9. No todas las empresas realizan este análisis debido a que es tedioso y poco rentable, pero es importante para poder tomar acciones que impliquen bajos costos y de esta forma reducir el tiempo medio de reparaciones de los equipos.

Tabla 2-9: Distribución de tiempo en la reparación de una avería

<i>Tiempo de distribución</i>	<i>Descripción</i>
Tiempo de detección	Es el tiempo transcurrido entre el origen del problema y su detección
Tiempo de comunicación	Es el tiempo transcurrido entre la detección del problema y localización del equipo de mantenimiento
Tiempo de espera	Es el tiempo transcurrido desde la comunicación de la avería hasta el inicio de la reparación
Diagnóstico de la avería	Es el tiempo que toma el operario de mantenimiento en determinar que está ocurriendo en el equipo y como solucionarlo
Acopio de herramientas y medios técnicos necesarios	Tiempo en que el operario toma para situarse en el lugar de intervención y los medios necesarios.
Acopio de repuestos y materiales	Tiempo que demora en llegar los repuestos para realizar la intervención
Reparación del avería	Tiempo para solucionar el problema, y tener la disponibilidad del equipo
Pruebas funcionales	Tiempo en que se asegura que el equipo quede totalmente operativo
Puesta de servicio	Tiempo transcurrido entre la solución completa de la avería y la puesta en servicio del equipo
Redacción de informes	Se detalla los síntomas, la causa, la solución y las medidas preventivas a optar para una próxima avería.

2.4.2 Asignación de prioridades en averías

Para gestionar de forma establecida las órdenes de trabajo correctivas se debe asignar prioridades a las mismas. Por lo general cuando se produce una avería no siempre hay personal disponible, o existen tareas ya programadas o pendientes, por lo cual se debe identificar el tipo de avería y si debe ser atendida prioritariamente.

En la mayoría de empresas se establecen tres tipos de prioridades las cuales se muestran en la Tabla 2-10, las cuales se clasifican en tres niveles.

Tabla 2-10: Niveles de prioridad y criterios de asignación

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

2.4.3 Diagnóstico de averías

El tiempo de diagnóstico de una avería puede ser significativo debido:

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

Todo esto puede hacer tardío la reparación de la avería, por esta razón es importante documentar las experiencias del personal de mantenimiento en todo tipo de intervención, para poderlas aplicar en futuras averías similares. Se debe documentar mediante una lista todos los detalles para realizar un diagnóstico de falla, en la cual se debe detallar como mínimo lo siguiente:

- Los indicios de la avería se hacen referencia a lo observado por el operario, la manifestación del fallo y las condiciones anormales relacionadas al funcionamiento del equipo.
- Las posibles causas que pueden motivar el fallo
- Las posibles soluciones del problema.

2.4.4 Causas de fallos

Existen específicamente cuatro motivos por los que un equipo puede fallar:

- Por falla de algún elemento debido a desgaste, rotura o fatiga.
- Fallo humano, debido a adiestramiento del personal, mala interpretación de operación del equipo, cansancio, entre otros.
- Por error humano por parte del personal de mantenimiento durante inspecciones, revisiones y reparaciones.
- Funcionamiento del equipo en condiciones adversas a las diseño.

2.4.5 Análisis de fallos

Al analizar los fallos debemos estudiar las causas por las que se producen las averías repetitivas o de alto costo monetario para la empresa, se debe implementar medidas preventivas para evitar o retardar el fallo. Para su estudio se recolecta todos los datos posibles y disponibles entre ellos:

- Relato de la situación del fallo por parte del operario, en el cual se debe destacar que se hizo, antes durante y después que se presente la avería.
- Tomar en cuenta las condiciones externas en las que operaba el equipo.
- Revisar historia de los últimos mantenimientos preventivos que se realizaron en el equipo.
- Revisar los distintos tipos de fallos que haya tenido el equipo en cierto tiempo, revisar repetitividad de fallos.
- Condiciones internas de trabajo del equipo.

CAPÍTULO 3

3 Implementación del plan de mantenimiento aplicando software de mantenimiento SisMAC

La Universidad Politécnica Salesiana ha firmado un convenio no lucrativo con C&V Ingeniería Cía. Ltda. Durante dos años, para tener un fortalecimiento y actualización en la materia de Mantenimiento mediante la aplicación del software “*Sistema de Mantenimiento Asistido por Computadora – SisMAC*”; el que permite llevar un control del mantenimiento muy efectivo de cada uno de los equipos, componentes o elementos de los laboratorios.

Se inicia con un levantamiento del inventario técnico de los ocho laboratorios Tabla 3-1, los cuales aún están pendientes de realizar la gestión de mantenimiento.

3.1 Ingreso de Inventario técnico

Para empezar con el levantamiento del plan de mantenimiento se toma el siguiente concepto: “*El establecimiento y mantenimiento de un inventario de equipos debería ser el punto de partida de cualquier documentación*” [24].

Al levantamiento del inventario se le adicionará un registro de fotos a nivel de máquinas y equipos, en casos necesarios se incluirá fotos de componentes y elementos.

El inventario de insumos y herramientas necesarias para el mantenimiento únicamente llevarán sus datos generales y necesarios para la adquisición.

Las fichas técnicas se diseñarán a nivel de equipo y se llenarán los datos necesarios de forma individual para cada equipo.

Las tareas e instrucciones de mantenimiento serán cargadas al software a nivel de equipo. Por otra parte, la herramienta informática permite también cargar videos y archivos en formato Excel, Word y PDF, por lo que, en caso de existir información adicional como manuales y prácticas, éstos serán ingresados. En casos necesarios de tareas de mantenimiento también se realizará un registro de videos con la descripción de instrucciones.

Para el levantamiento del inventario técnico se requiere utilizar algunas pautas de las normas ISO 14224 segunda edición 15-12-2006 “*Petroleum – petrochemical and natural gas industries collection and exchanger of realibility and maintenance dat for equipment*” en la sección 7.1 “*Obtaining quality data*”.

3.1.1 Sistema de codificación aplicado

La codificación de los equipos permite identificar cada uno de ellos, el sistema debe manejar ítems de manera simple y accesible para todos los usuarios.

Existen dos posibilidades para codificar:

- Sistemas de codificación no significativos: se identificada a los equipos mediante números, lo cual no aporta información adicional de los equipos, la simplicidad y brevedad del código es corto, esto impide ubicar la máquina.
- Sistema de codificación significativo o inteligente: Ofrece mayor nivel de información por lo tanto se tendrá un código más largo, con esto se puede obtener la ubicación del equipo, el tipo y la familia del equipo. Siendo este el aplicado para la codificación de los laboratorios.

Para comprender el sistema de codificación que se aplicó en los laboratorios, deberá dirigirnos a revisar la tesis de grado de le Ing. Elsa Dumaguala, capítulos 2 “*Inventario técnico de equipos*”; sección 2.2 “*listado de laboratorios*” donde se explica de manera detalla cómo se realizó la codificación de los laboratorios por medio de níeveles.

3.1.2 Listado de máquinas

Primero se debe identificar los laboratorios que están pendientes realizar la gestión de mantenimiento, Tabla 2-1. A continuación se identifica las máquinas o equipos con los que se cuenta, según la norma ISO 14224 segunda edición 15-12-2006 sección 9a - “*equipment unit data (inventory data)*”

El Tabla 3-1, se realiza un listado de las máquinas ubicadas en cada uno de los laboratorios.

Tabla 3-1: Listado máquinas ubicada en los laboratorios

<i>Ítem</i>	<i>Código</i>	<i>Laboratorios</i>	<i>Máquinas, equipos e instrumentos en los laboratorios</i>
1	09-	Soldadura	5 Dialarc 250 AC/DC, soldadura convencional con electrodo 2 Syncrowave 250 DX, soldadura TIG. 2 XMT 350 CC/CV, soldadura multiproceso 1 Powermax 45 sistema de corte por arco de plasma. 2 Sistema de soldadura y corte por oxiacetilénica. 1 Esmeril, con motor de 1HP.
2	10-	CAV	10 Tornos Eastar 5 fresadoras universales 2 fresadoras vertical -horizontal 2 fresadoras Verticales 3 taladros de mesa 2 taladros de pedestal 2 rectificadoras cilíndricas 2 rectificadoras internas 1 cierra de cinta 2 afiladores de cuchilla
3	13-	Ensayo de polímeros	1 Analizador de melt index 1 Analizador de melt index 1 Plastógrafo 1 Reómetro capilar 1 Plasma 1 Goniómetro 3 Equipos informáticos
4	14-	Tratamientos térmicos	2 Horno para temple N7 30°-3000°C 2 Horno para recocido N15 30°-3000°C 1 Horno para temple Nr 45S/ 1 Horno para revenido TEIN 2 Módulos de tratamiento térmico 1 Equipo de autógena 1 Prensa hidráulica
5	15-	Fundición	1 Permeámetro 1 Equipo para ensayos de compresión(0 a 140PSI) 1 Formador de probetas normalizado UNS 1 Mezcladora de arena (0.5m3/4Hp)

			<p>1 Inyectora de cera</p> <p>1 Tamizadora (0.5m3/0.5Hp)</p> <p>1 Prensa para formar probetas</p> <p>1 Horno de crisol(100kg/10000°C)</p>
6	16-	Ensayos no destructivos	<p>1 Equipo de tintas penetrantes</p> <p>1 Equipo de partículas magnéticas</p> <p>1 Equipo portátil de partículas magnéticas</p> <p>1 Cámara de termografía</p> <p>1 Detector de grietas de rayos X</p> <p>1 Impresora de placas de rayos X</p> <p>1 Consola de radiografía industrial rayos X</p> <p>1 Equipo de inspección ultrasónica</p> <p>1 Equipo de inspección visual</p> <p>1 Equipo de presión hidrostática</p> <p>1 Equipos informáticos</p>
7	17	Transformación de polímeros	<p>1 Extrusora de monohusillo</p> <p>1 Inyectora de termoplásticos</p> <p>1 Peletizadora</p> <p>1 Tina de enfriamiento para pellet</p> <p>1 Equipo para extrusión de fundas</p> <p>1 Equipo para extrusión de laminas</p> <p>1 Equipo para enrollado de tubos</p> <p>1 Tina de enfriamiento para tubos</p> <p>1 Molino para plásticos 1</p> <p>1 Molino para plásticos 2</p> <p>1 Deshumidificador/Secador de plásticos</p> <p>1 Chiller</p> <p>1 Equipos informáticos</p>
8	19-	Metalografía	<p>1 Cortadora de probetas metalográficas</p> <p>1 Prensa metalográfica</p> <p>1 Pulido manual de probetas metalográficas</p> <p>1 Pulido automático de probetas metalográficas</p> <p>2 Microscopio metalográfico Nikon</p> <p>1 Microscopio metalográfico Olympus</p> <p>2 Bancos del lijado</p> <p>1 Secador de probetas</p> <p>1 Equipos informáticos</p>

3.2 Desglose de máquinas en equipos, componente y elementos

Aplicando la norma ISO 14224 segunda edición 15-12-2006 *“se recomienda elaborar una jerarquía del equipo. El nivel más alto es la clase de unidad de equipo. El número de subdivisiones dependerá de la complejidad de la unidad de equipo y el uso de los datos”*. De acuerdo a planteado por la norma se debe tener un buen criterio a la hora de analizar una máquina y desglosarla en equipos, componentes y elementos, garantizando las tareas de mantenimiento sean específicas para cada nivel de equipo.

3.2.1 Consideraciones para desglosar a una máquina en equipos.

El levantamiento de inventario es un punto crítico, pues requiere suficiente experiencia en el área de mantenimiento para poner límites de una máquina y desglosar en equipos. Por lo tanto se ha tomado algunas consideraciones de la norma ISO 14224 segunda edición 15-12-2006 para los distintos laboratorios.

En los laboratorios de ensayo de polímeros, metalografía, tratamientos térmicos, fundición los criterios para el desglose es fácilmente complicado debido a que las máquinas son unidades de equipo que funcionan de manera independiente y el desglose es de fácil reconocimiento.

En el laboratorio CAV, ensayos no destructivos, soldadura y transformación de polímeros se ha considera más criterios de desglose debido que las máquinas están formado por equipos o sistemas que necesitan ser correctamente identificados con prolijidad y criterio.

3.3 Diseño de fichas técnicas

Una vez enlistado y codificado los equipos, es necesario elaborar una ficha para cada uno de los mismos y debe contener los datos más sobresalientes que afecten el mantenimiento. Es importante recordar que las fichas técnicas se pueden crear únicamente para los niveles de sistemas, equipos, componentes y elementos.

Los datos que debe llevar una ficha técnica según la norma ISO 14224 segunda edición 15-12-2006 se especifican en Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Datos de equipo

<i>Según norma ISO 14224 segunda edición 15-12-2006 – Datos del equipo</i>	<i>Datos mostrados en ficha técnica Figura 3-3.</i>
Datos de identificación como: ubicación del equipo, clasificación, datos de instalación y de unidades de equipo.	Se lo identificada mediante el código de la ficha técnica en la sección ITEM Figura 3-3.
Datos de diseño como: datos de fabricante, características de diseño.	En la ficha técnica Figura 3-3, se muestra en datos generales.
Datos de aplicación: operaciones, ambiente de trabajo.	Dentro de la ficha técnica Figura 3-3, se muestra en la Especificaciones Técnicas, esta sección depende de las características de la máquina

Algunos de los datos más sobresalientes necesarios para el mantenimiento de cada uno de los equipos dentro de los laboratorios son los siguientes:

- Análisis de criticidad del equipo: Cada equipo tiene asignado un determinado nivel de criticidad, por lo cual cualquier persona podrá consultar y entender la razón de su clasificación
- Si se necesita mantenimiento legal y que normativa se debe aplicar.
- Si es necesario subcontratar fabricantes, indicar el tipo de subcontrato que se propone (revisiones periódicas, correctivas, inspecciones).
- Repuestos críticos que deben permanecer en stock
- Repuestos que se estima que se necesita después de un ciclo de vida de 5 años
- Consumibles tales como lubricantes, electrodos, filtros, entre otros, que estos requieran las máquinas para su correcto funcionamiento
- Acciones formativas para obtener el conocimiento necesario para poder ocuparse del mantenimiento del equipo.

Todos estos datos se hallan dentro del recuadro “DATOS PARA MANTENIMIENTO” de las fichas técnicas que se muestran en la Figura 3-3, pero se excluyen.

- Mantenimiento legal: debido a que las máquinas se encuentran dentro de la universidad por lo tanto no hay riesgo para las personas o para el entorno.
- Acciones formativas para mantenimiento: esto se debe a que tareas especializadas de mantenimiento se lo realiza mediante personal subcontratado que representa al distribuidor de equipos o personal calificado por el fabricante.

Finalmente los datos que se adicional para el uso del área de Ingeniería Mecánica son:

- Código AVALUAC = Código de inventario UPS
- Vida útil en meses
- Derecho de uso, donde se especifica si el equipo tiene factura de compra, de arriendo o de cualquier documento que justifique el uso del equipo.

Para crear nuestras propias fichas técnicas utilizar el icono "Diseñar" el cual permite dar a la ficha el formato que se desee, para ellos se asigna primero el nombre la ficha llenando los datos que se indican en la siguiente Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Datos de ficha técnica

<i>Nº</i>	<i>Descripción</i>
1	Nivel jerárquico (sistema, equipo, y/o componente)
2	Familia de sistema o equipo según el nivel jerárquico seleccionado
3	Nombre de la Ficha

La ventana de ficha técnica que se muestra en la Figura 3-1, se presenta vacía, permitiendo diseñar al usuario en función de sus parámetros requeridos, teniendo en cuenta el uso de diferentes campos disponibles.

Para la creación de nuevos campos dentro de las fichas técnicas están disponible el icono "nuevo" Figura 3-2.

Los datos que debe contener la ficha técnica son los siguientes:

- Código del equipo y descripción
- Datos generales
- Especificaciones técnicas
- Parámetros de operación
- Si necesita de mantenimiento subcontratado
- Repuestos críticos en stock
- Consumibles necesarios

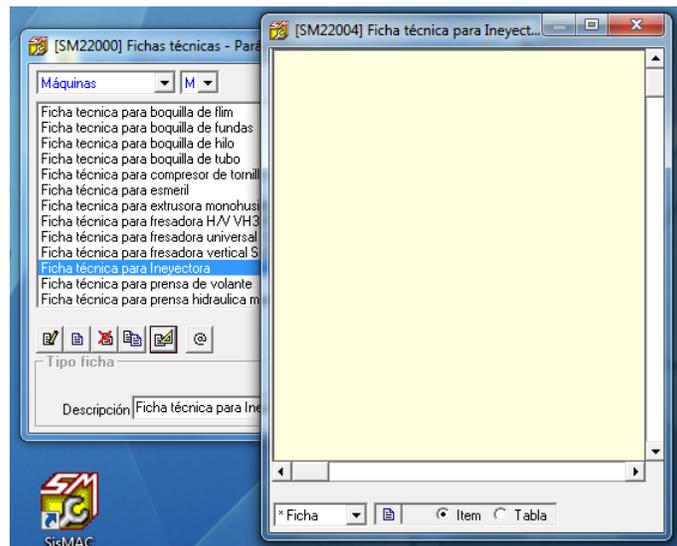


Figura 3-1: Creación de ficha técnica

DATOS GENERALES		DATOS GENERALES	
Código AVALUAC	(T)Código AVALUAC	Vida útil (meses)	(T)Vida útil (meses)
Marca (K)Marca	Fabricante (T)Fabricante	Fecha de operación	(F)Fecha de
Modelo (K)Modelo	Año de fabricación (K)Año de		
No. Serie (K)No. Serie	Procedencia (T)Procedencia		
No. Manual (T)No. Manual	Proveedor (T)Proveedor		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Largo, m	(N)Largo, m	Foto rectificadora plana	
Ancho, m	(N)Ancho, m	<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	
Alto, m	(N)Alto, m		
Peso, kg	(N)Peso, kg	Foto de placa técnica	
Voltaje, V AC	(N)Voltaje, V	<div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	
Amperaje, A	(N)Amperaje,		
Frecuencia, Hz	(N)Frecuenci		
Potencia husillo, HP	(N)Potencia		
Velocidad husillo, RPM	(N)Velocidad		
Potencia husillo en mesa, HP	(N)Potencia		
Velocidad husillo en mesa, RPM	(N)Velocidad		
Pot. servomotor husillo cabezal, KW	(N)Pot.		
Potencia motor hidráulico, HP	(N)Potencia		
Distancia entre centros, m	(N)Distancia		
Giro sobre la mesa, mm	(N)Giro sobre		
Recorrido max mesa transversal, mm	(N)Recorrido		
Distancia max centro husillo-mesa, mm	(N)Distancia		
Tamaño de muela ØExt x Ancho x ØInt, mm	(N)Tamaño de		

Figura 3-2: Creación de campos en ficha técnica

3.4 Ingreso de parámetros de equipo y referencias graficas

Los parametros del equipo seran creados en al ficha técnica para luego especificarlos, todos estos parametros seran obtenidos de los documentos técnicos de la máquina o de las placas que estan en la máquina especificadas por el fabricante, por ejemplo:

- Dimensiones generales del equipo
- Datos eléctrico
- Capacidad de trabajo
- Condiciones de trabajo.
- Peso del equipo, entre otros.

En referencias graficas SisMac crea una biblioteca donde contiene todas las imagenes de las máquinas o equipos, en algunos casos especificos tendra imagenes de componentes los cuales sera de vitan importancia, en la ficha tecnica Figura 3-3, se observa que existen dos campos para agregar referencias graficas, entre ellos estan *“foto del equipo”* y *“foto de placa tecnica”*, con esto se podra identificar a la máquina o equipo sin lugar a errores, Figura 3-3.

TEM: IM-14-01 Horno para temple N7

Código ARIIAC

Vida útil (meses)

DATOS GENERALES

Marca	NABERTHERM	Fabricante	NABERTHERM	Fecha de operación	
Modelo	N 7/H	Año de Fabricación	2010		
No. Serie	215757	Procedencia	Alemania		
No. Manual		Proveedor	JOSE JALIL E HIJOS		

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones Generales		Dimensiones de Cámara		Foto del banco
Largo, mm	640	Largo, mm	250	
Ancho, mm	720	Ancho, mm	250	
Alto, mm	610	Alto, mm	120	
Peso, kg	80			
Temperatura max. °C	1200			
Tipo de Aislamiento, mat	Ladrillo Refractario			
Tipo de Calentamiento	Dos laterales y Solera			
Minutos hasta Tmax, min	180			
Proteccion de Solera, mat	Placas SiC			
Controlador de Temperatura	B 100			
Potencia, kW	3.0			
Conexion Electrica, V	220			
Frecuencia, Hz	60			
Amperaje, A	13			
Volumen, l	7			

Foto de placa técnica



DATOS PARA MANTENIMIENTO

Mantenimiento subcontratado	Consumibles	Respuestos críticos en stock

Observaciones

Figura 3-3: ficha técnica general

3.5 Ingreso de repuestos y herramientas

Para cargar repuestos y herramientas a las tareas de mantenimiento se debe seguir los siguientes pasos: ingresar en el submódulos *Ingreso* del módulo *Inventarios* y clicar en la pestaña maestro para realizar el ingreso de los ítems que se requiera.

Cabe recalcar que los insumos se refiere a objetos que se consumen en el mantenimiento es decir que una vez salen de la bodega no retornan. En cambio las herramientas son los objetos utilizados que facilitan el mantenimiento y retornan a bodega.

3.6 Ingreso de recursos humanos

Para asignar los recursos humanos se ingresa no nombres de los diferentes empleados o personal a cargo de los diferentes laboratorios en el submódulos personal. Para los laboratorista de Ingeniería Mecánica se ha ingresado los nombres de diferentes laboratoristas con algunos datos adjuntos.

3.6.1 Generación de usuarios

Dentro de SisMAC se puede crear dos tipos de usuarios

- Usuario experto: Permite realizar todas las actividades de levantamiento o manipulación de la información para empezar la gestión del mantenimiento.
- Usuario final: Solo permite realizar tareas específicas, como visualización de tareas o rutinas, pero no permite manipulación de información.

Como usuarios finales se ha considerado a los laboratoristas los cuales pueden realizar órdenes de trabajo y solicitudes de trabajo, únicamente dentro de los laboratorios de los cuales ellos están a cargo.

3.7 Emisión de documentos para el registro de mantenimiento

Luego de ingresar toda la información necesaria en el software SisMAC, se procede a generar documentos, los cuales permitirán registrar el mantenimiento que se realiza, como son la ordenes de trabajo.

Ordenes de trabajo: estas órdenes constan de tres etapas:

- Emitir
- Aprobar
- Cerrar

Estas tres etapas se muestran en el proyecto de grado de la Ing. Elsa Dumaguila "*Gestión e implementación del plan de mantenimiento en los laboratorios del área del ingeniería mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*" Capítulo 4, sección 4.7 al figura 4.3, donde se muestra las tareas de mantenimiento que laboratorista debe realizar cada uno de ellos en sus laboratorios de los cuales están a cargo. Los laboratoristas tiene la facultad de emitir órdenes de trabajo, aprobar ejecución de tareas de mantenimiento y finalmente cerrarlas cuando se hayan realizado todas las actividades.

- Ordenes de trabajo directas: este ordenes sirven para generar tareas de correctivas, proyectos o modificaciones que se realizan dentro de los laboratorios.
- Ordenes de trabajo por tarea: se generan órdenes de trabajo solo de tareas preventivas y que se encuentran dentro de lo planificado.

Un módulo de vital importancia es "*Solicitudes de Trabajo*"

- Solicitudes de trabajo: su función es solicitar al mantenimiento preventivo o correctivo en alguno de los equipos, se solicita el personal capacitado, herramientas e insumos necesarios.

De acuerdo a la decisión del departamento si aprueba o niega la solicitud de trabajo puede convertirse en una simple orden de trabajo o quedar solo en solicitud, en conclusión no toda solicitud de trabajo se convierte en orden de trabajo.

En Figura 3-4, se muestra el proceso par a la emisión, aprobación y cierre de una orden de trabajo

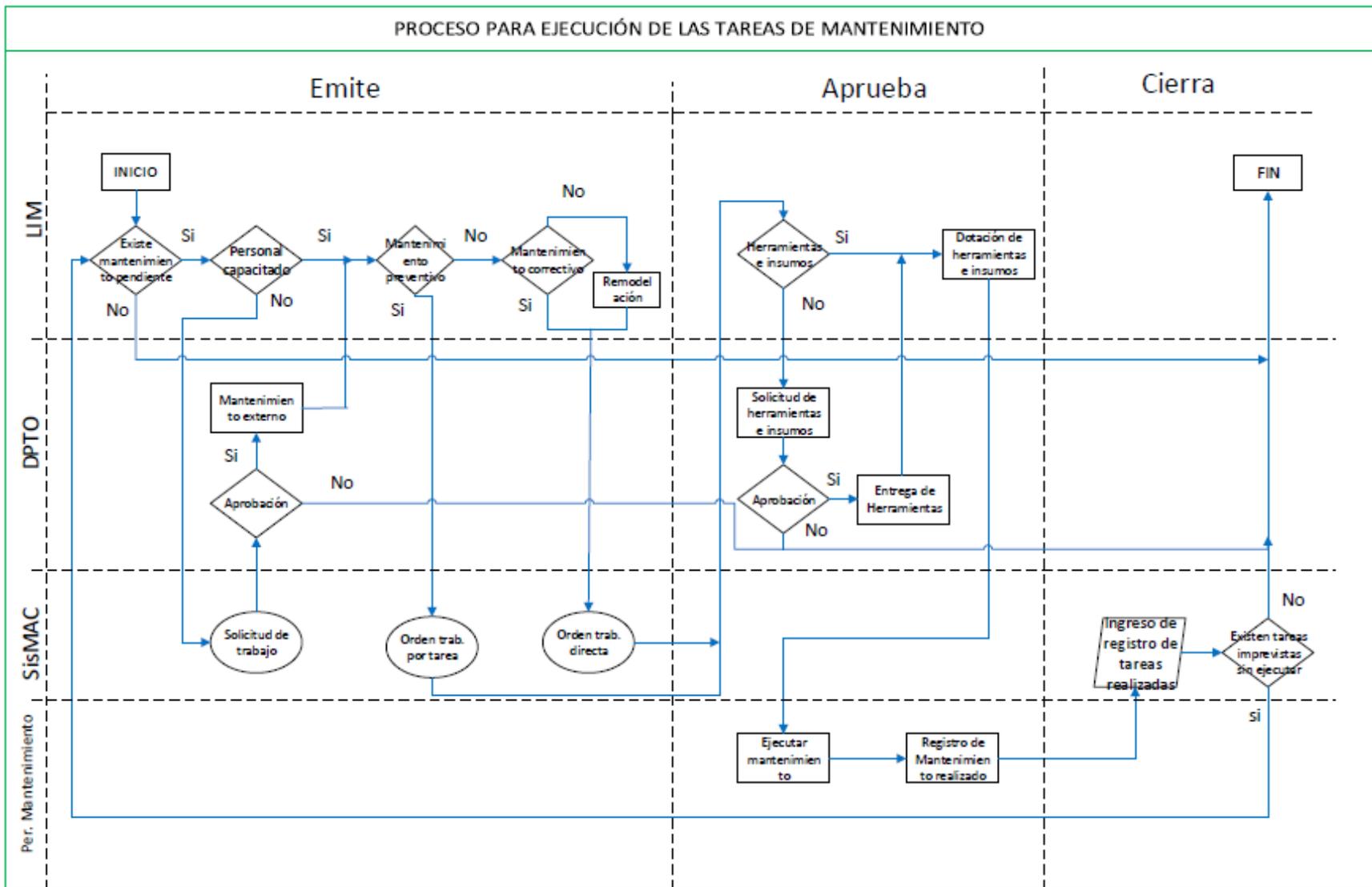


Figura 3-4: Proceso para emisión, aprobación y recepción de una orden de trabajo

CAPÍTULO 4

4 Gestión documental

La gestión documental se realiza con el fin de fortalecer los planeamientos en lo que respecta a la acreditación de los laboratorios y la metodología planteada dentro del sistema de mantenimiento SisMAC tomando como referencia los procedimientos de la norma ISO 30300 para garantizar la credibilidad de la documentación. La gestión documental a realizarse corresponderá a todos los laboratorios del área de Ingeniería Mecánica ya establecidos.

4.1 Introducción a la gestión documental

Desde la antigüedad los documentos han sido portadores de información, al realizarse la segunda revolución industrial obtenemos muchas formas informáticas las cuales cambian el concepto de documento como *“información fija solo en impresos, conceptualizada, enseñada y aprendida”*. Basándose en la teoría de OTLET se refiere que *“documento es toda fuente de información física que comunica inscripciones, imágenes, sonido, textos, objetos con indicios de intervención humana, creación artística, e incluso materiales naturales”*.

Para procurar una adecuada organización de los documentos, surge la gestión documental *“como área de gestión responsable de un control eficaz y sistemático de la creación, la recepción, el mantenimiento, el uso y la disposición de documentos de archivo, incluso los procesos para incorporar y mantener en forma de documentos la información y prueba de las actividades y operaciones de la organización.”*

En la actualidad se plantea que la gestión documental es tan antigua como la escritura misma, que nació debido a la necesidad de *“documentar”*, para poder dar fé de los hechos. Estos tipos de documentos se plasmaron en tablillas de arcilla, hojas de papiro, pergaminos, cuya gestión cada vez fue tomando forma y complejidad a medida existía

mayor flujo de documentos. Los documentos que contienen información forman parte de un recurso valioso y activo importante de la organización, al optar por un sistema para la gestión documental esto facilita el trabajo a organizaciones y a la sociedad, con el fin de preservar evidencia de actos.

Una gestión eficiente debe *“articularse con nuevas tecnologías de información y comunicación y los sistemas de gestión de calidad”*, esto permite garantizar el acceso a la información o la rendición de cuentas, y también a maximizar el uso de la información almacenada, actual y futura [24].

4.2 Gestión documental según ISO

Primeramente vamos a definir qué significado tiene “gestión de documentos”, la propia ISO la define como *el área de gestión responsable de un control eficaz y sistemático de la creación, la recepción, el mantenimiento, el uso y la disposición de los documentos, incluidos los procesos para incorporar y mantener, en forma de documentos, la información y prueba de las actividades y operaciones de la organización”* [25].

4.2.1 Objetivos de la gestión documental.

- Procurar la racionalización y control en la producción documental, en atención a los procedimientos, trámites administrativos y flujos documentales.
- Normalizar la utilización de materiales, soportes y equipos de calidad y que ayuden al medio ambiente.
- Lograr una acertada normalización en los procedimientos para el recibo, radicación y distribución de documentos.
- Regular el manejo y organización del sistema de administración de documentos y archivos.
- Implementar el desarrollo de procesos básicos de aplicación de la tabla de retención documental, organización, transferencias primarias.
- Facilitar la recuperación de la información en forma rápida y oportuna.
- Encaminar los archivos para que sean verdaderos centros de información [26].

4.3 Norma 30300 para la gestión documental

“Al finalizar el año 2011 se publica las normas ISO 30300 *Información y documentación. Sistemas de gestión para los documentos. Requisitos* e ISO 30301 *Información y documentación. Sistemas de gestión para los documentos. Fundamentos y vocabulario*,” esta normal tiene como propósito dar a conocer los principios para la gestión y definición de términos, además establece los requisitos de un sistema de gestión documental y el modo en el que se puede desarrollar hasta poder controlar, medir y evaluar los resultados dentro de la gestión aplicada, si lo desean, certificar el sistema de gestión para documentos implementado de acuerdo a la norma ISO 30301 [27].

4.3.1 Familia de las normas ISO 30300

Dentro del aspecto de normalización utilizada tenemos la norma ISO 30300 la cual se ha sido clasificada de la siguiente manera [26].

- Fundamentos y terminología.- tenemos la norma ISO 30300, sistema de gestión para los documentos. Fundamentos y vocabulario.
- Requisitos.- tenemos la norma ISO 30301, sistema de gestión para los documentos y Requisitos. Otra norma es la ISO 30303, sistema de gestión para los documentos. Requisitos para los organismos que rechazan la auditoria y la certificación.
- Directrices, soporte a los elementos de la estructura de alto nivel.- tenemos la norma ISO 30302, sistemas de gestión para los documentos. Guía para la implementación. Otra norma es la ISO 30304, sistemas de gestión para los documentos. Guía de evaluación.

4.4 Requerimientos de la norma ISO 30301

Dentro de esta norma están establecidos requerimientos por que deben ser tomados en cuenta, estos son fases cíclicas y se componen de la siguiente manera: liderazgo, planificación, soporte, operación, evaluación, y mejora [28].

- *Liderazgo.*- identificado con la alta dirección de la organización, asegura la compatibilidad del sistema de gestión documental con la dirección estratégica de la organización, asegurando recursos materiales y humanos. El sistema debe recoger la política de gestión documental, la asignación de roles, con formación y competencias específicas y responsabilidades y la comunicación a toda la organización de las políticas. Se debe tomar en cuenta que es de vital importancia que en las políticas deben estar incluidas las estrategias de apoyo a las funciones y actividades de la organización de tal manera que la integridad de la empresa sea asegurada durante el tiempo necesario [28].
- *Planificación.*- en esta fase es donde se concretan las acciones dentro de la política establecida anteriormente. La cual lleva consigo dos aspectos importantes que son: la identificación de riesgos y oportunidades; y la definición de objetos y planes para alcanzarlos. La identificación de riesgos y oportunidades asegura que el sistema de gestión documental obtenga los resultados esperados, lo cual hará que evite efectos no deseados, generar oportunidades de mejora y garantizando que la información estará disponible cuando esta será requerida [28].
- *Soporte.*- Una vez definidos los objetivos debemos proporcionar soporte para alcanzarlos, la gestión documental lleva consigo la implicación de la asignación de mantenimiento en lo que respecta a recursos para capacitación, formación concienciación y comunicación de la gestión documental. Se debe tomar en cuenta que al momento de tratar sobre recursos materiales no necesariamente se habla de grandes inversiones informáticas, lo importante es definir una buena estructura con la que se va a trabajar y tener en cuenta la capacitación para cada responsable del puesto a desempeñar dentro de la organización [28][29].
- *Operación.*- punto donde se planifica y controla operaciones para tratar riesgos y oportunidades de la gestión documental. Para ello las organizaciones deben establecer los criterios de los procesos que los tratan y mantener la información documentada de tal manera que se pueda evidenciar el trabajo realizado [28][29].
- *Evaluación.*- punto donde la supervisión, medición, análisis y evaluación del sistema se encierra de tal manera que se podrá determinar los resultados obtenidos y de igual forma las no conformidades que sobresalgan en las actividades

obtenidas de acuerdo a la política que se analizó al inicio de la gestión documental [28].

- *Mejora.*- en este punto se hará un control de las no conformidades, para diseñar acciones correctivas revisar su efectividad y priorizar acciones, estas están vinculadas con el control de la documentación y la gestión documental [28][29].

4.5 Acopio y codificación de manuales técnicos

Luego de realizar el listado de máquinas y equipos también se documenta toda la información que se disponga como lo siguientes:

- Datos Técnicos
- Manuales de operación
- Manuales de mantenimiento
- Lista de componentes de equipos
- Organización del mantenimiento
- Mapas de lubricación de la máquina
- Diagrama de circuitos
- Diagramas de tuberías, instrumentos y elemento de medida y control
- Lay- out de la planta donde se encuentran ubicados los equipos.
- Programas de pruebas de los equipos
- Certificados de calibración
- Certificados de seguridad
- Información digital como CD

Todos los documentos se organizaron por laboratorios dentro del área de Ingeniería Mecánica, cada documento de las máquinas se organizaron en archivadores, los cuales tienen sus identificación de acuerdo a la codificación de los laboratorios.

En lo referente a documentos de gran espesor estos se los organizaron en cajas de archivadores debido a la dificultad de perforarlos para ubicarlos en los archivadores.

4.6 Sistema de codificación de documentos

La organización de los manuales técnicos de las máquinas y equipos se debe organizar de acuerdo a cada laboratorio.

Los diferentes tipos de documentos como manuales de operación, manual de instrucciones, manual de mantenimiento entre otros, tendrán la misma codificación de la máquina o equipos con una extensión que hace referencia al tipo documentos y nombre de la máquina o equipo Figura 4-1.

La Tabla 4-1, presenta una lista de todos los documentos que fueron codificados dentro del laboratorio.

Tabla 4-1: Código de documentos

<i>Denominación</i>	<i>Descripción</i>
CR	Certificado de calibración
CI	Certificado de inspección
MI	Manual del Instructor
MO	Manual del Operador
MM	Manual de Mantenimiento
MP	Manual de programación
PM	Manual de parámetros
ME	Manual eléctrico
BC	Banco de Pruebas
CT	Catalogo técnico
IS	Instrucciones de servicio
GI	Guía de Instrucciones
LI	Lista de partes
MDP	Manual de prácticas

CONCLUSIONES

Se ha gestionado e implementado el plan de mantenimiento a nivel de equipo y en algunos casos a nivel de componentes de ocho laboratorios del área de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca a través del software de mantenimiento SisMAC, pretendiendo que los equipos cumplan con su vida útil, manteniéndolos funcionales, en condiciones adecuadas y disponibilidad para practicas e investigación por parte de docentes o estudiantes.

Mediante el uso del Software SisMAC, se ha facilitado la organización de tareas y rutinas de mantenimiento preventivo, de la misma manera mediante la creación de fichas técnicas, registros de mantenimiento, creación de stock de repuestos y recursos humanos, se puede llevar un control más específico sobre las máquinas logrando recolectar datos de averías o fallos de las máquinas, con los cuales dentro de alguno años mediante el uso de indicadores de mantenimiento se lograría tener a ciencia cierta cuál es el estado del mantenimiento en los laboratorios.

Mediante la gestión documental se logra mejorar organización de los documentos técnicos de las respectivas máquinas, los cuales enlazados con SisMAC, Una mejor identificación, uso y almacenamiento de los distintos tipos de documentos técnicos, que llegan en los equipos al adquirirlos.

RECOMENDACIONES

El orden para la codificación de los laboratorios de las máquinas se ha aplicado de acuerdo a la ubicación física actual de los laboratorios, por lo que si realiza algún tipo de adecuación se recomienda empezar los cambios en el software, lo cual permite llevar un control e historia de cada máquina o equipo dependiendo del laboratorio.

Los diez laboratorios y sala de compresores que se realizó la gestión de mantenimiento en un proyecto anterior se deben actualizar en normativa y algunas de las tareas de mantenimiento preventivo, por ejemplo en el laboratorio de Automatismos en el cual se cambió todo tipo de válvulas y actuadores.

Para la gestión de mantenimiento se recomienda crear un equipo de trabajo que dedique cien por ciento de su tiempo al mantenimiento de los equipos, de todas las áreas, el software SisMAC abarca todas las ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Y. GÓNZALES, «Evolución de Mantenimiento», *Mantenimiento 1*, oct-2011. [En línea]. Disponible en:
<http://ugmamantenimiento12011.blogspot.com/2011/10/evolucion-del-mantenimiento.html> .
- [2] J. C. TORO MARINEZ y J. A. VALENCIA GALLARDO, «La tercerización del mantenimiento de equipos de manufactura», Thesis, Univerdidad ICESI, Colombia, 2011.
- [3] E. M. RIVERA RUBIO, «Sistema de gestión del mantenimiento industrial», Thesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú, 2011.
- [4] W. O. OROZCO MURILLO, «Gestión del mantenimiento, hacia una línea de investigación», *Rev. CINTEX*, vol. 7, pp. 65-68, nov. 2014.
- [5] N. GAITHER y G. FRAIZER, *Administracion de producción y operaciones*, 8.^a ed. Mexico: International Thomson, 2000.
- [6] O. FERNANDEZ, «Mantenimiento industrial: mantenimiento correctivo y preventivo», *MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*, 25-ago-2008. .
- [7] F. LABOY, «Qué es Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)», *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, 07-may-2014. [En línea]. Disponible en:
<http://www.vibranalysispr.com/index.php/es/blog/item/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-2>. [Accedido: 29-ene-2015].
- [8] L. J. AMENDOLA, *Gestión de proyectos de activos industriales*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006.
- [9] H. ESPINOZA, «Mantenimiento Centrado en Confiabilidad». jul-2013.
- [10] TECNICONTROL, «Mantenimienot Basado en la Condición CBM», *Soluciones Integrales para un Futuro Confiable*. [En línea]. Disponible en:
<http://portal.tc.com.co/tecnicontrol/soluciones/confiabilidad-operacional/cbm>. [Accedido: 03-feb-2015].
- [11] A. A. LLANARES, «Cómo medir la gestión del mantenimiento en la empresa?», *GestioPolis*, 2006. [En línea]. Disponible en:
<http://www.gestiopolis.com/canales6/ger/comomeman.htm>. [Accedido: 04-feb-2015].
- [12] L. TAVARES, *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo.
- [13] C. A. BARRENO MONTERO y J. C. VILLACÍS ARCOS, «Diagnóstico, Optimización y Sistematización del Mantenimiento en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Aplicando a la Facultad de Mecánica.», Thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador, 2010.
- [14] PGM - Win, «El Software para la Planificación y Gestión del Mantenimiento». SEPRISA.
- [15] COMUNIDAD SISMAL, «Atributos del SISMAL», *Software Sistema Programa de Mantenimiento Preventivo SisMAC*. [En línea]. Disponible en:
<http://www.sismac.net/>. [Accedido: 29-ene-2015].
- [16] J. ARENAS, «La Norma y la Señalización de Seguridad. Señalización de los Lugares de Trabajo», *Tipos de señalización*, 1997. [En línea]. Disponible en:
http://www.cea.es/portalea/proyectos/documentat/Ficha_faq.asp?id=369&Pal=. [Accedido: 06-feb-2015].

- [17] P. MAGAÑA, «Normalización y Normas ISO», *Normalización ISO*. [En línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos38/normalizacion-iso/normalizacion-iso.shtml>. [Accedido: 18-mar-2015].
- [18] AUTOCOSMOS, «¿Qué significan las letras SAE, API y W en los aceites para auto?», *SAE, API y W*, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://noticias.autocosmos.com.pe/2011/02/14/que-significan-las-letras-sae-api-y-w-en-los-aceites-para-auto>. [Accedido: 06-feb-2015].
- [19] J. M. PAZ GONZÁLEZ, «Estrategia Gerencial de Gestión de Mantenimiento para las Unidades Tácticas de Ingeniería del Ejército, Basada en una Filosofía de Cuarta Generación.», Thesis, Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada Nacional, Puerto Cabello, 2007.
- [20] E. M. DUMAGUALA ENCALADA, «Gestión e implementación del plan de mantenimiento en los laboratorios del área de Ingeniería Mecánica en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca», Thesis, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca - Ecuador, 2014.
- [21] SUPERINTENDENCIA DE SALUD DE CHILE, «Manual del Estándar General de Acreditación para Laboratorios Clínicos». .
- [22] I. CAMPILLO TORRES, «Sistema de gestión integral de documentos de archivo para empresas de la construcción del territorio de Camagüey», Thesis, Universidad de Granada, Granada, 2010.
- [23] C. BUSTELO RUESTA, «La normalización internacional en información y documentación: ¿una historia de éxitos? El caso de la normalización ISO en gestión de documentos», *Métod. Inf.*, vol. 3, n.º 4, pp. 39-46, jun. 2012.
- [24] J. GAMARRA TOLENTINO, *Mantenimiento Industrial*. Mechanical Engineer at senati / Mecachrome SAC.
- [25] M. GARCÍA ALCINA, «La serie de normas ISO 30300 y otros productos ISO de gestión de documentos», *Rev. Esp. Doc. Científica*, vol. 36, n.º 1, mar. 2013.
- [26] R. ALBERCH, «Las Normas ISO 30300/30301 de Sistemas de Gestión para Documentos», presentado en Sistemas de gestión documental, barcelona, 2009.
- [27] M. GARCÍA ALCINA, «Contribución de la serie ISO 30300 a la gestión de la documentación judicial», *Ibersid Rev. Sist. Inf. Doc.*, vol. 6, n.º 1, pp. 135-143, ago. 2012.
- [28] S. GARCIA GARRIDO, *Organización y gestión intergral de mantenimiento: manula práctico para la implementación de sistemas de gestión avanzado de mantenimiento industrial*. Madrid: Diaz de Santos, 2003.
- [29] ISO, «ISO 30300:2011 - Information and documentation -- Management systems for records -- Fundamentals and vocabulary». [En línea]. Disponible en: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=53732. [Accedido: 06-mar-2015].

Anexos

Anexo 1. Ficha para préstamos de laboratorios, máquinas y equipos

		PRESTAMO DE LABORATORIOS, MÁQUINAS Y EQUIPOS						
		INGENIERÍA MECÁNICA						
Laboratorio Solicitado:		Fecha de solicitud:						
Docente responsable:		Fecha de entrega o préstamo:						
Práctica / Proyecto:		Hora de práctica:						
Entregado a:		Tiempo de uso (días o horas):						
Ciclo:	Carrera:	Trabajo en: Exterior: <input type="checkbox"/> Interior: <input type="checkbox"/>						
DETALLE DE LABORATORIO Y EQUIPOS								
Máquina	Herramienta	Manual equipo	Cantidad.	6 últimos dígitos código	Descripción	Marca	Devuelto en estado:	
							Bueno	Malo

