

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE
LOS LABORATORIOS PERTENECIENTES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

NORA ELIANA MONTEALEGRE YELA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PEREIRA

2018

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DE
LOS LABORATORIOS PERTENECIENTES A LA FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

NORA ELIANA MONTEALEGRE YELA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA MECÁNICA

DIRECTOR:

LUIS CARLOS FLÓREZ GARCÍA

M. Sc. INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

PEREIRA

2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre Nora Yela y mi padre Victor Montealegre por su compañía y respaldo incondicional durante este proceso y etapa de mi vida. También, a mis abuelas y mi familia por su interés y apoyo en general. A Daniel Díez por su acompañamiento en el ámbito estudiantil y personal.

Agradezco a la Universidad Tecnológica de Pereira y a la Facultad de Ingeniería Mecánica por brindarme esta oportunidad de trabajar en su campus, en donde obtuve una grata experiencia académica y laboral. De igual manera, a los ingenieros Juan Esteban Tibaquirá, Luis Carlos Flórez y Jorge Ocampo, por su tiempo, orientación y dedicación durante el desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	10
2. INTRODUCCIÓN	11
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. OBJETIVOS	13
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
5. ALCANCE.....	14
6. LIMITACIONES	15
7. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA.....	17
7.1 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.....	17
7.2 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.....	17
I. MISIÓN FIM.....	17
II. VISIÓN FIM.....	17
III. OBJETIVO GENERAL FIM	17
IV. LABORATORIOS FIM.....	17
8. MARCO TEÓRICO.....	19
8.1 MANTENIMIENTO.....	19
8.2 ACCIONES BÁSICAS DE MANTENIMIENTO	19
8.3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO	20
I. Mantenimiento Correctivo (CM Corrective Maintenance).....	20
II. Mantenimiento Programado (SM Scheduled Maintenance).....	20
III. Mantenimiento Preventivo (PM Preventive Maintenance)	20
IV. Mantenimiento Predictivo (PdM Predictive Maintenance).....	20
V. Mantenimiento Productivo Total (TPM Total Productive Maintenance)	21
VI. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM Reliability Centered Maintenance)	21
8.4 LUBRICACIÓN	21
8.5 CALIBRACIÓN.....	22
8.6 SOFTWARE DE MANTENIMIENTO O CMMS.....	22
8.7 SMPLUS PRO®	22

I.	USUARIOS Y PERFILES	23
II.	ESTRUCTURA DE CODIFICACIÓN	23
III.	TARJETA MAESTRA – FICHA TÉCNICA	23
IV.	TAREAS DE MANTENIMIENTO	23
V.	RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL	23
VI.	MÓDULO DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA VEHÍCULOS Y MAQUINARIA PESADA ..	23
VII.	MAESTRO DE LUBRICANTES.....	23
VIII.	RUTINAS DE MANTENIMIENTO	23
IX.	SISTEMA DE ALERTAS.....	24
X.	ADMINISTRADOR DE O.T.	24
XI.	HOJA DE VIDA.....	24
XII.	PENDIENTES	24
XIII.	COSTOS DE MANTENIMIENTO	24
XIV.	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	24
XV.	MÓDULO DE METROLOGÍA.....	25
9.	OBSERVACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SUSTITUCIÓN DE UN EQUIPO O MÁQUINA	
	26	
I.	DEPRECIACIÓN	26
II.	DISPONIBILIDAD.....	26
III.	FUNCIÓN	26
IV.	OBSOLESCENCIA.....	26
V.	VIDA ÚTIL	26
A.	Grado de obsolescencia.....	28
B.	Estado de conservación y funcionamiento actual.	28
C.	Costo Remanente CR y Costo Global de Mantenimiento CM, para hallar punto de reemplazo del equipo.	29
9.1	CRITERIOS DE SUSTITUCIÓN PARA LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS.....	30
10.	DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	32
11.1	INVENTARIO DE EQUIPOS	32
11.2	TARJETA MAESTRA DE EQUIPOS.....	33

11.3	HOJAS DE VIDA Y COSTOS DE MANTENIMIENTO	37
11.4	MAESTRO DE TAREAS.....	40
11.5	MAESTRO DE LUBRICANTES.....	41
11.6	RUTINAS DE MANTENIMIENTO.....	42
11.7	RUTA DE MANTENIMIENTO ANUAL.....	45
11.8	DESCRIPCIÓN DE RUTAS Y RUTINAS DE MANTENIMIENTO	48
11.9	RUTAS DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS TRATADOS COMO VEHÍCULO	49
11.10	PROGRAMACIÓN SEMANAL ANUAL	50
11.	PRUEBA PILOTO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	50
12.	EQUIPOS RECOMENDADOS A REPOSICIÓN EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.....	56
13.	CONCLUSIONES	59
14.	RECOMENDACIONES	61
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Costo Remanente y Costo Global de Mantenimiento versus tiempo.....	29
Figura 2. Maestro de Máquinas del Laboratorio de Ciencias Térmicas.....	33
Figura 3. Formato Tarjeta Maestra.....	35
Figura 4. Tarjeta maestra del Equipo Entrenador de Sistema de Refrigeración, debidamente diligenciada.	36
Figura 5. Formato Hoja de Vida.....	39
Figura 6. Formato Informe Técnico del Equipo Banco de Entrenamiento Hidráulico FTP-2, debidamente diligenciado.....	39
Figura 7. Reporte de Costos Detallados del Equipo Banco de Entrenamiento Hidráulico FTP-2.	40
Figura 8. Maestro de Tareas de actividades Eléctricas.	41
Figura 9. Maestro de Grasas.....	42
Figura 10. Rutina de Mantenimiento Anual de Entrenador de Sistemas de Refrigeración.	44
Figura 11. Ruta de Mantenimiento Anual del Entrenador de Sistemas de Refrigeración.	46
Figura 12. Descripción de la Rutina de Lubricación del Entrenador de Sistemas de Refrigeración.	48
Figura 13. Ruta Vehículos del equipo Dinamómetro de Rodillos.	49
Figura 14. Formato de Orden de Trabajo Preventiva.....	52
Figura 15. Esquema posterior en la Orden de Trabajo Preventiva.....	52
Figura 16. Imágenes de prueba en Entrenador de Aire Acondicionado.....	53
Figura 17. Imágenes de prueba en Entrenador de Refrigeración.	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Actividades básicas del Mantenimiento.....	19
Tabla 2. Vida útil de los activos fijos despreciables.	27
Tabla 3. Criterios para establecer la sustitución de las unidades.	31
Tabla 4. Costos por mantenimiento y compras en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica desde el año 2016 a enero de 2018.	38
Tabla 5. Total de equipos, máquinas e instrumentos por laboratorio.	57
Tabla 6. Porcentaje de unidades por laboratorio de acuerdo al criterio de sustitución.	58

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Maestro de Máquinas FIM.

ANEXO B. Tarjetas Maestras FIM.

ANEXO C. Hojas de Vida FIM.

ANEXO D. Maestro de Tareas FIM.

ANEXO E. Maestro de Lubricantes FIM.

ANEXO F. Rutinas de Mantenimiento FIM.

ANEXO G. Rutas de Mantenimiento FIM.

ANEXO H. Descripción de Rutas y Rutinas de Mantenimiento FIM.

ANEXO I. Calendario anual.

ANEXO J. Formatos diligenciados para la prueba piloto en el laboratorio de Ciencias Térmicas de la FIM.

ANEXO K. Clasificación de las unidades por laboratorio de la FIM de acuerdo a los criterios de sustitución.

1. RESUMEN

El presente trabajo es el resultado de la práctica empresarial conducente a trabajo de grado desarrollada por la estudiante en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

En este trabajo se presenta el desarrollo del diseño de un plan de mantenimiento preventivo con el acompañamiento del CMMS SMPlus pro 3.0 en calidad de comodato. Dicho plan de mantenimiento preventivo abarca los equipos, máquinas e instrumentos de diez laboratorios de los doce con los que cuenta la Facultad en el inicio de dicha práctica. Esto debido a que se encuentra con el trabajo de grado encargado de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el Laboratorio de Máquinas Herramientas y Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Equipos de Aire Acondicionado, el cual se realiza en la misma base de datos de SMPlus Pro 3.0.

De esta manera, el trabajo muestra la descripción de las actividades desarrolladas durante los cinco meses de la práctica empresarial. Además, con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados se establecen cinco actividades principales: Como primera actividad, la recolección de información registrada y almacenada, adquirida en el transcurso de la vida útil de cada equipo en cada uno de los laboratorios, generando así un listado de equipos que conforman el plan de mantenimiento preventivo. Como segunda actividad, diligenciar la ficha técnica y ordenar la información de registros de mantenimientos en las hojas de vida del listado de equipos. En la tercera actividad se genera un plan de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta las tareas básicas de mantenimiento, las cuales son necesarias a realizar con una frecuencia estipulada en cada equipo. Como cuarta actividad, se implementa una prueba piloto en uno de los laboratorios de la Facultad, obteniendo así una observación del estado actual en el que se encuentra la gestión de mantenimiento preventivo en los laboratorios. Finalmente, se establecen los equipos necesarios a reposición teniendo en cuenta los diferentes criterios de acuerdo al contexto en que se desarrolla la práctica empresarial.

2. INTRODUCCIÓN

Un plan de mantenimiento preventivo en primera instancia busca organizar la información de equipos y máquinas que se consideren relevantes a mantener en estado óptimo. Por tal razón, en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira, los equipos, máquinas e instrumentos necesarios para el acompañamiento del aprendizaje a los estudiantes y aquellos necesarios para suplir con ensayos y pruebas demandados por la industria colombiana necesitan permanecer operativos. Asimismo, el plan de mantenimiento preventivo define unas tareas planeadas con el fin de contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales que ocurren en el equipo o máquina al cumplir su función en un periodo de tiempo. Dichas tareas se ejecutarán en el año con una frecuencia preestablecida en semanas u horas de trabajo, teniendo en cuenta los insumos y personal necesario para ser efectuadas.

Al inicio de la práctica empresarial en desarrollo, la Facultad cuenta con doce laboratorios, en donde la mayoría de los laboratorios no cuentan con el diseño ni implementación de un plan de mantenimiento preventivo, por lo que se ejecuta en su mayoría mantenimiento correctivo. Consecuentemente no poseen el personal interno ni la logística adecuada para efectuar mantenimiento preventivo para ver el estado de los equipos con la programación anual de intervenciones con tareas básicas de mantenimiento. De igual forma, al fallar un equipo, este permanece inoperativo indefinidamente.

De esta manera se establece diez laboratorios en los cuales se realiza una visita de campo a las instalaciones con la intención de diseñar un plan de mantenimiento preventivo con uso del CMMS SMPlus Pro 3.0 teniendo en cuenta el contexto de la Facultad, los registros de mantenimiento que se lleven en cada laboratorio, las recomendaciones de los fabricantes y el conocimiento del personal con el propósito de diligenciar las tarjetas maestras, hojas de vida y establecer las rutas y rutinas de mantenimiento preventivo anual necesarias conformadas por las tareas básicas de tipo lubricación, electricidad, mecánicas e instrumentación. Además, se realiza una prueba piloto y se seleccionan los equipos recomendados a sustitución bajo criterios establecidos con el fin de efectuar un análisis del estado actual de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

3. JUSTIFICACIÓN

La importancia del proyecto recae en realizar un diseño de un plan de mantenimiento preventivo creando una base de datos que contiene el inventario de equipos en cada laboratorio con su código activo, los datos de ficha técnica, un listado de tareas básicas de mantenimiento que se aplican a los equipos de la Facultad y la programación anual con una frecuencia establecida por semanas o por horas de trabajo para realizar las actividades de mantenimiento programadas. Este plan de mantenimiento busca prevenir que ocurran fallas en los equipos, disminuir el riesgo de la salud de estudiantes y profesores que operan los equipos teniendo en cuenta las normas de seguridad. También, busca mantener en funcionamiento óptimo a los equipos para que puedan brindar a los estudiantes el acompañamiento necesario en las materias teórico – práctico y, además, mantener los equipos en las capacidades de realizar ensayos demandados por la industria colombiana.

Asimismo, al ejecutar una prueba piloto utilizando el software de mantenimiento SMPlus Pro 3.0, se permite realizar una observación del estado actual de la logística, gestión y planeación en la que se encuentran la mayoría de los laboratorios de la Facultad, en cuanto a la ejecución de mantenimiento preventivo.

Por último, al exponer una lista de equipos y máquinas recomendadas a sustitución se muestra una observación del estado actual de los laboratorios en cuanto a la obsolescencia y estado funcional de los equipos que componen cada laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios pertenecientes actualmente a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la documentación de planes de mantenimiento de Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica previos a este trabajo.
- Recolectar información técnica y registros de mantenimiento de los equipos y máquinas de los Laboratorios de Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Establecer una estructura de codificación para los equipos y máquinas de los laboratorios.
- Elaborar de forma actualizada un inventario de los equipos y máquinas de los laboratorios para el diseño del plan de mantenimiento preventivo.
- Realizar la tarjeta maestra para cada equipo y máquina del inventario perteneciente a cada laboratorio.
- Diligenciar la Hoja de Vida para los equipos y máquinas de los laboratorios que cuenten con registros de historial de mantenimiento.
- Realizar el maestro de tareas preventivo a los equipos y máquinas de los laboratorios.
- Construir las rutas y rutinas de mantenimiento preventivo para los equipos y máquinas de los laboratorios.
- Realizar prueba piloto para implementación del plan de mantenimiento preventivo en un laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Establecer los equipos necesarios para reposición bajo ciertos criterios.

5. ALCANCE

Este proyecto tiene como alcance diseñar un plan de mantenimiento tipo preventivo para diez laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica con acompañamiento del software SMPlus Pro 3.0, con el cual se obtienen los archivos que hacen parte de dicho plan de mantenimiento. De esta manera, los documentos de Maestro de máquinas, Tarjeta Maestra, las Descripciones de rutas y rutinas se entregan de forma digital al director o encargado de cada laboratorio para su posterior uso. Los laboratorios previstos en este diseño de plan de mantenimiento preventivo son:

- Laboratorio de Ensayos No Destructivos.
- Laboratorio de Corrosión.
- Laboratorio de Metalografía.
- Laboratorio de Pruebas Dinámicas Automotrices.
- Laboratorio de Resistencia de Materiales.
- Laboratorio de Metrología Dimensional.
- Laboratorio de Ciencias Térmicas.
- Laboratorio de Manufactura Flexible.
- Laboratorio de Máquinas Hidráulicas y Fluidos.
- Laboratorio de Sistemas Dinámicos.

Para dichos laboratorios, se generan las hojas de vida de los equipos que cuentan con la información de ejecuciones de mantenimiento registradas hasta enero del año 2018.

Además, en el presente proyecto se ejecuta una prueba piloto de mantenimiento preventivo en un laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica de manera que se diligencien los formatos necesarios y obtengan resultados para su posterior análisis.

Finalmente, el proyecto admite establecer unos criterios de acuerdo con el contexto de la Universidad, bajo los cuales se recomienda la sustitución de equipos y máquinas de los laboratorios con los que cuenta la Facultad en el inicio de la práctica, es decir, para esta última actividad se tiene en cuenta los doce laboratorios.

6. LIMITACIONES

Durante la práctica, en el desarrollo de la primera actividad que consiste en la recolección de información en los laboratorios preestablecidos, se presenciaron varias limitaciones como:

- En los laboratorios que prestan un servicio académico no tienen archivados, ya sea de forma digital o física, los manuales de operación ni manuales técnicos entregados por el fabricante en el momento de adquisición de la máquina.
- En los laboratorios que prestan un servicio académico no cuentan con la aplicación de la metodología de mantenimiento preventivo a los equipos, por lo que no existe el diseño de un plan de mantenimiento previo.
- Para la visita de campo se necesita del acompañamiento y tiempo del encargado o del director del laboratorio.
- En los laboratorios que prestan un servicio académico no tienen un inventario actualizado y ordenado de los equipos y activos que poseen.
- Se encuentra con que varios de los equipos de laboratorio son producto de proyectos de asignaturas de pregrado o de trabajos de grado, por lo que no poseen código de activo de la Universidad.
- Los equipos de mayor antigüedad no tienen un código de activo de la Universidad.
- No se tiene conocimiento de la fecha exacta de instalación de los equipos que no poseen un código de activo de la Universidad.
- En los laboratorios que prestan un servicio académico no llevan un registro ordenado de intervenciones de mantenimiento a los equipos.

Las anteriores limitaciones conllevan a que se presenten algunas limitaciones en el desarrollo de las actividades posteriores:

Para diligenciar las tarjetas maestras y las hojas de vida de los equipos, la limitación se presenta en que en la mayoría de los laboratorios no existe un registro detallado y en orden cronológico de las tareas pertenecientes a un historial de mantenimiento de cada equipo, por lo que se puede diligenciar la hoja de vida de los equipos que cuentan con esta información. Además, no se cuenta con la fecha de adquisición de los equipos que no pertenecen a los activos de la universidad, por lo que se estima un año de instalación de acuerdo con la noción de la persona encargada de cada laboratorio.

El desarrollo de la actividad de generar el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los diez laboratorios de la Facultad se limita debido a la inexistencia de antecedentes relacionados al diseño de un plan de mantenimiento de este tipo, por lo que no se cuenta con la información de instructivos de mantenimiento ni tareas de mantenimiento programadas y registradas en un cronograma de mantenimiento ya sea de forma digital o física.

En cuanto al iniciar la prueba piloto, se presenta una limitación para el desarrollo de la implementación de dicha prueba. Se encuentra con que, de los diez laboratorios previstos para el diseño del plan de mantenimiento preventivo, ninguno cuenta con la contratación interna de personal técnico capacitado para la ejecución de tareas de mantenimiento. Además, la Facultad no cuenta con un almacén de insumos o repuestos necesarios para cualquier intervención de mantenimiento a los equipos, lo que dificulta la planeación y ejecución de las intervenciones de esta prueba piloto.

También, se presentan limitaciones con el CMMS en el que se realiza este trabajo. Se debe tener en cuenta que la licencia de SMPlus Pro 3.0 se encuentra en calidad de préstamo y con anterioridad el software se viene trabajando con los estudiantes de una cátedra de Mantenimiento y Lubricación Industrial, por lo tanto, se han presentado intervenciones en el módulo de Tareas de Mantenimiento que causan un desorden en la codificación secuencial del Maestro de Tareas, debido a que una vez eliminada una tarea, el software no permite asignar el código de dicha tarea a una nueva. Además, el Módulo de Mantenimiento para Vehículos permite realizar las Rutas de Mantenimiento que se programa con frecuencia dada en horas de trabajo o kilómetros (km) recorridos, sin embargo, se limita actualmente debido a que no tiene la opción para digitar la descripción guía de cada tarea. No obstante, dichas limitaciones pueden solucionarse con una actualización por parte del desarrollador del software.

Respecto a la actividad que consiste en establecer los criterios para seleccionar los equipos recomendados a sustitución en los laboratorios de la Facultad, se presenta la limitación para formar dichos criterios, ya que se podrían usar modelos con cálculos contables donde es necesario conocer variables como el valor inicial del equipo, costos de mantenimiento y de repuestos en el almacén a lo largo de su vida útil, entre otros. Estos valores son desconocidos debido a la falta de gestión de mantenimiento actual en la Facultad. Por lo que se utiliza un método no experimental que será descrito en el desarrollo de este trabajo.

7. CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

7.1 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

Es un ente universitario autónomo del orden nacional, con régimen especial, con personería jurídica, autonomía administrativa, académica, financiera y patrimonio independiente, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, cuyo objeto es la educación superior, la investigación y la extensión.

La Universidad Tecnológica de Pereira, tiene como sede principal la ciudad de Pereira.

7.2 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

El programa de Ingeniería Mecánica cuenta con la acreditación de alta calidad emitida por la CNA (Consejo Nacional de Acreditación).

I. MISIÓN FIM

Crear, gestionar y transmitir conocimiento, a través de sus programas académicos, fomentando el desarrollo de la región y el país, con una formación integral de su comunidad, buscando el bienestar de la sociedad.

II. VISIÓN FIM

Ser en el año 2020 un programa de alta calidad, reconocido y acreditado nacional e internacionalmente; integrado al mundo del conocimiento.

III. OBJETIVO GENERAL FIM

Asegurar para el 2019 la existencia de un sistema que integre investigación, docencia y extensión a través las líneas de desarrollo del programa, con recursos físicos y humanos que le garanticen un desempeño de alta calidad y una integración efectiva al mundo del conocimiento y un aporte significativo al desarrollo regional y nacional en los aspectos tecnológico, social, económico y educativo.

IV. LABORATORIOS FIM

Los laboratorios con los que cuenta la Facultad de Ingeniería Mecánica al inicio de la práctica empresarial se muestran a continuación.

- Laboratorio de Ensayos No Destructivos.
- Laboratorio de Corrosión.

- Laboratorio de Metalografía.
- Laboratorio de Pruebas Dinámicas Automotrices.
- Laboratorio de Resistencia de Materiales.
- Laboratorio de Metrología Dimensional.
- Laboratorio de Ciencias Térmicas.
- Laboratorio de Manufactura Flexible.
- Laboratorio de Fluidos y Máquinas Hidráulicas.
- Laboratorio de Sistemas Dinámicos.
- Laboratorio de Máquinas Herramientas.
- Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Equipos de Aire Acondicionado.

8. MARCO TEÓRICO

8.1 MANTENIMIENTO

Es un proceso que conlleva el desarrollo e implementación de un conjunto de actividades planificadas. Estas actividades son destinadas para mantener un equipo o máquina de acuerdo con una condición especificada por los objetivos y metas de la empresa. Además, su implementación tiene el fin de preservar los equipos y máquinas en funcionamiento demandado, con el menor costo posible, garantizando un nivel de seguridad para el personal y el medio ambiente.

8.2 ACCIONES BÁSICAS DE MANTENIMIENTO

La estructura de mantenimiento en una organización está conformada por actividades que se pueden desglosar en una serie de acciones básicas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Actividades básicas del Mantenimiento.

Tipo de Actividad	Actividad	Acción básica
Administrativa	Planear	Elección de los sistemas de mantenimiento a seguir
		Elaborar presupuestos generales
		Recomendar cambio máquinas/equipos
		Seleccionar equipos
Administrativa	Programar	Cronograma actividades
		Instrucción actividad
		Insumos, repuestos, herramientas
		Personal ejecutante
		Tiempo de ejecución
Operativa	Ejecutar	Instalar
		Poner a punto (ajustar)
		Calibrar
		Inspeccionar
		Limpiar
		Lubricar
		Cambiar
		Reparar
	Modificar	
Operativa	Medir	Recolectar y procesar información de campo

Fuente: Carlos Montilla. Fundamentos de mantenimiento industrial. Página 29.

Tabla 1. Actividades básicas del Mantenimiento (continuación).

Administrativa		Elaborar indicadores
Administrativa		Registrar actividades desarrolladas
Administrativa	Controlar	Comparar resultados obtenidos versus lo planeado y tomar decisiones (revisar y ajustar los planes)

Fuente: Carlos Montilla. Fundamentos de mantenimiento industrial. Página 29.

8.3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

Las metodologías generales para la administración, gestión y ejecución del mantenimiento son:

I. Mantenimiento Correctivo (CM Corrective Maintenance)

Este Sistema de Mantenimiento corresponde a intervenir y reparar los componentes fallidos de un equipo al ocurrir una falla ocasional, con el riesgo de producir daños aledaños, efectos en el medio ambiente, lesiones en el personal, entre otros.

II. Mantenimiento Programado (SM Scheduled Maintenance)

Se ejecuta en una parada general del equipo cada que se cumpla un lapso de tiempo predeterminado, en la cual se realizan actividades de desarme, limpieza, lubricación, cambio de partes y posterior rearme. Donde el tiempo predeterminado generalmente es recomendado por el fabricante del equipo. El riesgo en este Sistema recae en la posibilidad un equívoco rearme del equipo

III. Mantenimiento Preventivo (PM Preventive Maintenance)

Es un Sistema de Mantenimiento que busca prevenir que ocurran fallas en un equipo. Se basa en la implementación de unas actividades básicas en periodos con frecuencias predeterminadas por recomendaciones del fabricante, condiciones de operación, experiencia y conocimiento del personal. La ejecución de las actividades básicas puede mostrar la necesidad de implementar actividades programadas adicionales pertenecientes a otros sistemas de Mantenimiento.

IV. Mantenimiento Predictivo (PdM Predictive Maintenance)

Se encarga de estudiar los síntomas de las fallas de un equipo por medio de técnicas, ensayos o pruebas que permiten medir y analizar variables de operación de dicho equipo.

Entre las técnicas o tecnologías en las que se basa este Sistema de Mantenimiento están: Termografías, Análisis de vibraciones, Análisis de aceites, Ultrasonidos, Ensayos con partículas magnéticas, rayos x, entre otros.

V. Mantenimiento Productivo Total (TPM Total Productive Maintenance)

Es una filosofía de mantenimiento empresarial que busca eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos. Se centra en la sensibilización y capacitación del operario que maneja el equipo, con el fin de que sea él mismo el ejecutante de tareas básicas de mantenimiento como limpieza, lubricación, ajustes menores, vigilancia de parámetros.

TPM busca sistemas altamente productivos, por lo que pretende alcanzar:

- Cero averías
- Cero tiempos muertos
- Cero defectos
- Cero despilfarros

VI. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM Reliability Centered Maintenance)

Una filosofía de mantenimiento que se enfatiza en el funcionamiento global del sistema, más que en el funcionamiento individual de los equipos. Busca determinar los equipos o activos críticos del sistema dependiendo de la gravedad de los efectos que generarían en caso de que fallen. A estos activos críticos se les determina un plan de acción que puede contener diferentes tipos de sistemas de mantenimiento.

8.4 LUBRICACIÓN

Es el principio de soportar una carga deslizante sobre una película de fricción reducida. El elemento del que está compuesta la película que se introduce sobre o entre superficies móviles con el fin de reducir la fricción se le conoce como lubricante.

Las funciones de los lubricantes son:

- Separar las superficies móviles entre sí para prevenir el desgaste y el rayado.
- Reducir el calor a causa de la fricción.
- Mantener a los componentes libres de contaminantes.
- Proteger contra la corrosión.
- Limpiar los componentes.

Para ejecutar una apropiada lubricación como mantenimiento preventivo, se debe considerar un diseño técnico acorde y un programa de gestión para garantizar que cada componente del equipo esté lubricado adecuadamente. El diseño técnico tiene en cuenta las recomendaciones del fabricante del equipo, la información suministrada por los proveedores de lubricantes, la experiencia adquirida de los usuarios de las máquinas que operan bajo condiciones similares, y los conocimientos del personal y técnicos de mantenimiento. Para la gestión de lubricación se debe planear acciones oportunas, establecer frecuencias y tiempos de lubricación, definir rutas, asignar responsabilidades al personal capacitado, establecer procedimientos de almacenamiento y manejo de lubricantes, llevar un registro de lubricación por equipo y estandarizar los métodos de lubricación.

8.5 CALIBRACIÓN

Es una forma especial de mantenimiento preventivo. La calibración compara los valores de un instrumento de medición con los valores de un patrón previamente establecido, por lo que busca mantener dichos instrumentos de medición y control dentro de los límites especificados.

En Colombia, el instrumento patrón se basa en los estándares que se derivan de los parámetros establecidos por el Instituto Nacional de Metrología bajo los sistemas de calidad implementados por este mismo.

8.6 SOFTWARE DE MANTENIMIENTO O CMMS

Un software de mantenimiento o CMMS (Computerized Maintenance Management System) es una herramienta asistida por computador para la gestión de mantenimiento en una empresa.

Existen varios tipos de CMMS utilizados para suplir con las necesidades de los diferentes tipos de empresa actuales, desde CMMS programadas en hojas de Excel por el encargado de mantenimiento a softwares comerciales que gestionan la información contable, recursos humanos, Mantenimiento, almacén, despachos, entre otros, de toda una compañía.

8.7 SMPLUS PRO®

Es un CMMS desarrollado por Nova Ingeniería de Colombia para administrar el mantenimiento preventivo, correctivo y mejoras de los activos de una empresa. La versión del software SMPlus Pro 3.0 cuenta con los siguientes módulos:

I. USUARIOS Y PERFILES

Con el cual el administrador puede crear varios perfiles para acceso al software, asignando autorizaciones de ingreso a las diferentes herramientas que brindan los demás módulos.

II. ESTRUCTURA DE CODIFICACIÓN

Metodología a través de la cual se puede codificar y nombrar las Secciones con sus respectivos Procesos y los Activos que ameriten ser incluidos en el Sistema de información de Mantenimiento.

III. TARJETA MAESTRA – FICHA TÉCNICA

Con el que se puede asignar una tarjeta maestra (ficha técnica) para cada activo de la empresa, la cual contiene datos de placa, capacidades, necesidades de servicios y la información de placa de los dispositivos auxiliares.

IV. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Donde se puede generar un Maestro de Tareas para ser tenidas en cuenta en las rutas de Mantenimiento Preventivo y Programado de los Activos. Las cuales pueden ser de tipo: Lubricación, Electricidad/Electrónica, Mecánica, Instrumentación y Locativo/General.

V. RUTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL

Con el cual se puede diseñar las Rutas de Mantenimiento Preventivo para cada activo, asignando tareas de mantenimiento preventivo a ejecutar periódicamente.

VI. MÓDULO DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA VEHÍCULOS Y MAQUINARIA PESADA

Módulo para el control de Mantenimiento Programado de los vehículos y maquinaria pesada, basada en el cumplimiento de kilómetros recorridos u Horas de trabajo del equipo. Con una retroalimentación recurrente de los kilómetros recorridos y las horas de trabajo para que SMPlus genere las OTs necesarias.

VII. MAESTRO DE LUBRICANTES

Una lista de lubricantes (aceites o grasas), donde a cada uno se le determina un código gráfico para la estandarización y facilidad en su identificación.

VIII. RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Para el control de la ejecución de tareas con una alta frecuencia de repetición. Las rutinas pueden ser de tipo Lubricación, Electricidad, Mecánicas, Instrumentación y Locativo General.

IX. SISTEMA DE ALERTAS

Con el cual se obtiene un Sistema de alertas de las tareas de mantenimiento preventivo venideras mediante un reporte de distribución de mantenimiento por semana, el cual alerta por Sección los diferentes activos que demandan algún tipo de mantenimiento preventivo futuro filtrado por semana.

Cuenta con la herramienta de Programación Semanal para la planeación de la ejecución semanal del mantenimiento programado.

X. ADMINISTRADOR DE O.T.

Módulo para generar órdenes de trabajo (OTs) que permiten ejecutar los mantenimientos preventivos, correctivos y mejoras de los diferentes Activos. Las OTs pueden ser de tipo Lubricación, Electricidad/Electrónicas, Mecánicas, Instrumentación y Locativo General.

Con las OTs se suministra la información para alimentar la Hoja de vida y los Pendientes por cada activo, así mismo como los repuestos, materiales y servicios tenidos en cuenta en los Reportes de Costos de Mantenimiento.

XI. HOJA DE VIDA

Constituida por el registro cronológico de los Informes Técnicos de cada OT registrada en el sistema para cada Activo.

XII. PENDIENTES

Con el cual se muestran los trabajos o repuestos pendientes por ejecutar o instalar en un Activo y que dan espera a una próxima parada de mantenimiento.

XIII. COSTOS DE MANTENIMIENTO

Con el que se obtiene reportes por cada OT registrada, los cuales son: un reporte detallado de los costos de repuestos y materiales consumidos. Además, un reporte detallado de los costos de mano de obra interna, servicios de contratistas y trabajos de taller.

XIV. INDICADOR DE CUMPLIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Permite medir el cumplimiento del mantenimiento preventivo programado para una sección mediante el reporte de Índices de Ejecución.

XV. MÓDULO DE METROLOGÍA

En el cual se puede definir una estructura de codificación para cada equipo o instrumento que demande algún tipo de calibración metrológica, permite diseñar una Ruta metrológica con la alerta cuando se cumpla el periodo definido entre calibraciones.

Contiene protocolos de calibración en diferentes modalidades y variables de calibración.

9. OBSERVACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SUSTITUCIÓN DE UN EQUIPO O MÁQUINA

Se establece un análisis a los equipos y máquinas presentes en los laboratorios de la Facultad mediante una investigación no experimental, la que consiste en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos¹. Para esto se definen a continuación algunos términos a tener en cuenta para establecer los criterios de sustitución de equipos.

I. DEPRECIACIÓN

Es la pérdida de valor que sufre una máquina o equipo debido al desgaste normal que presencia durante su tiempo de operación.

II. DISPONIBILIDAD

En mantenimiento, se define como la proporción del tiempo en la que un equipo o máquina ha estado en disposición de cumplir su función.

III. FUNCIÓN

Es el propósito por el cual fue adquirido un componente o equipo, el cual es inherente al contexto operacional de estudio.

IV. OBSOLESCENCIA

Se considera un equipo o máquina obsoleta cuando su funcionamiento se vuelve insuficiente ante las novedades y avances causados por el desarrollo de nuevas tecnologías.

V. VIDA ÚTIL

Es el periodo que puede alcanzar la máquina o equipo, en el cual realice su función correctamente sin que ocurran fallas.

Contablemente es el tiempo en el cual un activo puede ser utilizado y puede generar renta. La vida útil de un activo puede extenderse si se le hacen reparaciones y adiciones.

El Artículo 2 del Decreto 3019 de 1989 establece que la vida útil de los activos fijos despreciables adquiridos a partir de 1989 se puede observar en la Tabla 2, la cual tiene vigencia hasta el año 2016 debido a los nuevos marcos contables bajo marcos internacionales. A pesar de que ya no esté

¹ HERNÁNDEZ S., Roberto. FERNÁNDEZ C., Carlos. BAPTISTA L. María. ¿Qué es la investigación no experimental cuantitativa?. En: Metodología de la Investigación. México. 2010. P. 149.

vigente, se tiene en cuenta este Decreto debido a que es aplicable para los Activos adquiridos antes del año 2017.

Tabla 2. Vida útil de los activos fijos despreciables.

ACTIVO	VIDA ÚTIL
Inmuebles	20 años
Barcos, trenes, aviones, maquinaria, equipo y bienes inmuebles	10 años
Vehículos automotores y computadores	5 años

Fuente: Decreto 309 de 1989.

Teniendo en cuenta los anteriores conceptos y que los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica tienen como objetivo una mejora continua y ser parte del cumplimiento de la misión establecida, dichos laboratorios contienen equipos y máquinas que buscan brindar a los estudiantes el acompañamiento para un aprendizaje íntegro y actualizado de conceptos teóricos correlacionados con los prácticos. Además, la Facultad cuenta con maquinaria y equipos en los laboratorios, que son capaces de realizar pruebas y ensayos demandados por la industria colombiana. De manera que es de importancia mantener en condiciones óptimas los equipos pertenecientes a cada laboratorio. Igualmente es de importancia conservar y adquirir equipos que logren suplir con las necesidades que surgen por el desarrollo industrial, tecnológico y económico de la región.

Consecuentemente, se pretende establecer unos parámetros a tener en cuenta para realizar un diagnóstico actual del estado de los equipos y máquinas, para posteriormente seleccionar los equipos y máquinas recomendados a reposición bajo los criterios aplicables.

De esta manera, en primera instancia se busca clasificar el equipamiento de cada laboratorio. De acuerdo con el contexto de los laboratorios de la Facultad, se clasifican en instrumentos de medición, equipos o máquinas a cada una de las unidades que pertenecen al inventario por laboratorio. En donde, los equipos son el conjunto de elementos o utensilios de medición especiales usados para cumplir un fin determinado y las máquinas están compuestas por elementos móviles o fijos cuyo funcionamiento permite transformar o aprovechar energía para entregar un producto tangible.

A continuación, se mencionan parámetros de sustitución de acuerdo a una investigación no experimental:

A. Grado de obsolescencia.

Es de gran importancia para el contexto de los laboratorios de la Facultad, el cual se aplica para los equipos y máquinas de los laboratorios. Así para cumplir con su misión, los equipos y máquinas existentes deben contribuir a la formación íntegra y de calidad de los estudiantes para así atribuir en el desarrollo tecnológico de la región. También, se debe tener en cuenta que, para los equipos de mayor antigüedad, es más difícil encontrar repuestos y mano de obra adecuada. Por lo tanto, se establece un valor cuantitativo para clasificar cada equipamiento teniendo en cuenta los años de antigüedad de cada uno. Para esto se considera los años de vida útil que instaura el Decreto 3019 de 1989, quedando de la siguiente manera:

- Equipamiento con antigüedad mayor a 10 años = 5
- Equipamiento con antigüedad entre 5 a 10 años = 3
- Equipamiento con antigüedad entre 0 a 5 años = 1

B. Estado de conservación y funcionamiento actual.

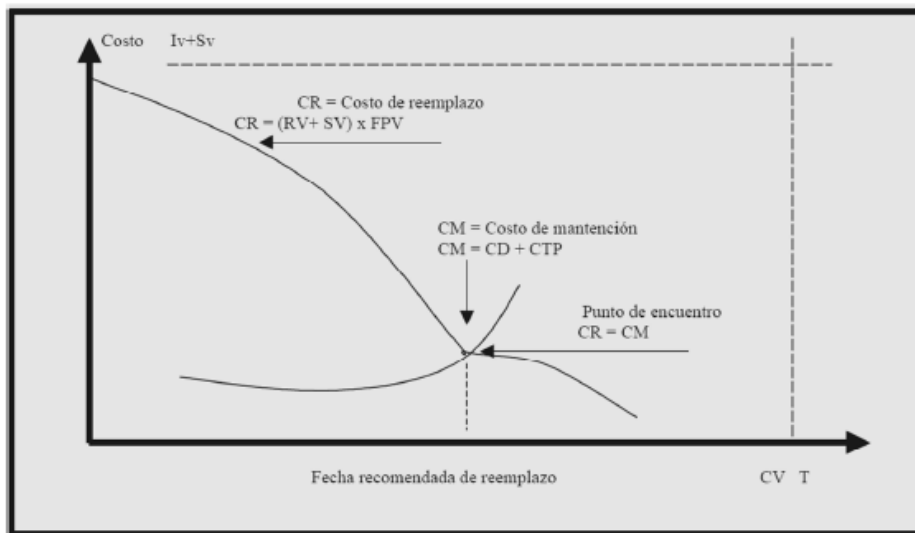
Depende del estado en el que se encuentra el equipamiento durante la etapa de recolección de información por laboratorio. En donde, la categorización de cada equipamiento tiene en cuenta principalmente su disponibilidad y su funcionalidad actual; para su clasificación se le asigna un valor cuantitativo, en el cual se considera inoperativo totalmente porque existe una falla en el equipo o máquina que no se pretende componer, se encuentra inoperativo por mantenimiento parcial cuando el equipo está en un mantenimiento prolongado y en espera de arreglo de sus componentes fallidos, y se encuentra operativo cuando funciona correctamente.

- Equipamiento inoperativo totalmente por desuso o falla = 5
- Equipamiento inoperativo porque se encuentra en mantenimiento parcial = 3
- Equipamiento operativo y funcional = 1

C. Costo Remanente CR y Costo Global de Mantenimiento CM, para hallar punto de reemplazo del equipo.²

El costo remanente del equipo va disminuyendo en el tiempo debido a la depreciación que sufre el equipo, mientras que el costo global de mantenimiento va aumentando a causa de factores de obsolescencia e ineficacia del equipo en el transcurso del tiempo. Se muestra en la Figura 1 un gráfico de CR y CM versus tiempo. En el punto donde las curvas se intersectan es el momento en el que financieramente se recomienda cambiar el equipo, puesto que a partir de ese punto cuesta más el mantenimiento de lo que contablemente vale la máquina.

Figura 1. Curva de Costo Remanente y Costo Global de Mantenimiento versus tiempo.



Fuente: Carlos Montilla. Fundamentos de mantenimiento industrial.

Se necesita tener en cuenta las siguientes ecuaciones para la construcción de la Figura 1:

$$RV = IV \times F_d$$

Donde,

RV: Es el valor remanente teórico del equipo.

IV: Es el valor inicial del equipo.

² Espinoza, Julio. Un enfoque de Mantenimiento. Revista Mantenimiento N°1. Año 1990 – ISS 0716-8616, Citado por Montilla, Carlos A. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Universidad Tecnológica de Pereira, 2016. P.42.

F_d : Es la tasa de depreciación.

$$FVP = F_o \times F_i \times F_e$$

Donde,

FVP: Es el factor de obsolescencia, inadecuación e ineficiencia.

F_o : Es el factor de obsolescencia.

F_i : Es el factor de inadecuación.

F_e : Factor de ineficiencia.

$$CR = (RV + SV) \times FVP$$

Donde,

CR: Es el costo de reemplazo del equipo.

SV: Es el costo de repuestos en existencia en almacén.

$$CM = CD + CTP$$

Donde,

CM: Es el costo total de mantenimiento.

CD: Es el costo directo por mantenimiento (mano de obra, repuestos, insumos).

CTP: Costo generado por tiempo perdido por mantenimiento.

En último lugar, cuando $CR=CM$, es el punto de encuentro y es en este momento donde se recomienda reemplazar el equipo.

9.1 CRITERIOS DE SUSTITUCIÓN PARA LOS EQUIPOS Y MÁQUINAS

Para poder aplicar este último parámetro se debe tener en cuenta el valor inicial de la máquina o equipo y los diferentes costos de mantenimiento del equipo a lo largo de su vida útil. Por lo tanto, no se aplica en este trabajo debido a que en primer lugar no se conoce el valor inicial del equipo y en segundo lugar no existe un registro de la información del historial de mantenimientos que

conlleve los costos por mantenimiento de los equipos que conforman los laboratorios de la Facultad. Por lo tanto, se aplican el parámetro A y parámetro B para establecer los criterios de reposición.

De esta manera, teniendo en cuenta el año de instalación de cada unidad se determina el grado de obsolescencia. Posteriormente, se le asigna el valor cuantitativo de acuerdo a su disponibilidad actual. Por último, se establecen los equipos, máquinas e instrumentos recomendados a reposición de acuerdo a un promedio de los dos valores cuantitativos, como se muestra la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3. Criterios para establecer la sustitución de las unidades.

GRADO CRITERIO DE SUSTITUCIÓN	RECOMENDACIÓN
De [1 a 3)	No recomendado a sustituir
De [3 a 4)	Se recomienda a una próxima sustitución
De [4 a 5]	Recomendado a sustitución inmediatamente

Fuente: el autor.

10. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

A continuación, se muestra una serie de actividades desarrolladas que comprenden la estructura del plan de Mantenimiento Preventivo de los laboratorios preestablecidos para la Facultad de Ingeniería Mecánica con acompañamiento del software SMPlus Pro 3.0.

11.1 INVENTARIO DE EQUIPOS

Durante la práctica se realiza una visita de campo con el acompañamiento del director o encargado de cada laboratorio, generando así un listado de equipos, máquinas e instrumentos relevantes a pertenecer al plan de mantenimiento preventivo. Dicho listado conforma un Maestro de Máquinas debidamente codificado.

Con el software SMPlus Pro 3.0 para la estructura de codificación es correspondiente establecer Secciones, Procesos y Máquinas. Por lo tanto, para el desarrollo de este trabajo se decide como Sección a la Facultad de Ingeniería Mecánica, los Procesos constituyen a cada laboratorio de la Facultad y las Máquinas se conforman por los equipos, máquinas e instrumentos codificados con su número de activo de la Universidad para aquellos que lo poseen. En el caso del equipamiento que no aparezca como activo, se le asigna un código alfanumérico de acuerdo a su nombre.

Cabe resaltar que, en los diez laboratorios previstos para el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se encuentra con un total de 209 unidades, los cuales están compuestos por máquinas, equipos o instrumentos de medición. Además, en los laboratorios existen equipos y máquinas adicionales que no se incluyen en el Maestro de Máquinas porque se encuentran inoperativos, arrumados y no tienen un código de activo de la Universidad, por lo que no se consideran relevantes a incluir dentro del presente plan de mantenimiento preventivo.

Se debe tener en cuenta que el Maestro de Máquinas está conformado por los doce laboratorios debido al trabajo de grado que realiza un diseño de plan de mantenimiento preventivo para el Laboratorio de Máquinas Herramientas y Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Equipos de Aire Acondicionado. Dicho Maestro de Máquinas se encuentra por completo en el ANEXO A.

A continuación, como ejemplo demostrativo se muestra el Maestro de Máquinas del Laboratorio de Ciencias Térmicas generado con el software SMPlus Pro 3.0.

Figura 2. Maestro de Máquinas del Laboratorio de Ciencias Térmicas.

INGENIERIA MECÁNICA

Maestro de máquinas por rango de máquinas
miércoles, 17 de enero de 2018

Código de máquina inicial	21568	Nombre de máquina inicial	ENTRENADOR DE AIRE ACONDICIONADO
Código de máquina final	PLC07	Nombre de máquina final	MÓDULO PLC AB

Sección			
Código	FIM	Nombre	FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA
Proceso		Máquina	
Código	Nombre	Código	Nombre
CT	LAB. CIENCIAS TERMICAS	21568	ENTRENADOR DE AIRE ACONDICIONADO
		309990	DESHUMIDIFICADOR 1
		25095	ENTRENADOR DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
		AAV107	AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA 1
		316570	AIRE ACONDICIONADO TIPO VENTANA 2
		315535	VENTILADOR CENTRÍFUGO 10" 1
		315536	VENTILADOR CENTRÍFUGO 10" 2
		22681	MÓDULO PLC
		PLC07	MÓDULO PLC AB

Fuente: el autor.

11.2 TARJETA MAESTRA DE EQUIPOS

La Tarjeta Maestra es un formato en donde se consigna información existente y relevante de la unidad. Con la cual permite al usuario identificar y conocer de manera rápida y sencilla al equipo, máquina o instrumento.

Por lo tanto, es necesario realizar la Tarjeta Maestra de cada equipo, máquina o instrumento listados dentro del Maestro de Máquinas con el uso del CMMS SMPlus Pro 3.0.

Este formato se diligencia con los datos conocidos para cada equipo, máquina o instrumento de los diez laboratorios previstos.

Se debe tener en cuenta que, en algunos equipos, no se conoce la fecha de instalación exacta, por lo que se aproxima el año de acuerdo a la noción del director o encargado del laboratorio.

La Tarjeta Maestra para el equipamiento de interés, contiene:

- Datos de placa: como marca, modelo, No de serie, fecha instalación, fotografía, entre otros.

- Ubicación en la Estructura de Codificación: Sección y proceso a la cual pertenece, código asignado y nombre.
- Información comercial: Menciona el país de origen y la información necesaria para ubicar al proveedor o representante comercial en Colombia.
- Servicios: Características de los servicios que requiere el equipo (agua, aire, gas, vapor, electricidad).
- Dispositivos auxiliares: Características de los componentes de importancia para la operación del equipo o máquina.

A continuación, se muestra el formato de Tarjeta Maestra generado por SMPlus Pro 3.0.

Figura 3. Formato Tarjeta Maestra.

INGENIERIA MECÁNICA

25/12/2017

Tarjeta Maestra

SECCIÓN	FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA		
CÓDIGO DE LA MÁQUINA			
NOMBRE DE LA MÁQUINA			

Descripción			
Marca:		País de Origen:	
Comprada a:		Año de Fabricación:	
Capacidad de Producción:		Numero de Serie:	
Fabricada por:		Fecha de Instalación:	
Modelo			
Información del Representante			
Nombre:		Nombre de Contacto:	
País:		Dirección:	
Fax:		Ciudad:	
E-mail:		Teléfono:	
Celular:			

	Trabajo
--	---------

Servicios							
Servicios	Presión	Caudal	Voltios	Amperios nominales	Amperios reales	Temperatura	Tipo
Agua							
Electricidad							
Aire							
Gas							
Vapor							

Motores eléctricos													
Nº	Ubicación	Poten. (H.P.)	R.P.M.	Vol. nom. (V)	Marca	Modelo	Tipo	Tipo A.C.	Nº de serie	Corr. N. (A)	Corr O. (A)	Frame	Representante
1													

Bombas										
Nº	Nº de serie	Ubicación	Marca	Modelo	Tipo	Potencia (H.P)	R.P.M	Fluido	Nº de etapas	Representante
1										

Reductores y / o variadores mecánicos									
Nº	Potencia (H.P)	Relación	Velocidad de E.	Velocidad de S.	Marca	Modelo	Serie	Ubicación	Representante
1									

Variadores de velocidad									
Nº	Nº de serie	Marca	Modelo	Referencia	Tipo	Voltaje de entrada	Potencia (Hz)	Potencia varm	Representante
1									

PLC'S (Controles Lógicos Programables)				
Nº	Referencia	Marca	Modelo	Representante
1				

Arrancadores suaves							
Nº	Serie	Referencia	Marca	Modelo	Potencia (H.P)	Velocidad de E.	Representante
1							

Fuente: el autor.

Debido a la cantidad total de equipos, máquinas e instrumentos que conforman el plan de mantenimiento preventivo, se muestra a continuación como ejemplo demostrativo la Tarjeta Maestra de un equipo del Laboratorio de Ciencias Térmicas. Se puede acceder al ANEXO B para observar la Tarjeta Maestra de cada equipo de los laboratorios preestablecidos.

Figura 4. Tarjeta maestra del Equipo Entrenador de Sistema de Refrigeración, debidamente diligenciada.

INGENIERIA MECÁNICA

14/12/2017

Tarjeta Maestra

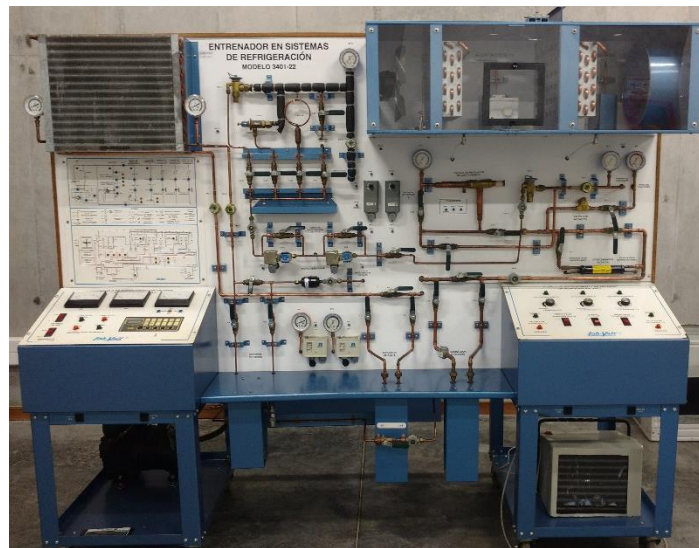
SECCIÓN	FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA
CÓDIGO DE LA MÁQUINA	25095
NOMBRE DE LA MÁQUINA	ENTRENADOR DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Descripción			
Marca:	LAB-VOLT	País de Origen:	ESTADOS UNIDOS
Comprada a:		Año de Fabricación:	0
Capacidad de Producción:		Numero de Serie:	
Fabricada por:	FESTO DIDACTIC	Fecha de Instalación:	30/04/2015
Modelo	3401		
Información del Representante			
Nombre:	FESTO DIDACTIC INC.	Nombre de Contacto:	FESTO DIDACTIC INC.
País:	ESTADOS UNIDOS	Dirección:	607 INDUSTRIAL WAY WEST
Fax:	0	Ciudad:	NEW JERSEY
E-mail:	SERVICIOS.DIDACTIC@FESTO.COM	Teléfono:	732-938-2000
Celular:	0		

Trabajo	
---------	--

Servicios							
Servicios	Presión	Caudal	Voltios	Amperios nominales	Amperios reales	Temperatura	Tipo
Electricidad			115 V	8 A			

Motores eléctricos													
Nº	Ubicación	Poten. (H.P.)	R.P.M.	Vol. nom. (V)	Marca	Modelo	Tipo	Tipo A.C.	Nº de serie	Corr. N. (A)	Corr. O. (A)	Frame	Representante
1	MOTOR COMP	1/2		115 V		COPELAND		A.C Monofásico	CCA9710504	8A			TRS PARTES S.A.



Fuente: el autor.

11.3 HOJAS DE VIDA Y COSTOS DE MANTENIMIENTO

Con la ayuda del CMMS SMPlus Pro 3.0 se diligencia el historial de intervenciones de mantenimiento de forma ordenada para los equipos que cuentan el registro de este tipo de información de mantenimiento. Para esto, se deben generar Ordenes de Trabajo ya sea de tipo preventiva, correctiva o mejora, las cuales se crean con la fecha en la que se ejecutó y se retroalimentan con la información presente en el informe técnico suministrado por el técnico ejecutor.

Teniendo en cuenta lo anterior, se solicita la información recopilada en la Facultad, la cual describe de una forma general las actividades y costos de mantenimiento de los laboratorios que prestan un servicio académico, registros que van desde el año 2016 hasta enero de 2018, los cuales se muestran en la Tabla 4. Sin embargo, con estos registros generales se puede encontrar con la información detallada en un número parcial de equipos de los laboratorios y de esta manera generar las hojas de vida de estos equipos. Se debe tener en cuenta que para las tareas de mantenimiento preventivo que se registran antes de 2017, se las diligencia con OTs correctivas debido a que el diseño del plan de mantenimiento preventivo en cuestión comienza en el segundo semestre de dicho año.

Así mismo, junto al registro de costos de mantenimiento y con uso del módulo de SMPlus Pro 3.0 con nombre Costos de Mantenimiento, se puede obtener un reporte de costos detallado por equipo intervenido, el cual muestra los costos de mano de obra, costos de contratista y/o costos de repuestos. Por lo tanto, se diligencian los reportes de Costos de Mantenimiento para los equipos con los que cuentan con esta información.

Tabla 4. Costos por mantenimiento y compras en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica desde el año 2016 a enero de 2018.

COSTOS DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS FIM				
LABORATORIO	COSTOS MTO 2016	COSTOS MTO 2017	COSTOS MTO 2018	COSTOS TOTALES MTO
Laboratorio Corrosión	\$ -	\$ -	\$ 3.750.000	\$ 3.750.000
Laboratorio de Ciencias Térmicas	\$ 2.300.000	\$ 4.998.552	\$ 10.968.100	\$ 18.266.652
Laboratorio Pruebas Dinámicas Automotrices	\$ -	\$ -	\$ 595.000	\$ 595.000
Laboratorio Fluidos y Máquinas Hidráulicas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Laboratorio Manufactura Flexible	\$ -	\$ 5.676.300	\$ -	\$ 5.676.300
Laboratorio Metalografía	\$ 1.763.200	\$ 2.975.000	\$ 1.393.252	\$ 6.131.452
Laboratorio Ensayos no Destructivos	\$ 879.339	\$ 2.869.269	\$ -	\$ 3.748.608
Laboratorio Resistencia de Materiales	\$ 18.687.600	\$ 37.377.900	\$ 6.271.300	\$ 62.336.800
Laboratorio Sistemas Dinámicos	\$ 380.000	\$ 16.903.799	\$ 3.673.590	\$ 20.957.389
Laboratorio Máquinas Herramientas	\$ 30.724.216	\$ 22.211.967	\$ 2.126.590	\$ 55.062.773

Fuente: el autor.

También, se generan reportes que detallan el estado de las OTs creadas para el registro de la información mencionada. El total de las Hojas de Vida y los Reportes por laboratorio se encuentran en el ANEXO C.

A continuación, se muestra el formato de Hoja de Vida o Informe Técnico generado por SMPlus Pro 3.0.

Figura 5. Formato Hoja de Vida.

INGENIERIA MECÁNICA

Fecha: 2017-12-07

Informe Técnico TODOS

Código de máquina		Nombre de máquina	
Fecha inicial		Fecha final	

Informe Técnico	Orden de trabajo		
	Tipo	Número	Fecha de ejecución

Fuente: el autor.

Para este caso, se muestra a continuación como ejemplo demostrativo la Hoja de Vida y el Reporte de Costos de Mantenimiento de un equipo del Laboratorio de Sistemas Dinámicos.

Figura 6. Formato Informe Técnico del Equipo Banco de Entrenamiento Hidráulico FTP-2, debidamente diligenciado.

INGENIERIA MECÁNICA

Fecha: 2017-12-07

Informe Técnico TODOS

Código de máquina	FTP2-10	Nombre de máquina	BANCO ENTRENAMIENTO HIDRÁULICO FTP-2
Fecha inicial	2017-01-01	Fecha final	2017-12-07

Informe Técnico	Orden de trabajo		
	Tipo	Número	Fecha de ejecución
16 MANÓMETROS. SE CAMBIA 9 MANÓMETROS.	preventiva instrumentación	616	2017-11-17
LIMPIEZA DEL DEPÓSITO OK. SE CAMBIÓ ACEITE A DE PÓSITO DE 25 GAL.	preventiva lubricacion	617	2017-11-17
SE INSTALARON 40 ACOPLER RÁPIDOS DE 1/4 HEMBRA EN 20 MANGUERAS. OBSERVACIÓN: LOS ACOPLER DEBEN SER AMBOS CON BALÍN Y AGUJAS PARA EVITAR POSIBLES INCOVENIENTES.	preventiva mecanica	618	2017-11-17
CAMBIO FILTRO SUCCIÓN 1" NPT Y FILTRO RETORNO SF 6520	preventiva mecanica	618	2017-11-17
BOMBA HIDRÁULICA PUB 10A2R: EN BUEN ESTADO	preventiva mecanica	618	2017-11-17
VÁLVULA DE ALIVIO CT-C 175 EN BUEN ESTADO	preventiva mecanica	618	2017-11-17
LOS 2 CILINDROS ESTÁN RAYADOS INTERNAMENTE, PUEDEN PRESENTAR FUGAS. SOLO SE EMPAQUETARON. OBSERVACIÓN: PUEDEN PRESENTAR FUGAS.	preventiva mecanica	618	2017-11-17
SE EMPAQUETARON LAS VÁLVULAS HIDRÁULICAS, SE CAMBIA O-RING. SE REALIZAN PRUEBAS EN PRESENCIA DEL PROFESOR MAURICIO MONROY. NO SE REGISTRA ANOMALIAS.			

Fuente: el autor.

Figura 7. Reporte de Costos Detallados del Equipo Banco de Entrenamiento Hidráulico FTP-2.

INGENIERIA MECÁNICA

lunes, 05 de febrero de 2018

Costo detallado de todas las Órdenes de Trabajo por Máquina

Nº O.T	F. Ejecución	Tipo de Mantenimiento	Tipo de orden	Tiempo Program.	Tiempo Ejecutado	Costo Mano de Obra	Costo Contratista/T.E	Repuestos (\$)	Total
Código Máquina		FTP2-10							
Nombre de la maquina		BANCO ENTRENAMIENTO HIDRÁULICO FT							
Año		2017							
615	2017-11-13	Eléctrica	Preventiva Contratista	0:56h:m	0:00h:m	0	0	0	0
616	2017-11-17	Instrumentación	Preventiva Contratista	0:30h:m	0:00h:m	0	0	0	0
617	2017-11-17	Lubricación	Preventiva Contratista	0:35h:m	0:00h:m	0	0	661,500	661,500
618	2017-11-17	Mecánico	Preventiva Contratista	2:30h:m	0:00h:m	0	4,605,300	0	4,605,300
Gran Total					0:00h:m	0,00	4.605.300,00	661.500,00	5.266.800,00

Fuente: el autor.

11.4 MAESTRO DE TAREAS

El Maestro de Tareas hace referencia a un listado de actividades de mantenimiento que se efectúan periódicamente sobre las máquinas, equipos o instrumentos que abarca el plan de mantenimiento preventivo en cuestión. Dichas actividades se crean conforme a las necesidades de mantenimiento preventivo de cada equipo, maquina o instrumento. Además, el Maestro de Tareas se subdivide en actividades de tipo Lubricación, Eléctrica, Mecánica e Instrumentación, donde a cada actividad el software SMPlus Pro 3.0 le asigna un valor de orden alfanumérico.

Se muestra a continuación el listado de actividades de tipo Eléctricas del Maestro de Tareas generado por SMPlus Pro 3.0. Ver ANEXO D para Maestro de Tareas completo.

Figura 8. Maestro de Tareas de actividades Eléctricas.

INGENIERIA MECÁNICA
MAESTRO DE TAREAS

05/12/2017

Tipo de tarea	Código	Nombre
ELECTRICA	E1	REVISAR TABLERO ELÉCTRICO
	E2	REVISAR MOTORES ELÉCTRICOS
	E3	REVISAR CONTROLES ELECTRÓNICOS
	E4	REVISAR AUXILIARES DE MANDO
	E5	REVISAR ALUMBRADO DE MÁQUINA/EQUIPO
	E6	REVISAR ACOMETIDA ELÉCTRICA
	E7	REVISAR VARIADORES VELOCIDAD (INV. FREC)
	E11	REVISAR RESISTENCIAS ELÉCTRICAS
	E12	REVISIÓN DE PLCS
	E26	REVISAR TRANSFORMADORES
	E27	REVISAR DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DPS
	E30	MEDIR TENSION Y CORRIENTE
	E32	REVISAR SENSORES
	E58	REVISAR CONTROLADORES DE TEMPERATURA
	E59	SOLICITAR COTIZACIÓN MANTENIMIENTO EXTERN
	E60	EJECUCIÓN MANTENIMIENTO EXTERNO
	E61	REVISIÓN DEL PANEL DE OPERACIÓN
	E62	REVISIÓN ARRANCADORES ELÉCTRICOS
	E63	RECARGAR BATERÍA
	E64	REVISAR CONTACTOS Y CONEXIONES
E65	REVISAR BATERÍAS	

Fuente: el autor.

11.5 MAESTRO DE LUBRICANTES

Consiste en un listado que contiene información de Aceites y Grasas necesarios para la ejecución de actividades de tipo Lubricación, los cuales están codificados mediante un código nemotécnico con el fin de una fácil identificación.




Para la construcción del Maestro de Lubricantes se hace uso de la información plasmada en manuales de operación de cada equipo, de recomendaciones de fabricantes de los dispositivos y de la recolección del tipo de lubricante que se usa actualmente en los laboratorios para suplir con estas tareas.

En seguida se muestra el Maestro de Grasas generado por SMPlus Pro 3.0. En el ANEXO E se encuentra el Maestro de Lubricantes por completo.

Figura 9. Maestro de Grasas.

INGENIERIA MECÁNICA
MAESTRO DE GRASAS

16/01/2018

Código escrito	Código gráfico	Nombre	Fabricante
TI_AM		ALVANIA EP	SHELL
TI_NG		GRAFITO	N/A
TI_RJ_VD		LC-2	TIMKEN
TI_RJ_AZO		LGLS 0	SKF
TI_AZ_RS		VASELINA	N/A
TI_AZ_RJ		XHP 220	MOBIL

Fuente: el autor.

11.6 RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Una Rutina de Mantenimiento constituye un grupo de tareas de mantenimiento que deben ser ejecutadas con alta frecuencia.

Durante el desarrollo del presente proyecto, con acompañamiento del CMMS SMPlus Pro 3.0 se efectúan Rutinas de Mantenimiento por cada equipo, máquina o instrumento que lo requiera, estas son de tipo Eléctrica, Mecánica e Instrumentación, las cuales tienen una frecuencia de ejecución en días o semanas menor a cuatro semanas. En cuanto a las de tipo Lubricación, la Rutina abarca a todas las tareas, sin importar que la frecuencia de ejecución sea mayor a 4 semanas, debido a que es este módulo de SMPlus Pro 3.0 el que permite seleccionar y visualizar el lubricante necesario.




De una manera práctica, en cada equipo, máquina o instrumento que lo requiera, se establece que la frecuencia de ejecución por tarea deba ser múltiplo de cuatro. Así mismo, el semestre corresponde a 24 semanas y el año comprende 48 semanas con el fin de facilitar la correlación de mantenimientos por semana en el futuro.

Además, se debe tener en cuenta que, al realizar una Rutina, es necesario establecer una semana base o semana de inicio, la cual difiere para cada equipo porque se establece de acuerdo al calendario académico de la Universidad y a la cantidad de equipos por Laboratorio, con el objetivo de repartir adecuadamente las tareas a realizar por semana durante el año. Finalmente es necesario dar un tiempo estimado de ejecución por tarea.

Se presenta a continuación la Rutina de Lubricación del año 2017 del Entrenador de Sistemas de Refrigeración. En este caso, se muestra el código de la tarea (1), la frecuencia de ejecución en semanas o días (2), el código nemotécnico del lubricante usado (3), el tiempo estimado (4), las semanas del año (5) y la semana base (6) que se establece en la semana 46 del 2017 debido a la ejecución de la prueba piloto, de la cual se habla con detalle más adelante. Acceder al ANEXO F para ver Rutinas de Mantenimiento de todos los Laboratorios.

Figura 10. Rutina de Mantenimiento Anual de Entrenador de Sistemas de Refrigeración.

INGENIERIA MECÁNICA
 RUTINA DE MANTENIMIENTO DE LUBRICACIÓN
 Máquina : 25095 - ENTRENADOR DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
 Año : 2017

Tarea	L5	L102	L106
Frecuencia	24	48	24
Cod. Escrito	CT VD	CT VD	CT A7 NF
Cod. Gráfico			
Horas	0	0	0
Minutos	3	20	15
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46	XX	XX	XX
47			
48			
49			
50			
51			
52			

Fuente: el autor.

11.7 RUTA DE MANTENIMIENTO ANUAL

Las Rutas de Mantenimiento abarcan todas las tareas de Lubricación, Eléctricas, Mecánicas e Instrumentación por equipo, máquina o instrumento, necesarias a ejecutar con una frecuencia en semanas mayor a 4 semanas o un mes.

Asimismo, que en la Rutina, se establece que la frecuencia de ejecución por tarea deba ser múltiplo de cuatro, correspondiendo un semestre a 24 semanas y un año a 48 semanas.

También, se establece una semana base para la programación de las tareas de la Ruta de Mantenimiento para cada equipo, la cual es la misma semana establecida en la Rutina. Además, se proporciona un tiempo de ejecución estimado para cada tarea de acuerdo al sentido común y el conocimiento del personal encargado de cada Laboratorio.

En seguida se muestra la programación de la Ruta de Mantenimiento para el año 2017 generado por SMPlus Pro 3.0 del Entrenador de Sistemas de Refrigeración, donde se indica el código de las tareas que comprende (1), la frecuencia de ejecución (2), el tiempo estimado (3), las semanas del año (4) y que la semana base es la semana 46 de dicho año (5). Ver el ANEXO G para acceder a todas las Rutas de Mantenimiento.

Figura 11. Ruta de Mantenimiento Anual del Entrenador de Sistemas de Refrigeración.

INGENIERIA MECÁNICA
 RUTA DE MANTENIMIENTO
 Máquina : 25095 - ENTRENADOR DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
 Año : 2017

Tarea	L5	L102	L106	E1	E2	E3	E4	E6	E30	M8	M11	M18	M21	M33	M45	M85	M145
Frecuencia (S)	24	48	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Horas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minutos	3	20	15	20	30	10	15	8	8	30	4	20	10	10	10	2	10
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	
46		XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
47																	
48																	
49																	
50																	
51																	
52																	

Fuente: el autor.

Figura 10. Ruta de Mantenimiento Anual del Entrenador de Sistemas de Refrigeración.
(continuación)

INGENIERIA MECÁNICA
 RUTA DE MANTENIMIENTO
 Máquina : 25095 - ENTRENADOR DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN
 Año : 2017

Tarea	M164	M168	M169	M171	I2	I8	I10	I30
Frecuencia (S)	24	24	24	24	24	24	24	24
Horas	0	0	0	0	0	0	0	0
Minutos	30	5	10	7	8	8	5	8
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
47								
48								
49								
50								
51								
52								

Fuente: el autor.

11.8 DESCRIPCIÓN DE RUTAS Y RUTINAS DE MANTENIMIENTO

La descripción de rutas y rutinas permite al personal de mantenimiento tener una guía para la planeación en insumos necesarios como herramientas, instrumentos, lubricantes, entre otros, y conocer una descripción general de lo que se debe realizar durante la ejecución de cada tarea.

Durante este proyecto con SMPlus Pro 3.0 se generan tres formatos de Descripción de tareas por cada equipo que lo requiera, uno para las tareas de la Ruta de tipo Eléctrico, Mecánico e Instrumentación. El segundo formato para las tareas de la Rutina de Lubricación y un tercero para las tareas Eléctrico, Mecánico e Instrumentación de la Rutina. Se muestra el total de las Descripciones en el ANEXO H.

A continuación, se muestra la Descripción de la Rutina de Lubricación del Entrenador de Sistemas de Refrigeración, donde hace referencia al código de la tarea a ejecutar, la frecuencia, el tiempo estimado, la descripción de la tarea y las características del lubricante.

Figura 12. Descripción de la Rutina de Lubricación del Entrenador de Sistemas de Refrigeración.

INGENIERIA MECÁNICA

07/12/2017

Descripción de Tareas L

Características de la tarea de Mantenimiento Preventivo		Mecanismo a Revisar			Lubricante			
Código	Nombre	Frecuencia (S/D)	Duración (hh:mm)	Cantidad	Nombre	Tipo Lub.	Nombre	Código
L5	REVISAR NIVELES DE ACEITE	24 S	0:3	1	REVISAR NIVEL DE ACEITE POR LA MIRILLA DEL CÁRTER DEL COMPRESOR SEMI-HERMÉTICO	ACEITE	EAL ARCTIC 22 CC	CI_VD
L102	CAMBIO DE ACEITE AL CÁRTER	48 S	0:20	1	CON UNA BOMBA DE VACÍO DRENAR ACEITE VIEJO Y LLENAR CÁRTER DEL COMPRESOR SEMI-HERMÉTICO CON ACEITE NUEVO	ACEITE	EAL ARCTIC 22 CC	CI_VD
L106	LUBRICAR EJES	24 S	0:15	3	LUBRICAR EJES MOTOR -VENTILADOR	ACEITE	WD-40	CI_AZ_NE

Fuente: el autor.

11.9 RUTAS DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS TRATADOS COMO VEHÍCULO

SMPlus Pro 3.0 cuenta con el Módulo de Mantenimiento para Vehículos, el cual está detallado anteriormente; mediante el cual se realizan, programan y controlan las rutas de los equipos y máquinas que requieren ejecutar sus tareas de mantenimiento preventivo con una frecuencia establecida en kilómetros (km) recorridos u horas de trabajo. Por lo tanto, se usa este módulo para un total de dos equipos pertenecientes a los laboratorios de la Facultad, las cuales se encuentran en el ANEXO G.

Debido a una limitación de este CMMS a la que se refiere con anterioridad, las descripciones de las tareas de la ruta y rutina de mantenimiento realizadas con dicho Módulo se plasman de igual manera que los demás equipos, es decir se elabora la ruta y rutina con una frecuencia establecida en semanas y se registra la descripción a tener en cuenta cuando el sistema de alertas del Módulo de Vehículos lo requiera.

A continuación, se muestra la ruta generada con el Módulo de Mantenimiento para Vehículos para el equipo Dinamómetro de Rodillos. El cual tiene una frecuencia de mantenimiento de 60 ciclos de trabajo, pero como un ciclo equivale a una hora, la frecuencia se establece cada 60 horas de trabajo.

Figura 13. Ruta Vehículos del equipo Dinamómetro de Rodillos.

INGENIERIA MECÁNICA		
Ruta Vehículos desde : 315612 - DINAMÓMETRO DE RODILLOS hasta : 315612 - DINAMÓMETRO DE RODILLOS		
10/01/2018		
SECCIÓN:	FIM - FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA	
MÁQUINA:	315612 - DINAMÓMETRO DE RODILLOS	
RUTA:	60 / HORAS	
Tarea	Descripción	Tiempo
E1	REVISAR TABLERO ELÉCTRICO	0H :30 M
E2	REVISAR MOTORES ELÉCTRICOS	0H :30 M
I30	REVISAR ELECTROVÁLVULAS	0H :15 M
I5	REVISAR CELDAS DE CARGA	0H :20 M
I7	REVISAR ENCODER	0H :20 M
L1	LUBRICAR RODAMIENTOS Y CHUMACERAS	0H :40 M
L2	LUBRICAR CADENAS	0H :15 M
M112	REALIZAR COMPROBACIONES GEOMETRICAS	1H :0 M
M158	REVISAR UNIDAD DE MANTENIMIENTO NEUMÁTICO	0H :30 M
M20	REVISAR ACOPLERES Y UNIONES FLEXIBLES	0H :20 M
M22	REVISIÓN DE EMBRAGUES Y FRENOS	0H :20 M
M3	REVISIÓN DE CORREAS EN V Y PLANAS	0H :20 M
M5	REVISIÓN DE POLEAS	0H :15 M
M9	REVISIÓN DE SISTEMA NEUMÁTICO	0H :20 M

Fuente: el autor.

11.10 PROGRAMACIÓN SEMANAL ANUAL

Mediante el módulo de Sistemas de Alertas de SMPlus Pro 3.0 se obtiene la programación de mantenimientos semanales. Por lo tanto, teniendo en cuenta la frecuencia y el tiempo estipulado que se establece para ejecutar las tareas de la Ruta de mantenimiento preventivo de cada equipo se obtiene un reporte el cual documenta la programación por el rango de semanas deseado de las máquinas y equipos pertenecientes a la Sección, es decir a la Facultad de Ingeniería Mecánica. En el ANEXO I se muestra el reporte de la programación de mantenimiento semanal de la Facultad para el año 2018.

11. PRUEBA PILOTO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Para la ejecución de una prueba piloto en un laboratorio de la Facultad, se tiene en cuenta las limitaciones iniciales, que se encuentran plasmadas con anterioridad en este documento, se decide como primer paso buscar un encargado de mantenimiento en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Se encuentra con que solo el Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Equipos de Aire Acondicionado cuenta con la contratación interna de una persona encargada de ejecutar el mantenimiento, cuyo nombre es Fabio Toro. No se realiza la prueba piloto en dicho Laboratorio debido a que no se encuentra dentro del alcance del trabajo presente. Sin embargo, al hablar con el señor Fabio Toro, se conoce que también ha realizado intervenciones de mantenimiento a los equipos que pertenecen al Laboratorio de Ciencias Térmicas, por lo tanto, se decide pedir su acompañamiento para llevar a cabo la prueba piloto en este laboratorio.

Posteriormente, se trata de acordar las fechas para ejecutar las Rutas de Mantenimiento de cada equipo del Laboratorio de Ciencias Térmicas, pero debido a la carga de trabajo, poca disponibilidad de tiempo de esta persona y el tiempo limitado para implementar la prueba, se establece finalmente la fecha de ejecución para un equipo del Laboratorio, dicho equipo es uno de los dos principales con los que cuenta el Laboratorio actualmente, el cual se nombra Entrenador de Sistemas de Refrigeración.

Frente a la anterior situación se busca la ayuda de profesores que conozcan los equipos del Laboratorio y tengan disponibilidad de tiempo para poder ejecutar la prueba de mantenimiento en algún otro equipo. Así, se encuentra con la colaboración del ingeniero Brayan Rosero para la intervención en el Entrenador de Aire Acondicionado, el cual es el otro equipo principal con el que cuenta el Laboratorio.

La prueba piloto consiste en implementar y ejecutar el diseño del plan de mantenimiento preventivo desarrollado. Por lo tanto, con el CMMS SMPlus Pro 3.0 se efectúa la programación y generación de los formatos de las OTs correspondientes para ser impresos y diligenciados a mano por el encargado de su ejecución. Este formato se lo debe imprimir en hojas que tienen en su parte posterior un esquema a ser diligenciado con la información de repuestos y materiales utilizados, el informe técnico, y la evaluación de trabajos pendientes por realizar en futuras intervenciones. Generar cada OT se lleva a cabo con el objetivo de llevar un registro de la ejecución de las tareas de mantenimiento en los dos equipos previstos del Laboratorio de Ciencias Térmicas en una base de datos digital del software en cuestión.

Igualmente, la prueba piloto abarca llevar el registro de los mantenimientos que sufran los equipos que conforman el Laboratorio. Durante el periodo de la práctica empresarial, se presentan intervenciones de mantenimiento con contratación externa para intervenir dos equipos del laboratorio, el Entrenador de Sistemas de Refrigeración y el Deshumidificador, por lo que se generan y retroalimentan una OT de mejora y dos OTs correctivas en SMPlus Pro 3.0.

Finalmente, con las intervenciones de mantenimiento en el Laboratorio se generan Hojas de Vida, Reportes de Costos de Mantenimiento para el cual se asume un valor de Hora x Hombre = 30.000 COP e igualmente Informes de Actividades Pendientes que no pudieron ser ejecutadas durante la prueba piloto a causa de la falta de materiales de importancia, como lo son los lubricantes necesarios.

El total de las OTs generadas, las OTs diligenciadas a mano por la estudiante, el estado de las OTs mostrando el resumen de las tareas ejecutadas y pendientes, los reportes de Pendientes detallados y los reportes de Costos que se forman a partir de la ejecución de la prueba piloto en cada equipo, se encuentran en el ANEXO J.

A continuación, se muestra el formato de OT generado por SMPlus Pro 3.0.

Figura 14. Formato de Orden de Trabajo Preventiva.

INGENIERIA MECÁNICA 07/11/2017
Orden de Trabajo Preventiva

PARA MANTENIMIENTO :		NUMERO DE ORDEN : _____	
CÓDIGO DE SECCIÓN :	FIM	NOMBRE DE SECCIÓN:	FACULTAD INGENIERÍA MECÁNICA
CÓDIGO DE PROCESO :		NOMBRE DE PROCESO:	
CÓDIGO DE MÁQUINA :		NOMBRE DE MÁQUINA :	

	AÑO	MES	DÍA	SEMANA	ESPECIALISTA:
FECHA DE PROGRAMACIÓN :					
FECHA DE EJECUCIÓN INICIAL :					
FECHA DE EJECUCIÓN FINAL:					

Tarea	Frecuencia (S)	Descripción	T. PROGRAM.:		T. REAL :		EJECUTANTE:
			Hora	Minuto	Hora	Minuto	

Fuente: el autor.

Figura 15. Esquema posterior en la Orden de Trabajo Preventiva.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

REPUESTOS Y/O MATERIALES UTILIZADOS			
TAREA	CANT.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN

INFORME TÉCNICO	
TAREA	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

EVALUACIÓN Y TRABAJOS PENDIENTES POR REALIZAR EN FUTURAS INTERVENCIONES DE MTTD.	
TAREA	DESCRIPCIÓN

FIRMAS		
JEFE DE AREA	SUPERVISOR DE MTTD.	PLANeador DE MTTD.

Fuente: el autor.

Junto a los anteriores formatos se lleva a cabo las intervenciones de mantenimiento preventivo a los dos equipos mencionados previamente. Por lo tanto, las OTs generadas para la prueba ejecutada con fecha del 08 de noviembre de 2017 en el Entrenador de Aire Acondicionado son los números 444, 445, 446 y 496, así mismo para el Entrenador de Sistemas de Refrigeración se ejecutan las OTs a la fecha del 13 de noviembre de 2017 que poseen los números 492, 493, 494 y 495 en la base de datos del CMMS en cuestión, las cuales se encuentran debidamente diligenciadas en el ANEXO J.

Además, se muestra a continuación fotografías evidencia de las intervenciones de mantenimiento del 08 y 13 de noviembre de 2017.

Figura 16. Imágenes de prueba en Entrenador de Aire Acondicionado.



Fuente: el autor.

Figura 16. Imágenes de prueba en Entrenador de Aire Acondicionado (continuación).



Fuente: el autor.

Figura 16. Imágenes de prueba en Entrenador de Aire Acondicionado (continuación).



Fuente: el autor.

Figura 17. Imágenes de prueba en Entrenador de Refrigeración.



Fuente: el autor.

Figura 17. Imágenes de prueba en Entrenador de Refrigeración (continuación).



Fuente: el autor.

Figura 17. Imágenes de prueba en Entrenador de Refrigeración (continuación).



Fuente: el autor.

12. EQUIPOS RECOMENDADOS A REPOSICIÓN EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

En último lugar, para determinar las unidades recomendadas a sustitución, se aplica el criterio no experimental descrito con anterioridad en este documento, por lo que se tiene en cuenta los dos criterios establecidos con sus respectivos valores cuantitativos, los cuales se aplican a todas las unidades de los doce laboratorios pertenecientes al Maestro de Máquinas que conforma el plan de mantenimiento preventivo.

De esta manera, se realiza una tabla por laboratorio clasificando su inventario en equipos, máquinas o instrumentos de medición. Se debe tener en cuenta que también se incluyen las unidades que pertenecen a los laboratorios pero que no son relevantes a hacer parte del Maestro de Máquinas del presente trabajo. Asimismo, en las tablas se muestran el año de instalación o adquisición, los valores cuantitativos del grado de obsolescencia y estado de funcionamiento actual, para finalmente indicar el valor del grado de sustitución. En el ANEXO K se encuentra la clasificación teniendo en cuenta los criterios de las unidades por laboratorio.

De acuerdo a la clasificación de las unidades en equipos, máquinas e instrumentos de medición, se establece que cada laboratorio de la Facultad se encuentra conformado como se muestra a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Total de equipos, máquinas e instrumentos por laboratorio.

LABORATORIO	TOTAL EQUIPOS	TOTAL MÁQUINAS	TOTAL INSTRUMENTOS	TOTAL
Laboratorio Corrosión	1	3	0	4
Laboratorio de Ciencias Térmicas	9	2	0	11
Laboratorio Pruebas Dinámicas Automotrices	10	5	26	41
Laboratorio Fluidos y Máquinas Hidráulicas	32	5	0	37
Laboratorio Metrología Dimensional	1	0	22	23
Laboratorio Manufactura Flexible	2	7	0	9
Laboratorio Metalografía	14	0	0	14
Laboratorio Ensayos no Destructivos	20	3	18	41
Laboratorio Resistencia de Materiales	5	5	2	12
Laboratorio Sistemas Dinámicos	12	9	6	27
Laboratorio Pruebas y Ensayos de Aire Acondicionado	21	0	8	29
Laboratorio Máquinas Herramientas	0	39	0	39
TOTAL EQUIPOS FIM				287

Fuente: el autor.

Además, es de importancia observar el porcentaje de unidades por laboratorio que se recomiendan a una sustitución inmediata, por sustitución próxima y no recomendados a sustituir. Lo que se muestra en seguida en la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de unidades por laboratorio de acuerdo al criterio de sustitución.

LABORATORIO	% UNIDADES POR SUSTITUIR INMEDIATAMENTE	% UNIDADES POR SUSTITUIR PRÓXIMAMENTE	% UNIDADES POR NO SUSTITUIR
Laboratorio de Corrosión	25%	50%	25%
Laboratorio de Ciencias Térmicas	73%	18%	9%
Laboratorio Pruebas Dinámicas Automotrices	15%	17%	68%
Laboratorio de Fluidos y Máquinas Hidráulicas	14%	59%	27%
Laboratorio de Metrología Dimensional	0%	52%	48%
Laboratorio de Manufactura Flexible	11%	33%	56%
Laboratorio de Metalografía	29%	57%	14%
Laboratorio Ensayos no Destructivos	5%	7%	88%
Laboratorio de Resistencia de Materiales	17%	67%	17%
Laboratorio de Sistemas Dinámicos	15%	22%	63%
Laboratorio Pruebas y Ensayos de Aire Acondicionado	0%	66%	34%
Laboratorio de Máquinas Herramientas	23%	72%	5%

Fuente: el autor.

13. CONCLUSIONES

Al finalizar la práctica empresarial con el propósito de realizar un diseño del plan de mantenimiento preventivo se concluye lo siguiente:

Se realizó un listado de equipos, máquinas e instrumentos que se consideran de importancia o relevantes a mantener en óptimas condiciones en cada laboratorio. Con los cuales se conformó el Maestro de Máquinas, en donde se identifica cada unidad por su código activo o un código alfanumérico de acuerdo su nombre y se realizó una ficha técnica o Tarjeta Maestra a cada unidad para su fácil identificación en la Facultad.

Se logró recopilar información de intervenciones de mantenimiento previas de un número parcial de equipos, máquinas o instrumentos de los laboratorios del presente trabajo. Con dicha información se registró las Hojas de Vida de los equipos. En consecuencia, se concluye que el tipo de mantenimiento que reciben los equipos de los laboratorios de la Facultad viene siendo de tipo correctivo o de tipo preventivo no programado con una frecuencia estipulada. Dichos mantenimientos se realizan con la contratación de servicio técnico y personal externo a la Facultad.

Se logró recopilar los costos de mantenimiento por laboratorio a partir de 2016, sin embargo, no se logró recopilar los costos detallados por equipo.

Se generó unas rutas y rutinas de mantenimiento preventivo para cada unidad requerida, las cuales contienen unas tareas básicas de mantenimiento establecidas en concordancia a las solicitudes de los encargados de cada laboratorio debido a que son ellos los que conocen las necesidades de los equipos porque han trabajado prolongadamente con dichos equipos o máquinas. Además, las tareas de mantenimiento preventivo descritas se agruparon en el Maestro de Tareas.

No se realizó durante la prueba piloto la implementación del plan de mantenimiento preventivo a todos los equipos con los que cuenta el laboratorio Ciencias Térmicas a causa de la falta de personal de mantenimiento capacitado e interno al laboratorio, y además, la falta de un almacén de repuestos causó que no se puedan llevar a cabo algunas tareas que necesitaban de lubricantes en específico.

El laboratorio con el que cuenta con un mayor porcentaje de unidades recomendadas a sustituir de acuerdo a su número de equipos es el de Ciencias Térmicas, esto debido a que este porcentaje de equipos no han presentado ningún registro de mantenimiento a lo largo de su vida útil y no son

operados constantemente durante el semestre hasta el momento. Asimismo, pese a que el laboratorio de Máquinas Herramientas tiene un gran número de máquinas de mayor antigüedad, estas se recomiendan a una próxima sustitución debido a que mantienen en constante uso y semestralmente se les realiza las rutinas de mantenimiento.

14. RECOMENDACIONES

Al realizar la práctica empresarial en cuestión en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica se llega a identificar las siguientes recomendaciones:

Se recomienda la implementación del plan de mantenimiento preventivo diseñado. Además, se invita a que se tenga en cuenta las necesidades de gestión, planeación y ejecución que conlleva dicha implementación para todos los laboratorios de la FIM. Esto mediante la asignación de un personal determinado que se encargue de la organización del plan de mantenimiento de los equipos por laboratorio. El cual puede retroalimentarse con la documentación generada en el presente trabajo.

También, se recomienda el uso de un CMMS para la gestión del plan de mantenimiento de todos los laboratorios de la Facultad el cual genere notificaciones de acuerdo a una planeación para la ejecución de las tareas por equipo. Teniendo en cuenta lo anterior, para el equipo que necesita de intervenciones de mantenimiento preventivo por frecuencia en horas de trabajo y no posee horómetro, se recomienda llevar un registro o bitácora adecuada que tenga en cuenta las horas de cada ciclo de trabajo.

De igual forma, se recomienda actualizar el Maestro de máquinas por laboratorio en el momento que ingrese un equipo o máquina, para así considerarlo parte de los activos que abarca el plan de mantenimiento preventivo.

Dar continuidad al registro de las hojas de vida de los equipos, teniendo en cuenta los informes técnicos y los costos de mano de obra, repuestos usados o costos del contratista, esto para cualquier intervención de mantenimiento que se lleve a cabo a partir de 2018.

Gestionar un almacén de repuestos y materiales necesarios para la manutención óptima de los equipos y máquinas de los laboratorios. De esta manera, para cuando llegue el caso de un mantenimiento correctivo, el equipo no permanezca inoperativo por la falta de un repuesto. Asimismo, cuando se requiera programar un mantenimiento preventivo, no sea la falta de repuestos o insumos el motivo que retrase la ejecución.

Se recomienda sustituir aquellos equipos obsoletos y que no se encuentran funcionales u operativos por equipos actualizados que brinden un acompañamiento al aprendizaje de los estudiantes

teniendo en cuenta las diversas áreas de desarrollo tecnológico colombiano. También, se recomienda la inversión en mantenimiento de tipo mejora (calibración, actualización, entre otros) de los equipos obsoletos y operativos con los que cuentan los laboratorios.

15. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MONTILLA, Carlos A. Fundamentos de Mantenimiento Industrial. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.
- [2] HERRERA S, Humberto. Mantenimiento. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira, 2002.
- [3] DUFFUAA, Salih O. RAOUF, Abdul. CAMPBELL, Jhon Dixon. Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control. México. Limusa Willey, 2000.
- [4] GATICA ÁNGELES, Rodolfo R. Mantenimiento Industrial: Manual de operación y administración. México. Trillas, 2000.
- [5] ¿QUÉ ES TPM?. Página web [en línea], revisado 4 de diciembre de 2017. Disponible en internet: <http://www.mantenimientopetroquimica.com/tpm.html>
- [6] FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA. Universidad Tecnológica de Pereira. Página web [en línea], revisado 1 de agosto de 2017. Disponible en internet: <http://mecanica.utp.edu.co/>
- [7] UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Página web [en línea], revisado 20 de diciembre de 2017. Disponible en internet: <https://www.utp.edu.co/institucional/>
- [8] GOODING GARAVITO, Néstor. Lubricación Industrial. Colombia. Universidad Nacional de Colombia, 2009.
- [9] MOBLEY. R. Keith. Maintenance Fundamentals. 2nd Edition. Oxford. Elsevier Inc, 2004.
- [10] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA – CALIBRACIÓN. Página web [en línea], revisado 23 de diciembre de 2017. Disponible en internet: <https://www.inm.gov.co/index.php/servicios-inm/calibracion#>
- [11] NOVA INGENIERÍA DE COLOMBIA. CMMS SMPlus Pro. Página web [en línea], revisado 7 de diciembre de 2017. Disponible en internet: <http://smpluspro.com/Nova-Ingenier%C3%ADa/>
- [12] OCAMPO, Jorge Hernán. Mantenimiento y Lubricación. Notas de clase. Universidad Tecnológica de Pereira, 2017.

- [13] EL CAMBIO DE LA MAQUINARIA INDUSTRIAL: CUÁNDO Y POR QUÉ. Página web [en línea], revisado 21 de diciembre de 2017. Disponible en internet: <http://www.blumaq.com/es/el-cambio-de-la-maquinaria-industrial-cuando-y-por-que/>
- [14] HERNÁNDEZ S., Roberto. FERNÁNDEZ C., Carlos. BAPTISTA L. María. Metodología de la Investigación. México. Mc. Craw Hill, 2010.
- [15] PEÑAFIEL PILCO, Carlos A. Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los laboratorios de Resistencia de Materiales, Metalografía, Ensayos no Destructivos y Tratamientos Térmicos de la Facultad de Mecánica. Riobamba.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2014.
- [16] DECRETO 3019 DE 1989. Alcaldía de Bogotá. Página web [en línea], revisado 22 de diciembre de 2017. Disponible en internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7321>
- [17] LÓPEZ HERNÁNDEZ, Andrés F. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el Laboratorio de Maquinas Herramientas y Laboratorio de Pruebas y Ensayos de Equipos de Aire Acondicionado de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.: Universidad Tecnológica de Pereira, 2017.

RECURSO. Licencia en calidad de comodato de Software para Administración de Mantenimiento SMPlus Pro versión 3.0.