

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
EQUIPOS ELECTROMECAÓNICOS Y MECÁNICOS DE LOS LABORATORIOS
DE PRÁCTICA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
MONTERÍA

PEDRO MANUEL URANGO AGUILAR

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
INGENIERIA MECÁNICA
MONTERÍA -CÓRDOBA

2019

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS Y MECÁNICOS DE LOS LABORATORIOS DE
PRACTICA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
MONTERÍA

PEDRO MANUEL URANGO AGUILAR

Trabajo de grado para optar al título de...

INGENIERO MECÁNICO

Asesor

KATERIN OSORIO BARRERA

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
INGENIERIA MECÁNICA
MONTERÍA -CÓRDOBA

2019

Montería Colombia 2019

Pedro Manuel Urango Aguilar

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pedro Urango', written in a cursive style.

Firma del autor (es)

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo darle gracias a Dios por darme fuerzas para culminar la elaboración de este trabajo de grado, en esta institución que me hizo una persona con grandes valores éticos profesionales.

Por otro lado, agradecer a la Ingeniera Katerin Osorio Barrera por poner a disposición sus conocimientos profesionales en la realización de este trabajo.

Agradecer a mis padres, hermanos, y amigos por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVOS	12
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1. ESTADO DEL ARTE	14
2. METODOLOGÍA	16
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	18
3.2. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS	22
3.3. HOJA DE VIDA	23
3.4. PLAN DE MANTENIMIENTO	25
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
5. BIBLIOGRAFÍA	29
6. ANEXOS	31
ANEXO 1 PERSONALIZACIÓN DE ACTIVOS FIJOS	31
ANEXO 2 LISTADO DE LA CALIFICACIÓN DE EQUIPOS	40
ANEXO 3 FORMATO DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS	43
ANEXO 4 FORMATO HOJA DE VIDA PARA EQUIPOS	44
ANEXO 4 COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR EQUIPOS	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje promedio del presupuesto anual que corresponde a mantenimiento (ACIEM, 2018)	10
Tabla 2. Criterios y ponderación utilizados para la selección de los equipos de laboratorio	16
Tabla 3. Inventario de equipos de laboratorio de máquinas y herramientas	19
Tabla 4. Inventario de equipos del laboratorio de metalografía	19
Tabla 5. Inventario de los equipos de laboratorio de térmicas	19
Tabla 6. Inventario de equipos de laboratorio de fluidos	19
Tabla 7. Inventario de los equipos del taller de soldadura	20
Tabla 8. Inventario de los equipos de la planta de energías renovables	20

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Resultados Encuesta Egresados 201820 (Coordinación de Egresados UPB, 5212).....	11
Gráfica 2. Estadística de prácticas profesionales de estudiantes de ingeniería mecánica Montería(Profesional, 5212).....	12
Gráfica 3. Resultado total de equipos para el programa de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración Propia	21

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se muestra una propuesta de implementación de un programa de mantenimiento preventivo de los equipos de laboratorio de máquinas y herramientas, metalografía, térmicas, fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería. Este programa de mantenimiento se apoya en una lista de tareas que se deben realizar como lo son: inspecciones de limpieza, inspecciones por ajuste, inspecciones por lubricación e inspección por cambio de repuestos para los equipos mecánicos y electromecánicos de los laboratorios. La metodología empleada para este trabajo es descriptiva – explicativa, ya que se describen y detallan las condiciones actuales de los equipos por medio del diagnóstico realizado y se propone una opción de mantenimiento preventivo diseñando un formato de hoja de vida y mantenimientos preventivos para cuando se ejecute el programa se haga el seguimiento a las operaciones de los equipos y el cálculo de indicadores de mantenimiento de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, cargando la información para la toma de decisiones futuras. Con este plan de mantenimiento se propone disminuir los mantenimientos correctivos dentro de la Universidad, disminuir costos de operación y fallas inesperadas de estos equipos.

ABSTRACT

In this degree project, a proposal for the implementation of a preventive maintenance program for the machine and tool laboratory equipment, metallography, thermal, fluids, welding workshop and renewable energy laboratory of the Pontifical Bolivarian Pontifical University in Monteria is shown. This maintenance program is based on a list of tasks that must be carried out, such as: cleaning inspections, adjustment inspections, lubrication inspections and replacement inspection for mechanical and electromechanical equipment in laboratories. The methodology used for this project is descriptive - explanatory, since the current conditions of the equipment are described and detailed by means of the diagnosis made and a preventive maintenance option is proposed designing a resume and preventive maintenance format for when it is executed the program will monitor the operations of the equipment and the calculation of indicators of maintenance of availability, reliability and maintainability, loading the information for future decision making. This maintenance plan it is proposed to avoid corrective maintenance within the university, reduce operating costs and unexpected failures of these equipment.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde que se crean las empresas los esfuerzos son dirigidos a sacar adelante una producción o prestar un servicio en el mercado dejando a un lado la función de mantenimiento, como lo encuestó Damjan Maletič en su estudio (D. Maletič, 2012).

El mantenimiento, especialmente en la industria manufacturera, se considera como una necesidad o un costo adicional a la hora de producir, en lugar de verse como un recurso competitivo Damjan Maletič (Maletič, Maletič, Al-Najjar, & Gomišček, 2012), una encuesta realizada por (Alsyouf, 2004) mostró que el 70% de las empresas suecas encuestadas consideró que el mantenimiento aumenta los costos. Sin embargo, el estudio realizado por Damjan Maletič (Maletič et al., 2012) y otros estudios realizados por Alnajjar y Alsyouf (Alnajjar, 2000; Alnajjar, 2007; Alnajjar y Alsyouf, 2004; Alsyouf, 2007), que han investigado el impacto de la función de mantenimiento en la productividad y la rentabilidad de los procesos, demostraron que el mantenimiento no aumenta los costos de producción, sino que mejora la eficiencia de la empresa. Además, se hace necesario que el programa de mantenimiento no solo cumpla con los requerimientos de los equipos, también incluya nuevos aspectos como seguridad, minimización de impactos al medio ambiente y personal capacitado, para así aumentar la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto (Torres, 2005). Lo que se busca con la implementación de un programa de mantenimiento es que la actividad realizada garantice un servicio dentro de una calidad esperada. según lo define Enrique Dounce Villanueva en su libro La Productividad en el Mantenimiento Industrial (Dounce, 2014).

El mantenimiento correctivo hasta los años 50 no era muy planificado, solo era mecánica sencilla y lubricación debido a que la industria no estaba muy mecanizada. La creciente automatización de los procesos en la industria y sus complejas labores de mantenimiento hizo que a partir de los años 50 en los Estados Unidos se introdujera el concepto de mantenimiento preventivo, luego en los años 60 surge en Estados Unidos el concepto de mantenimiento productivo bajo la responsabilidad de la Compañía General Electric, donde se explica que el mantenimiento no solo era reparar los equipos, sino también planificar y mejorar la producción mediante acciones de mejora, de esta manera el mantenimiento preventivo engloba el concepto de mantenimiento productivo, preventivo, predictivo y la mejora. (Sacristán, 2001).

Actualmente la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, afectándose de esta forma la vida útil de los equipos con los que la institución cuenta para realizar las prácticas de laboratorio. Parte de la problemática es debido a la falta de conocimiento y de contar con un personal capacitado en el campo de mantenimiento, porque un plan de mantenimiento preventivo no está limitado a contar con un sistema de codificación o realizar el mantenimiento una vez estos equipos hayan fallado,

como actualmente se está ejecutando en la Universidad, sino que se hace necesario que los equipos cuenten con hojas de vida, manuales de operación y mantenimiento para así garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El aumento de la competencia en el mercado crea la necesidad de buscar nuevas formas en que las empresas pueden diferenciarse por tener mejores ganancias y mejor posición competitiva. La eficacia interna de una compañía está fuertemente influida por el papel del mantenimiento e impacta en otras áreas de trabajo, en cuanto a cantidad de trabajo en curso y el capital invertido, tales como: producción, calidad y costos de producción. (Al-Najjar, 2007)

El porcentaje anual de costo destinado a mantenimiento en empresas colombianas de acuerdo con su tamaño se muestra en la siguiente tabla.

Año	total	Micro (De 1 a 10 empleados)	Pequeña (De 11 a 50 empleados)	Mediana (De 51 a 200 empleados)	Grande (más de 200 empleados)
2008	30.5 (%)	37 (%)	33 (%)	29 (%)	23 (%)
2015	22.5 (%)	22.4 (%)	21.2 (%)	24.6 (%)	22.4 (%)

Tabla 1. Porcentaje promedio del presupuesto anual que corresponde a mantenimiento (ACIEM, 2018)

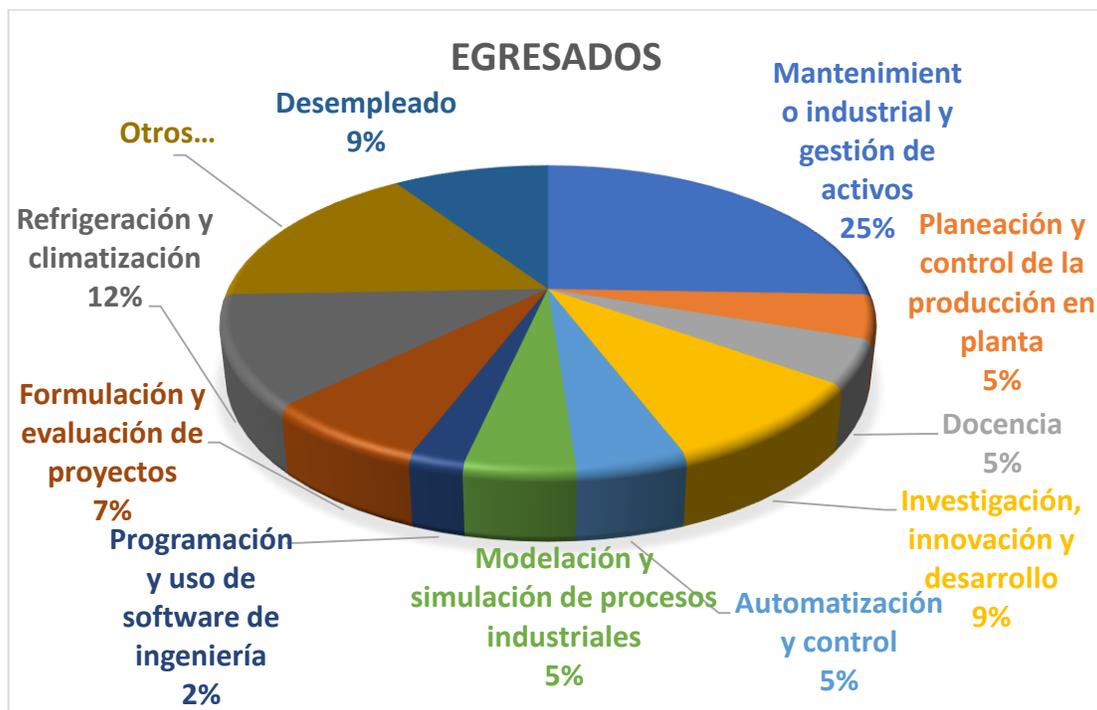
Como se evidencia en la tabla 1 desde el 2008 se ha notado una mejora en la reducción de costos de las empresas debido a las buenas prácticas de mantenimiento realizadas, ya que en el 2015 las empresas en promedio aplican el 22.5% del presupuesto mientras que en el 2008 gastaban en labores de mantenimiento el 30.5% de su presupuesto. De acuerdo a la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) el mantenimiento debe representar el 20% del total de los costos de las empresas, debido a que esta cifra es muy común en los diferentes tamaños de las empresa.(ACIEM, 2018).

Por otro lado, al implementar un programa de mantenimiento preventivo se debe tener en cuenta que no se pueden prevenir la totalidad de las fallas que se presentan durante las horas de uso de los equipos, pero sí se pueden disminuir algunas fallas lo que garantiza el cumplimiento de la vida útil (definida por el fabricante) de los equipos incluidos en el programa de mantenimiento (GARCÍA, 2017). Por lo tanto, es fundamental la estructuración de un programa de mantenimiento planeado, que garantice la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos.

Mantenimiento es una de las áreas con mayor porcentaje de aplicación de los egresados del programa de ingeniería mecánica, tal como se muestra en la gráfica 1 donde se realizó encuesta a egresados del programa de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería para el segundo semestre

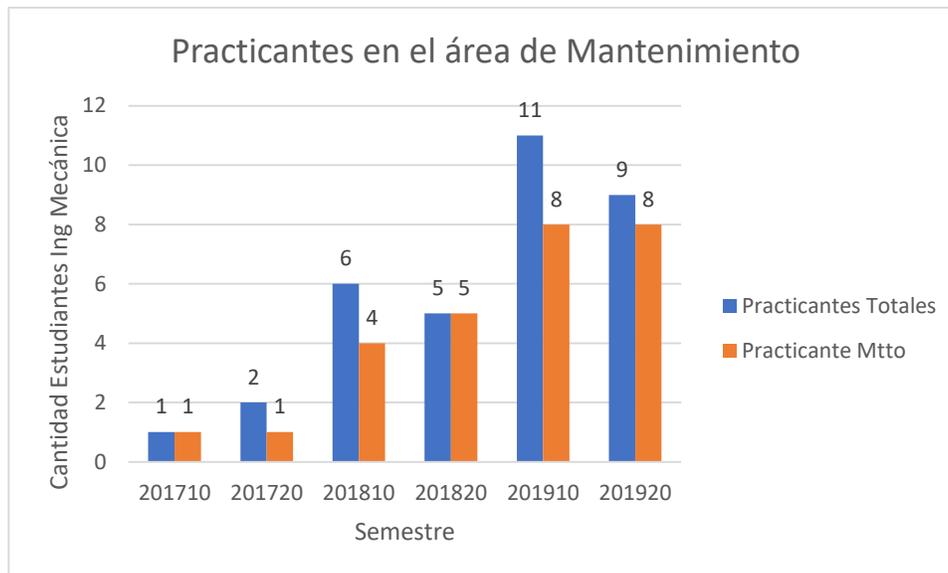
del año 2018 (Coordinación de Egresados UPB Montería). Esta encuesta muestra que el 25% de los egresados encuestados desempeñan labores de mantenimiento.

Esto también se demuestra en el área de desempeño de los practicantes del programa, en donde los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería que realizaron prácticas del periodo 2017 al 2019, el 80% de estos estudiantes realizaron prácticas en el área de mantenimiento. Ver gráfica 2.



Gráfica 1. Resultados Encuesta Egresados 201820 (Egresados, 2018)

Los trabajos de grado también son una muestra de la relevancia de esta área en el campo de aplicación de la ingeniería mecánica, ya que en la biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería reposan 13 trabajos de grados enfocados a mantenimiento. Adicionalmente, la universidad cuenta con los recursos para realizar este tipo de estudios, se cuenta con la ingeniera mecánica Katerin Osorio, MBA en gestión integral de la calidad y seguridad, que tiene 9 años de experiencia profesional de los cuales 4 fueron relacionadas al área de mantenimiento. También se cuenta con el ingeniero mecánico Hernán Ramos el cual tiene 13 años de experiencia en el área de mantenimiento y lubricación.



Gráfica 2. Estadística de prácticas profesionales de estudiantes de ingeniería mecánica Montería.(Práctica., 2019)

Por tal motivo, para la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería se propone diseñar un plan de mantenimiento para los equipos de laboratorio de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad con el fin de mejorar su disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad. Lo anterior permitirá obtener beneficios como la disminución de costos en los mantenimientos de los equipos (al pasar de correctivos a preventivos), garantizar la vida útil de los equipos para la cual fueron diseñados y mejorar las actividades de laboratorio y servicios donde se utilizan estos equipos.

1.3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de laboratorios de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Seleccionar de los laboratorios de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería, los equipos que se incluirán en el plan de mantenimiento, esto de acuerdo con la usabilidad, periodicidad del mantenimiento y complejidad del mantenimiento.

Realizar un diagnóstico del estado de cada equipo seleccionado para el plan de mantenimiento de laboratorio de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería, revisando mantenimientos correctivos aplicados en los últimos 6 años, periodicidad de mantenimiento, periodicidad uso al mes, manuales de mantenimiento y componentes críticos.

Elaborar hojas de vida para los equipos de laboratorio máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energía renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería.

Realizar un plan de mantenimiento que permita organizar y programar el mantenimiento preventivo de los equipos de laboratorio de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería, con base en el manual del fabricante y los mantenimientos correctivos realizados en los últimos 6 años.

2. ESTADO DEL ARTE

En el trabajo titulado “propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C.”. Jorge Luis Gonzales Guzmán realizó un diagnóstico del estado de los equipos de dicha empresa para saber el estado actual de cada uno de sus componentes, hallando que las máquinas tenían pérdidas de tiempo en paradas no programadas de hasta 81 horas mensuales y que con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo este tiempo se redujo entre 2 y 4 horas en paradas programadas, reduciendo en un 80% las paradas no programadas, (GONZALES, 2016).

También Julio Oswaldo Ramos Sparrow en su trabajo “aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.” concluye que al elaborar un programa de mantenimiento preventivo se genera una mejora en la disponibilidad de los equipos y que también se pueden prever algunas fallas, que pueden ocasionar paradas en la producción. En este trabajo específico con la implementación del programa del mantenimiento preventivo se logra aumentar la disponibilidad de hasta un 10% de las máquinas más críticas, se logra disminuir los costos de mantenimiento en un 61.14% con respecto a los costos iniciales, (RAMOS SPARROW, 2017).

José Daniel Ruiz Pinzón en su trabajo “implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa INVERGLOBAL Inc. Ltda.”. Analiza que durante la implementación del plan de mantenimiento preventivo se recuperó la capacidad operativa de los equipos de la empresa. El programa de mantenimiento representó un aumento en los costos entendiendo esto como parte de proceso de producción y que esto se ve reflejado en el aumento de la productividad de los equipos. También concluye que toda actividad programada representa ahorro para la empresa tanto en tiempo como en recursos y que los mayores gastos de mantenimiento se presentan en mantenimiento correctivo, mientras que en el mantenimiento preventivo se revisa y se cambia una pieza para evitar que esta falle. (Ruiz Pinzon, 2009)

Otro trabajo de grado en donde se estudia la implementación de un mantenimiento preventivo es el realizado por Enrique Alexander Joya Rodríguez el cual se titula “Diseño e implementación del plan de manteamiento en la empresa MIXER Limitada”, en el cual concluye que el mantenimiento correctivo genera altos costos y no genera garantía de las piezas. También concluye que el diseño de un control para el mantenimiento preventivo evita llegar hasta el mantenimiento correctivo dando como ventaja la durabilidad y garantía de las piezas. Enrique Joya con la implementación del mantenimiento preventivo en la empresa Mixer Ltda. muestra que se reducen las paradas en un 33% de cada vehículo, obteniendo así rendimientos óptimos y de buena calidad. Esto lo logra realizando paradas programadas de los vehículos para su respectivo control, en donde se realizan

cambios de piezas que están próximas a cumplir su vida útil. (Joya Rodríguez, 2012).

Adicionalmente Wilmer Ferney Córdoba Sosa en su trabajo de grado titulado "Actualización del programa de mantenimiento de los equipos petroleros utilizados por la empresa Sociedad Técnica de la Industria Petrolera S.A.S ubicada en Orito Putumayo" describe como esta empresa en un principio no contaba con una coordinación en mantenimiento, ocasionando una pérdida de información acerca del estado actual de los equipos de la empresa, haciendo que las fallas en los equipos se extendieran por largos periodos de tiempo. Wilmer Córdoba también describe que con la implementación de un programa de mantenimiento se puede lograr contener las mayorías de las fallas, realizando inspecciones periódicas que permitan tomar decisiones más acertadas; además de evidenciarse el orden y control que se tienen en la coordinación de mantenimiento de los diferentes activos que posee la empresa.(Córdoba Sosa, 2014).

Finalmente, Juan Carlos Villegas Arenas en su "Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa Manfer S.R.L. Contratistas Generales" determina que la gestión del mantenimiento no era la mejor debido a la poca capacidad que tenían los operadores de los equipos en cuanto a conocimientos e implementación de mantenimiento preventivo, teniendo un 68.27% el índice de disponibilidad de sus equipos. Luego con la implementación del programa de mantenimiento preventivo se logra optimizar el desempeño de la constructora elevando la disponibilidad de los equipos en un 78.47%, además de la disminución de costos por mantenimiento de alrededor del 37.114% (Villegas Arenas, 2019).

3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el desarrollo de este proyecto es descriptiva – explicativa, ya que se describen y detallan las condiciones actuales de los equipos tal y como son observados y explicativa porque no sólo se busca describir la problemática en los equipos de los laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana, sino que se pretende utilizar datos cuantitativos tratando de calcular los índices de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, logrando la máxima objetividad en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo para los equipos de laboratorio de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería. El método es inductivo, ya que se analizan los casos particulares de cada equipo de los laboratorios de estudio y sus resultados serán tomados para generar conclusiones generales. Esta metodología presenta un grado de abstracción aplicado y con campo de acción, ya que su finalidad es orientar a decisiones para la alargar la vida útil de los equipos.

Para el desarrollo de este trabajo se proponen 4 pasos. El primer paso es la selección de los equipos que se incluirán en el plan de mantenimiento. Como se mencionó anteriormente se trabajará con los equipos registrados en el laboratorio de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energía renovable de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería. A estos equipos se le realizará una calificación con respecto a la usabilidad, periodicidad del mantenimiento y complejidad del mantenimiento, dándose una ponderación como se muestra en la tabla 2 y se seleccionarán los que den un porcentaje mayor a 3.

CRITERIOS	PONDERACIÓN
Usabilidad de los equipos	30%
Periodicidad de mantenimiento	40%
Complejidad del mantenimiento	30%

Tabla 2. Criterios y ponderación utilizados para la selección de los equipos de laboratorio, fuente: elaboración propia.

El segundo paso es la realización de un diagnóstico a los equipos seleccionados para el plan de mantenimiento, en donde se conocerá el estado actual de los equipos y su historial de mantenimiento de acuerdo a la información que proporciona el fabricante en sus manuales de operación. Se empleará un formato de inspección para los equipos donde se diligencia información como especificaciones del equipo que incluye nombre del equipo, serial, modelo número de inventario, su localización dentro de las instalaciones de la institución, el tipo mantenimiento si es preventivo o correctivo, periodicidad del mantenimiento, periodicidad del uso mensual de los equipos y los componentes críticos del equipo.

Para el tercer paso se realizan las hojas de vida para los equipos de laboratorio de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería, el cual consiste en un archivo que contiene los detalles técnicos de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento, estos datos son los primeros que se deben ingresar al sistema de información del mantenimiento. Estos detalles técnicos son: el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, número de serie, especificaciones de energía de servicio, detalles de conexión, manuales de servicio y el historial de mantenimiento.

Para el cuarto paso se debe elaborar un plan de mantenimiento que consiste en una lista de tareas de mantenimiento preventivo que se deben realizar en cada equipo. El programa de mantenimiento incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia, lista de tareas que se realizarán como lo son: inspecciones diarias y periódicas, tipos de técnicos requeridos para cada labor y materiales necesarios. Este programa de mantenimiento deberá ser seguido por el personal encargado del mantenimiento teniendo como apoyo los formatos indispensables para el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de laboratorio de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energía renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Actualmente en los laboratorios de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y el laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería se cuenta con 40 equipos distribuidos de la siguiente manera:

 Universidad Pontificia Bolivariana		INVENTARIO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS		
Número	No. Inventario	Nombre del equipo	Ubicación actual	Estado actual
1	N00008446	Caladora 720w 500-3000rpm	t2115	ACTIVO
2	N00008612	Pulidora-ac	t2115	ACTIVO
3	N00008613	Pulidora-ac	t2115	ACTIVO
4	N00000022	Torno industrial- af	t2115	ACTIVO
5	2014- N00000021	Taladro fresadora de columna-af	t2115	ACTIVO
6	N00008615	Taladro pedestal-ac	t2115	ACTIVO
7	N00008616	Taladro pedestal-ac	t2115	ACTIVO
8	N00000027	Torno industrial control numérico ref cak4085-af	t2115	ACTIVO
9	N00008653	Esmeril modelo bt3600-b3-ac	t2115	ACTIVO
10	N00008654	Esmeril modelo bt3600-b3-ac	t2115	ACTIVO
11	N00008655	Esmeril modelo bt3600-b3-ac	t2115	ACTIVO
12	N00008656	Esmeril modelo bt3600-b3-ac	t2115	ACTIVO

13	N00018121	Máquina universal de ensayos	t2115	Activo
14		Durómetro	t2115	Activo
15	N00017937	Micro durómetro	t215	Activo
16	N00008658	Pulidora-ac	t2115	Activo

Tabla 3. Inventario de equipos de laboratorio de máquinas y herramientas. Fuente: elaboración propia.

 Universidad Pontificia Bolivariana		INVENTARIO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO DE METALOGRAFÍA		
1	T2529	Microscopio	T2116	Activo

Tabla 4. Inventario de equipos del laboratorio de metalografía. Fuente: elaboración propia

 Universidad Pontificia Bolivariana		INVENTARIO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO DE TÉRMICAS		
1	N00008668	Electrobomba-ac	T2117	Activo
2	N00008662	Light meter lux-ac	T2117	Activo
3	N00008664	Balanza electrónica	T2117	Activo

Tabla 5. Inventario de los equipos de laboratorio de térmicas. Fuente: elaboración propia

 Universidad Pontificia Bolivariana		INVENTARIO DE LO EQUIPOS DE LABORATORIO DE FLUIDOS		
1	T4277	Equipo de estudio de bomba en serie y paralelo-af	T2126A	Activo
2	T4276	Equipo banco básico para hidrodinámica-af	T2126A	Activo
3	T4278	Equipo canal de ensayos flujo abierto y cerrado-af	T2126A	Activo
4	T4275	Equipo banco experimental hidrodinámico-af	T2126A	Activo
5	N00000990	Equipo modelo turbina Francis	T2126A	Activo
6	N00000991	Equipo de presión hidrostática en líquidos	T2126A	Activo
7	N00000992	Equipo modelo turbina Pelton	T2126A	Activo

Tabla 6. Inventario de equipos de laboratorio de fluidos. Fuente: elaboración propia.

 Universidad Pontificia Bolivariana		INVENTARIO DE LOS EQUIPO DEL TALLER DE SOLDADURA		
1	N00008657	Esmeril-ac	T2115	Activo
2	N00005089	Equipo de soldadura para mig-af	T2115	Activo
3	N00016749	Equipo portátil de soldadura Lincoln	T2115	Activo
4	T0747	Equipo de soldadura-af	T2115	Activo
5	N00008659	Extrusora hechiza grande motor 5 hp-ac	T2115	Activo
6	N00008660	Extrusora hechiza peq. motor 3hp-ac	T2115	Activo
7	N00004077	Sierra sinfín de 7" corta tubería y metales solido	T2115	Activo
8	N00005092	Equipo de soldadura portátil para tig-af	T2115	Activo

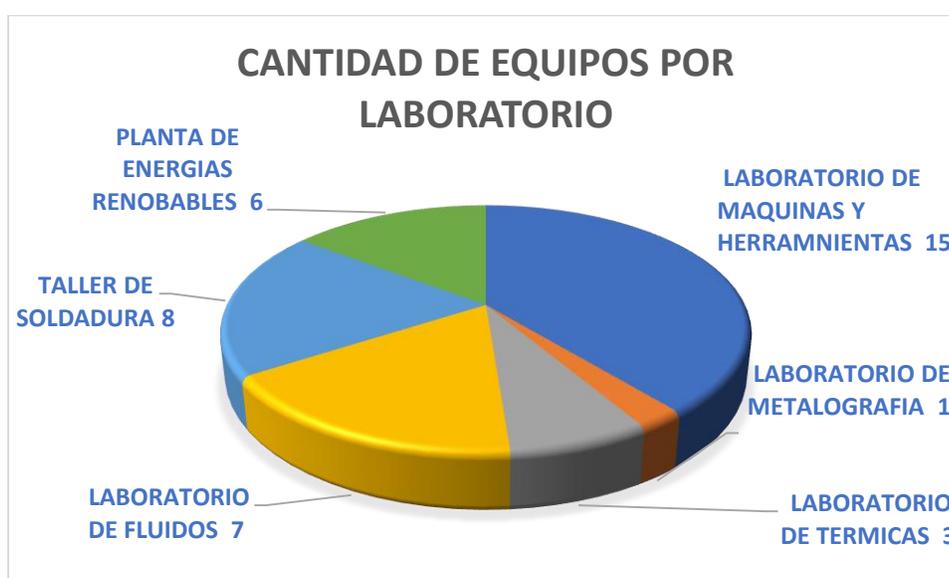
Tabla 7. Inventario de los equipos del taller de soldadura. Fuente: elaboración propia.

 Universidad Pontificia Bolivariana		LABORATORIO ENERGÍAS RENOVABLES		
1	N00007538	Máquina peletizadora – types – convenio 753-2013	T2133	Activo
2	N0009580	Planta GASIFICADORA de biomasa	T2133	Activo
3	N00011243	Planta eléctrica KDE6500E3 de 60 hz 4t diesel	T2133	Activo
4	N00010455	Motor eléctrico -af	T2133	Activo
5	N00007537	Maquina Briqueteadora tyes convenio 753-2013	T2113	Activo

Tabla 8. Inventario de los equipos del laboratorio de energías renovables. Fuente: elaboración propia

El inventario suministrado por la parte administrativa de los laboratorios de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería se encuentra en el archivo (Anexo 1) como personalización de activos fijos. Este contiene el listado general de todos los equipos y herramientas que se encuentran a disposición y su estado actual.

Teniendo en cuenta los criterios de ponderación establecidos: usabilidad, periodicidad del mantenimiento y complejidad del mantenimiento y realizando la calificación de 1 a 5 donde 1 es el más bajo criterio de calificación y 5 el más alto criterio de calificación se obtuvieron los siguientes resultados por laboratorio.



Gráfica 3. Resultado total de equipos para el programa de mantenimiento preventivo. Fuente: Elaboración Propia

De la anterior calificación se obtiene el número total de equipos que ingresan en el programa de mantenimiento preventivo que se implementará en la institución, esto generó que 40 equipos se deben incluir en este plan de mantenimiento. En el (anexo 2) se evidencia el listado general de equipos y resultados de calificación para la selección de estos. Por otra parte, cómo se muestra en la gráfica 3, el laboratorio que más equipos necesitan el plan de mantenimiento es el laboratorio de máquinas y herramientas, siguiéndole el taller de soldadura y el laboratorio de fluidos. Si se realiza un comparativo entre los criterios, el 80% de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento son por su alta usabilidad, baja periodicidad y alta complejidad en el mantenimiento.

4.2. DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS

Para el diagnóstico realizado a los equipos que se tendrán en cuenta para el plan de mantenimiento de los laboratorios de la Universidad se utilizó un formato de inspección (Ver anexo 3), en donde se recolecta la información actual del estado de los equipos, como es: nombre, serial, modelo, número de inventario, marca, periodicidad de uso, personal encargado del mantenimiento y tipo de mantenimiento. De acuerdo con este diagnóstico ejecutado se obtuvieron los siguientes resultados:



Ilustración 1 Historial de mantenimiento. Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la ilustración 1, se evidencia que a pesar de que los equipos de laboratorio se les realiza mantenimiento correctivo, el 88% de los equipos de laboratorio no cuentan con un historial de mantenimiento y, por ende, se desconocen datos de mantenimientos previos, haciendo difícil el prever posibles fallas de algún componente del equipo y dificultando así las tareas de reparación. Debido a que no se tienen un historial de repuestos críticos, por lo que no se tienen los componentes en stock que puedan dar una pronta solución, También de acuerdo con los resultados realizados en el diagnóstico muestran que el 80% de los equipos se les realiza el mantenimiento con personal externo y que el 59% de los equipos tiene una periodicidad de uso de 70%.

4.3. HOJA DE VIDA

Teniendo en cuenta el diagnóstico realizado a los equipos, se procede a la elaboración de la hoja de vida de estos equipos. Se crea el formato Hoja de vida donde se incluye información relevante a un plan de mantenimiento, como lo es: nombre del equipo, serial, modelo, número de inventario, marca, voltaje de alimentación, fabricante, si está en garantía, si consta de manuales de servicio, foto, componentes críticos, historial de mantenimientos, personal de mantenimiento y costos de operaciones de mantenimiento. De esta manera se logra un acceso fácil y rápido a la información de cada equipo. (Ver formato 1).

 Universidad Pontificia Bolivariana		LABORATORIO DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS			
HOJA DE VIDA					
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO					
NOMBRE DEL EQUIPO:					
SERIAL:				FOTO	
MODELO:					
N° INVENTARIO:					
MARCA:					
VOLTAJE:					
FABRICANTE:					
GARANTÍA:					
FECHA DE CALIBRACIÓN:					
MANUAL	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
COMPONENTES CRÍTICOS					
NOMBRE		CARACTERÍSTICAS		OBSERVACIONES.	REVISÓ
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO					
FECHA	OPERACIONES	MANTENIMIENTO	RESULTADOS	COSTOS\$	

Día	Mes	Año		INTERNO	EXTERNO		
INDICADORES							
TIEMPO TOTAL MUESTREO (1 AÑO)							DÍAS
NÚMERO DE PARADAS ANUALES							NA
TIEMPO DE PARADAS AL AÑO							DÍAS
DÍAS TRABAJADOS AL AÑO							DÍAS
INACTIVIDAD (NO USO AL AÑO)							DÍAS
INDICADORES DE DISPONIBILIDAD						#¡DIV/0!	%
INDICADORES DE CONFIABILIDAD						#¡DIV/0!	%
INDICADORES DE MANTENIBILIDAD						#¡DIV/0!	%

Formato 1. Hoja de Vida. Fuente: Elaboración Propia

Como se evidencia en este formato se incluyó una sección de indicadores de mantenimiento, en la cuál de acuerdo a la información suministrada: tiempo total, número de paradas anuales, tiempo de paradas al año, días trabajados al año e inactividad se calcula los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de esta forma desde coordinación de laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Montería ir evaluando el plan de mantenimiento propuesto en este trabajo de grado. Estas ecuaciones son las establecidas por Francisco González es su libro Auditoria de Mantenimiento e Indicadores de Gestión (Ver ecuación 1, 2 y 3).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo total muestreo} - \text{tiempo paradas año}}{\text{tiempo total muestreo}}$$

Ecuación 1. Disponibilidad

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\frac{\text{días trabajados año}}{\text{número de paradas anuales}}}{\frac{\text{días trabajados año} + \text{inactividad}}{\text{número de paradas anuales}}}$$

Ecuación 2 Confiabilidad

$$Mantenibilidad = 1 - e^{-\frac{\text{número de paradas anuales}}{\text{tiempo de paradas año}}}$$

Ecuación 3 Mantenibilidad

Para garantizar que el plan de mantenimiento propuesto es idóneo para las condiciones encontradas en los equipos de laboratorio de esta universidad, los porcentajes de los indicadores deberán estar por encima del 90%. Finalmente, en la carpeta externa llamada programa de mantenimiento preventivo, se encuentran los manuales de servicio de cada uno de estos equipos, los cuales deberán ser consultados cada vez que se realice un mantenimiento.

4.4. PLAN DE MANTENIMIENTO

Se elaboró el formato de mantenimiento preventivo (Ver formato 2), donde se describen todas las tareas a realizar por cada equipo y su periodicidad de acuerdo con el manual de operación del equipo, tipo de tareas, periodicidad de mantenimiento correctivo y usabilidad. Adicionalmente, se le incluye la información del técnico ideal para ejecutar dicha labor y el material y/o repuesto necesario. Cabe aclarar que es necesario que teniendo establecida la periodicidad de las tareas, queda a responsabilidad de coordinación de laboratorios de la Universidad verificar que el material y/o repuesto esté disponible para el día programado para la ejecución de dicha tarea. Por tanto, se realizaron 40 fichas de planes de mantenimiento, las cuales se encuentra en carpeta externa llamada Programa de Mantenimiento Preventivo. Lo aquí planeado tiene una periodicidad de aplicación de un año, el mismo tiempo que se tiene planeado la evaluación de los 3 indicadores de mantenimiento como se evidencia en el formato Hoja de Vida. (Ver carpeta externa llamada Programa de Mantenimiento Preventivo).

	<h2 style="margin: 0;">LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS</h2>
<h3 style="margin: 0;">PLAN DE MANTENIMIENTO</h3>	
<h4 style="margin: 0;">ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</h4>	
NOMBRE DEL EQUIPO:	
INVENTARIO:	
MARCA:	
UBICACIÓN:	
LISTA DE	MESES

TAREAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MATERIALES NECESARIOS	TIPO DE TÉCNICO

Formato 2. Formato plan de mantenimiento preventivo. Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la implementación del programa de mantenimiento preventivo diseñado tiene un costo anual aproximado en el mercado de COP 4'370.000 dato obtenido de la sumatoria de mantenimientos preventivos para cada uno de los 40 equipos aquí seleccionados (Ver anexo 4. Costo de mantenimientos por equipo). Cabe aclarar que en los equipos la hora/hombre ya está incluida en el salario del operador de los equipos, por lo tanto, solo se tendría en cuenta el costo de repuesto y materiales para poner en funcionamiento el equipo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se diseña un programa de mantenimiento preventivo para los equipos de los laboratorios de máquinas y herramientas, laboratorio de metalografía, laboratorio de térmicas, laboratorio de fluidos, taller de soldadura y laboratorio de energías renovables de la universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería que servirá para mejorar la disponibilidad y usabilidad de estos. En el inventario suministrado por coordinación de laboratorios de la universidad se contaba con 53 equipos de los cuales el 44% fueron seleccionados para la propuesta de implementación del plan de mantenimiento preventivo esto debido a la evaluación de acuerdo con los criterios de usabilidad, periodicidad y complejidad del mantenimiento, los cuales tenían una ponderación del de 30%, 40% y 30% respectivamente.

Teniendo los equipos seleccionados se les realiza un diagnóstico verificando información de nombre del equipo, serial, modelo, número de inventario, voltaje de servicio, proveedor, si aún está en garantía, personal de mantenimiento si es externo o interno, tipo de mantenimiento, empresa de mantenimiento, periodicidad de uso y componentes críticos. De acuerdo con este diagnóstico solo el 12% de los equipos cuenta con historial de mantenimiento, el 80% de los equipos se les realiza mantenimiento por parte de personal externo y no se tiene información de los componentes críticos de los equipos y no se cuenta con la información de cuánto es la periodicidad de reemplazo de estos repuestos, lo que implica que no se tiene stock de estos repuestos, afectando de esta forma la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos. Con la implementación de programa de mantenimiento preventivo se tendrá conocimiento y control operativo del 100% de los equipos incluidos en el programa, los cuales constituyen el 44% del inventario de los equipos. Se espera que el indicador de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos seleccionados estén por encima del 90%, siempre y cuando se cumplan las tareas planeadas y programas de acuerdo con el formato propuesto plan de mantenimiento preventivo.

Por lo tanto, se realizó hojas de vida para 40 equipos con sus especificaciones como: nombre del equipo, serial, modelo, número de inventario, foto, fabricante, garantía, fecha de calibración, manuales e historial de mantenimiento. Este formato almacena la información sobre las fechas de operaciones, tipos de mantenimientos realizados con su tiempo de ejecución, si es con personal interno o externo, resultados obtenidos del mantenimiento, y costos. Adicionalmente, se diseñó una propuesta de plan de mantenimiento preventivo en el cual se encuentra una lista de tareas que deberán ser cumplidas por parte de los operarios de mantenimiento.

Finalmente, la propuesta aquí planteada cuenta con una consideración para implementarse de (1) un año, ya que en ese periodo el departamento de coordinación de los laboratorios deberá hacer seguimiento de los indicadores y de

acuerdo, a los resultados obtenidos se determinará la eficiencia de la implementación de este programa de mantenimiento preventivo. Es importante que la institución registre los costos de mantenimiento y calcule el resultado en cuanto a inversión de mantenimiento con el programa de mantenimiento y sin el programa mantenimiento preventivo, para que se pueda realizar una trazabilidad de lo invertido en mantenimiento y compararlo con la inversión inicial y la depreciación anual del equipo esto para que el punto de intersección de esas 2 gráficas sea un punto de toma de decisión de renovación del equipo o realizar rediseños de ingeniería para la mejora de este.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACIEM. (2018). (Evaluación de Gestión, Ejecución, Costos, Entorno y Formación). Retrieved from https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Especial/Escrito/Cartilla_Mantenimiento_Colombia.pdf
- Al-Najjar, B. (2007). The lack of maintenance and not maintenance which costs: A model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 260–273. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.005>
- Alsyouf, I. (2004). *El costo de las ventajas competitivas del mantenimiento eficaz* (Tommy libr). Suecia.
- Córdoba Sosa, wilmer F. (2014). ACTUALIZACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS PETROLEROS UTILIZADOS POR LA EMPRESA SOCIEDAD TECNICA DE LA INDUSTRIA PETROLERA S.A.S UBICADA EN ORITO PUTUMAYO. Retrieved from <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2290/1/32100.pdf>
- Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial* (primera ed; S. A. D. C. V. GRUPO EDITORIAL PATRIA, C. S. J. T. Renacimiento 180, & D. . Delegación Azcapotzalco, Código Postal 02400, México, Eds.). México.
- Egresados, U.-201820. C. de. (2018). *Encuesta a egresados del programa de Ingeniería Mecánica UPB Montería*. Montería, Córdoba.
- GARCÍA, S. M. (2017). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA ESTRUCTURAS DEL KAFEE*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- GONZALES, L. (2016). *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa latercer s.a.c.* 1–102. Retrieved from http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/830/1/TL_GonzalesGuzmanJorgeLuis.pdf

- Joya Rodríguez, E. A. (2012). diseño e implementación del plan de manteamiento en la empresa mixer Limitada.
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2012). The role of maintenance regarding improving product quality and company's profitability: A case study. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 45(31), 7–12. <https://doi.org/10.3182/20121122-2-ES-4026.00040>
- Práctica., formato de inscripción del estudiante a la. (2019). *Estadísticas Estudiantes trabajndo en el area de mantenimiento*. Montería, Cordoba.
- RAMOS SPARROW, J. O. (2017). *AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A LAS MAQUINARIAS DE LA EMPRESA ATLANTA METAL DRILL S.A.C.*
- Ruiz Pinzon, J. D. (2009). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA INVERGLOBAL INC LTDA.*
- Sacristán, F. R. (2001). *Manual de Mantenimiento Integral de La Empresa.pdf* (p. 462). p. 462. Madrid: Fundacion confemetal.
- Torres, L. D. (2005). *Mantenimiento implementacion y su gestion.pdf* (SEGUNDA ED; VERITAS, Ed.). ARGENTINA.
- Villegas Arenas, J. C. (2019). *propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa Manfer S.R.L. Contratistas Generales* (Universidad Catolica San Pablo). <https://doi.org//10.10/aswd-a>

7. ANEXOS

ANEXO 1 PERSONALIZACIÓN DE ACTIVOS FIJOS

	Universidad Pontificia Bolivariana	PERSONALIZACIÓN DE ACTIVOS FIJOS Código: AF-FO-001N Versión: 2					
Fecha de elaboración:		martes, 30 de enero de 2018					
Inventario realizado por:		José Rodríguez Yáñez					
INFORMACIÓN LABORAL							
Nombres y Apellidos		TORRES ARROYO AMAURY RAFAEL					
Cédula de ciudadanía		78699889	ID	65300			
Correo electrónico		amaury.torres@upb.edu.co / laboratorios.monteria@upb.edu.co					
Jefe-Coord. de unidad		GOEZ GUTIÉRREZ ROGER	ID	16714			
INFORMACIÓN DEPENDENCIA O FACULTAD							
Dependencia o Unidad		LABORATORIO INGENIERÍA MECÁNICA					
Cargo		Coordinador Administrativo		Teléfono			
Centro de Costos		TRLM	Tipo Of.	Ubicación		T2115	
ACTIVOS ASIGNADOS							
No. INVENTARIO	DETALLES (NOMBRE ACTIVO)	TIPO ACT.	MARCA	SERIAL	UBIC. ACT.		
	LABORATORIO MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS						
N0000844 8	CARGADOR PARA BATERÍA C3 6V- 12V BOSCH	MA	ROSH COMPLIA T	NO TIENE		T2112	

N0000844 6	CALADORA 720W 500-3000RPM	MA	MILWAUK EE	C56AD1147225 1	T2115
N0000861 2	PULIDORA-AC	MA	BLACK&D ECKER	NO TIENE	T2115
N0000861 3	PULIDORA-AC	MA	DEWALT	NO TIENE	T2115
N0000861 4	MOTOR-AC	MA	TRUPER	NO TIENE	T2115
N/A	TIJERA DE CORTE DE LAMINA 12 PULGADAS	MA	TRUPER	NO TIENE	T2115
N/A	FLEXOMETRO DE 5 METROS	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	2 NIVELES	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	7 DESTORNILLADOR ES MIXTOS	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N0000002 2	TORNO INDUSTRIAL-AF	MA	WINSTO N	1204148,00	T2115
N0000002 1	TALADRO FRESADORA DE COLUMNA-AF	MA	UNIVERS AL	120519,00	T2115
N0000861 5	TALADRO PEDESTAL-AC	MA	BAUKER	T0002	T2115
N0000861 6	TALADRO PEDESTAL-AC	MA	BAUKER	T0001	T2115
T3463	TALADRO FRESADORA DE COLUMNA-CON	MA	DEWALT	NO TIENE	T2115
N0000002 7	TORNO INDUSTRIAL CONTROL NUMÉRICO REF CAK4085-AF	MA	SMTCL	A31102160	T2115
N/A	4 PRENSAS DE 5"	MA	CRAFTS MAN	NO TIENE	T2115
N/A	1 PRENSA DE 8 "51855	MA	URSUS	NO TIENE	T2115
N0000865 3	ESMERIL MODELO BT3600-B3-AC	MA	BLACK&D ECKER	NO TIENE	T2115

N0000865 4	ESMERIL MODELO BT3600-B3-AC	MA	BLACK&D ECKER	NO TIENE	T2115
N0000865 5	ESMERIL MODELO BT3600-B3-AC	MA	BLACK&D ECKER	NO TIENE	T2115
N0000865 6	ESMERIL MODELO BT3600-B3-AC	MA	BLACK&D ECKER	NO TIENE	T2115
N/A	JUEGO HERRAMIENTAS PARA FRESA MODULO 3 SEGÚN ORDEN D COMPRA P0004522	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N0000865 8	PULIDORA-AC	MA	DEWALT	153868,00	T2115
N/A	4 PESOS DE RELOJ 200 KG	MA	EL REY	NO TIENE	T2115
N/A	3 PORTA MOCHUELOS DE 1/4 A 3/4 "	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	2 PINZAS PUNTIAGUDAS	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	4 JUEGOS DE LLAVES L	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	1 LLAVE DE PRESIÓN (MACHO SOLO)	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	5 JUEGOS DE LLAVES RACHER EN DADOS COMPLETOS (1 GRANDE, 3 MEDIANOS Y 1 PEQUEÑO EN MALETÍN PLÁSTICO)	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115
N/A	4 ARCOS DE SEGUETAS	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115
N/A	1 ARCO DE SEGUETAS	MA	MP TOOLS	NO TIENE	T2115
N/A	1 LLAVES DE EXPANSIÓN	MA	RED LINE	NO TIENE	T2115

N/A	TORNO INDUSTRIAL (EN REPARACIÓN POR ESTUDIANTES)	MA	C8C	NO TIENE	T2115
N/A	4 JUEGOS DE LLAVES POR 8 UNIDADES C/U	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115
N/A	3 LLAVES 22 MILÍMETROS	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115
N/A	3 LLAVES 7 OCTAVOS	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115
N/A	1 LLAVES TUBOS	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	6 ESCUADRAS EN METAL (1 DAÑADA)	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115
N/A	10 CASCOS INDUSTRIALES AMARILLOS	MA	ZUBI-OLD	NO TIENE	T2115
N/A	8 CASCOS PARA SOLDAR	MA	FORTE	NO TIENE	T2115
N/A	4 CARETAS TRANSPARENTES	MA	RANGER	NO TIENE	T2115
N/A	1 MONAS	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N00006529	AIRE ACONDICIONADO PISO TECHO 60.000 BTU	MA	STARLIGHT	C10126536021 0A29130043	T2115
N/A	1 ARCHIVADORES EN FORMICA CUATRO PUERTAS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	UN ARCHIVADOR FOLDERAMA METÁLICO	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	TABLERO EN ACRÍLICO BLANCO DE PARED	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	4 CALIBRADORES PIE DE REY	MA	CRIP TOOLS	NO TIENE	T2115
N/A	1 FALSAS ESCUADRAS	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115

N/A	4 CENTROS PUNTO	MA	STANLEY	NO TIENE	T2115
N/A	3 LAPICEROS DE TRAZAR	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	MESA DE TRABAJO BASE EN HIERRO CON SUPERFICIE EN TABLET PRENSADO	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	4 LIMAS PLANAS	MA	RED LINE	NO TIENE	T2115
N/A	3 LIMAS RABO DE RATA	MA	RED LINE	NO TIENE	T2115
N/A	2 LIMAS TRIANGULARES	MA	RED LINE	NO TIENE	T2115
N/A	2 LIMAS MEDIA CAÑA	MA	RED LINE	NO TIENE	T2115
N/A	3 PORTATERRAJA	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	MICRÓMETRO	MA	SOMET	251420,00	T2115
N/A	2 ESTANTES METÁLICOS	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	MANDRIL EN ACERO INOX DE 12" VINO CON EL TORNO	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	MOTOR ELÉCTRICO HP 0.5	MA	SIEMENS	NO TIENE	T2115
N/A	ESTANTE EN FORMICA CON 5 ENTREPAÑOS METÁLICOS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2115
	LABORATORIO DE METALOGRAFÍA				
N0000732 3	AIRE ACONDICIONADO TIPO PISO TECHO-AF	MA	CIAC CARRIER	926602000101 3,00	T2116
T3479	MUFLA-AF	MA	INDUSTRIAS TERRÍGE	375,00	T2116

			NO		
N/A	ARCHIVADOR VERTICAL EN FORMICA 4 PUERTAS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2116
N/A	5 BANCOS EN MADERA	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2116
N/A	2 PULIDORAS DE METAL HECHIZAS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2116
N/A	3 TIJERAS GRANDES DE OFICINA	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2116
T2529	MICROSCOPIO	MA	OLYMPUS	9H12219	T2116
	LABORATORIO DE TÉRMICAS				
T4026	CONTROL TÚNEL DE VIENTO-AF	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2117
N/A	ARCHIVADOR VERTICAL EN FORMICA 4 PUERTAS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2117
N0000866 2	LIGHT METER LUX-AC	MA	SPER SCIENTIFIC 840020	Q414054	T2117
N0000866 4	BALANZA ELECTRÓNICA-AC	MA	AE ADAM	AE 431179	T2117
N0000866 5	PIRANÓMETRO-AC	MA	LI-COR	PY60365	T2117
T4053	AIRE ACONDICIONADO CENTRAL-AF	MA	LENNOX	C10126307021 0A1830058	T2117
N0000866 6	FILTRO OXIGENADOR-AC	MA	POWER LIFE	NO TIENE	T2117
N/A	2 MESAS EN FORMICA CON BASE METÁLICA	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2117
N0000866 7	BOMBA DE ACUARIO-AC	MA	MÁXIMA	NO TIENE	T2117
N/A	2 MECHEROS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2117
N/A	1 BASURERA	ME	NO	NO TIENE	T2117

			TIENE		
N00008668	ELECTROBOMBA-AC	MA	EVANS	2011100727,00	T2117
N/A	TABLERO EN ACRÍLICO BLANCO DE PARED	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2117
	LABORATORIO DE FLUIDOS				
T4277	EQUIPO DE ESTUDIO DE BOMBA EN SERIE Y PARALELO-AF	MA	GUNT HAMBURG	205445,00	T2126 A
T4276	EQUIPO BANCO BÁSICO PARA HIDRODINÁMICA-AF	MA	GUNT HAMBURG	205444,00	T2126 A
T4278	EQUIPO CANAL DE ENSAYOS FLUJO ABIERTO Y CERRADO-AF	MA	GUNT HAMBURG	205446,00	T2126 A
T4275	EQUIPO BANCO EXPERIMENTAL HIDRODINÁMICO-AF	MA	GUNT HAMBURG	205443,00	T2126 A
N00000990	EQUIPO MODELO TURBINA FRANCIS	MA	GUNT HAMBURG	210340,00	T2126 A
N00000991	EQUIPO DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN LÍQUIDOS	MA	GUNT HAMBURG	210338,00	T2126 A
N00000992	EQUIPO MODELO TURBINA PELTON	MA	GUNT HAMBURG	210339,00	T2126 A
N/A	ESCRITORIO EN MADERA CON 1 GAVETA	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2126 A
N/A	ARCHIVADOR VERTICAL EN FORMICA 4 PUERTAS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2126 A
N/A	ESCRITORIO TIPO L EN FORMICA CON ARCHIVADOR	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2126 A

	METÁLICO				
N/A	1 SILLAS GIRATORIAS ERGONÓMICAS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2126 A
N/A	2 VENTILADORES DE TECHO	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2126 A
N/A	1 BASURERAS	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2126 A
	TALLER DE SOLDADURA				
N00008657	ESMERIL-AC	MA	DEWALT	NO TIENE	T2115
N00005089	EQUIPO DE SOLDADURA PARA MIG-AF	MA	NEO	ITE 9250	T2115
T0747	EQUIPO DE SOLDADURA-AF	MA	LINCOLN ELECTRIC	10426,00	T2115
N/A	CADENA SEÑORITA	MA	SHAIN	NO TIENE	T2115
N00008659	EXTRUSADORA HECHIZA GRANDE MOTOR 5 HP-AC	MA	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N00008660	EXTRUSADORA HECHIZA PEQ. MOTOR 3HP-AC	MA	GIRO-TURNA	NO TIENE	T2115
N/A	VENTILADOR DE TECHO	ME	KDK	NO TIENE	T2115
N/A	MESA GRANDE TIPO ESCRITORIO CON BASE METALICA	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N/A	MESA GRANDE CON BASE METALICA TRABAJO PESADO	ME	NO TIENE	NO TIENE	T2115
N00004077	SIERRA SINFÍN DE 7" CORTA TUBERÍA Y METALES SOLIDO	MA	METAL BAND SAW	A13040899	T2115
N00005092	EQUIPO DE SOLDADURA	MA	EXTREME	14044430069,00	T2115

	PORTATIL PARA TIG-AF			WELDER		
N/A	PRENSA METALICA NO. 6		MA	URSUS	NO TIENE	T2115
N/A	PRENSA METALICA NO. 3		MA	URSUS	NO TIENE	T2115
ÚTILES DE ESCRITORIO Y OFICINA (Indique la cantidad al frente de cada ítem)						
Cosedora	N O	Teléfono	NO	Basurera	NO	1. 2. 3.
Legajadora	N O	Portalápices	NO	Ventilador	NO	
Sacagrapas	N O	Papelera	NO	Tijeras	NO	
Se hace entrega física de Plegable con Resolución Rectoral No 057 del 3 DE AGOSTO DE 2017 - Disposición para el control y manejo de Activos Fijos						
NOTA DE COMPROMISO	Conozco y acepto lo dispuesto en la Resolución Rectoral No. 057 DEL 3 DE AGOSTO DE 2017, sobre el manejo y control de los bienes asignados a mi custodia y responderé con mi propio pecunio en caso de comprobar impericia en los daños o perdidas en los bienes asignados.					
Jose Rodríguez Yánez		TORRES ARROYO AMAURY RAFAEL				
Técnico de Activos Fijos		C.C.		78699889		
PAZ Y SALVO						
SEÑALE CON UNA X EL MOTIVO DEL PAZ Y SALVO			TRAS LADO		RETIRO	
Fecha de elaboración:				Hora de elaboración:		
Inventario revisado por:					ID	
Administrador de Activos:					ID	
Custodio de Activos:					ID	
Observaciones:						
Nombre y Cargo responsable Activos Fijos				Vo. Bo:		

Tabla 9 personalización de activos fijos. fuente: coordinación de laboratorios.

ANEXO 2 LISTADO DE LA CALIFICACIÓN DE EQUIPOS

NUMERO	NOMBRE DEL EQUIPO	USABILIDAD		PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO		COMPLEJIDAD DEL MANTENIMIENTO		RESULTADO
N00008446	CALADORA 720W 500-3000RPM	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
N00008612	PULIDORA AC	4	30%	4	40%	2	30%	3,40
N00008613	PULIDORA AC	4	30%	4	40%	2	30%	3,40
N00008612	MOTOR AC	4	30%	4	40%	3	30%	3,70
N00000022	TORNO INDUSTRIAL -AF	4	30%	3	40%	4	30%	3,60
N00000021	TALADRO FRESADORA DE COLUMNA-AF	4	30%	3	40%	4	30%	3,60
N00008615	TALADRO PEDESTAL	4	30%	3	40%	3	30%	3,30
N00008616	TALADRO DE PEDESTAL -AC	4	30%	4	40%	3	30%	3,70
T3463	TALADRO FRESADORA DE COLUMNA-CON	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
N00000021	TORNO INDUSTRIAL CONTROL NUMÉRICO REF CAK4085-AF	3	30%	2	40%	5	30%	3,20
N00008653	ESMERIL MODELO BT3600-B3-AC	4	30%	4	40%	3	30%	3,70
N00008654	ESMERIL MODELO BT3600-B3-AC	4	30%	3	40%	3	30%	3,30
N00008655	ESMERIL MODELO BT3600-B3-AC	4	30%	3	40%	3	30%	3,30
N00008658	PULIDORA -AC	4	30%	4	40%	3	30%	3,70
N/A	MOTOR ELÉCTRICO 0 5HP	3	30%	2	40%	2	30%	2,3
LABORATORIO DE METALOGRAFÍA								
N/	PULIDORA DE METAL	4	30%	2	40%	2	30%	2,60
T2529	MICROSCOPIO	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
LABORATORIO DE TÉRMICAS								
N00008664	BALANZA	4	30%	2	40%	1	30%	2,30

	ELECTRÓNICA-AC							
N00008665	PIRANÓMETRO-AC	2	30%	3	40%	2	30%	2,00
N00008667	BOMBA DE ACUARIO-AC	2	30%	2	40%	2	30%	2,00
N00008668	ELECTROBOMB A-AC	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
LABORATORIO DE FLUIDOS								
T4277	EQUIPO DE ESTUDIO DE BOMBA EN SERIE Y PARALELO	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
T4276	EQUIPO BANCO BÁSICO PARA HIDRODINÁMIC A-AF	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
T4278	EQUIPO CANAL DE ENSAYOS FLUJO ABIERTO Y CERRADO-AF	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
T4275	EQUIPO BANCO EXPERIMENTAL HIDRODINÁMIC O-AF	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
N00000990	EQUIPO MODELO TURBINA FRANCIS	3	30%	4	40%	4	30%	3,70
N00000991	EQUIPO DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN LÍQUIDOS	3	30%	4	40%	4	30%	3,70
N00000992	EQUIPO MODELO TURBINA PELTON	3	30%	4	40%	3	30%	3,40
TALLER DE SOLDADURA								
N00008657	ESMERIL-AC	4	30%	3	40%	4	30%	3,60
N00005089	EQUIPO DE SOLDADURA PARA MIG-AF	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
T0747	EQUIPO DE SOLDADURA-AF	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
N00008659	EXTRUSADORA HECHIZA GRANDE MOTOR 5HP-AC	2	30%	3	40%	4	30%	3,00
N00008660	EXTRUSADORA HECHIZA PEQUEÑA	2	30%	3	40%	4	30%	3,00

	MOTOR 3HP-AC							
N00000509 2	SIERRA SIN FIN DE 7" CORTA TUBERÍA Y METAL SOLIDO	3	30%	4	40%	4	30%	3,70
N00005092	EQUIPO DE SOLDADURA PORTATIL PARA TIG-AF	4	30%	4	40%	4	30%	4,00
N00016749	EQUIPO PORTATIL SOLDADURA LINCOLN	4	30%	4	40%	4	30%	4,00

LABORATORIO ENERGÍAS RENOVABLES								
N00005393	BOMBA DE VACÍO-TYPES- CONVENIO 753- 2013	2	30%	2	40%	2	30%	2
N00007538	MAQUINA PELETIZADORA -TYPES- CONVENIO 753- 2013	2	30%	4	40%	4	30%	3,4
N0009580	PLANTA GASIFICADORA DE BIOMASA	3	30%	4	40%	4	30%	3,7
N00011243	PLANTA ELÉCTRICA KDE6500E3 DE 60 Hz 4T DIESEL	4	30%	4	40%	4	30%	4
N00010455	MOTOR ELÉCTRICO -AF	3	30%	4	40%	4	30%	3,7

Tabla 10 tabla de los criterios para la selección de los equipos de laboratorio, fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3 FORMATO DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS

 Universidad Pontificia Bolivariana	HOJA DE INSPECCIÓN PARA EQUIPOS DE LABORATORIO		
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO:			
SERIAL:			
MODELO:			
N°INVENTARIO:			
MARCA:			
VOLTAJE:			
GARANTÍA:			
MANTENIMIENTO			
PERSONAL ENCARGADO DE MANTENIMIENTO		OBSERVACIONES GENERALES	
INTERNO:	EXTERNO:		
TIPO DE MANTENIMIENTO			
CORRECTIVO:	PREVENTIVO:		
EMPRESA DE MANTENIMIENTO		PERIODICIDAD DE USO	
		MENSUAL:	SEMESTRAL
		ANUAL:	POR DEMANDA: X
COMPONENTES CRÍTICOS			
NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES.	

Tabla 11 formato para inspección de equipos, fuente: Elaboración propia.

ANEXO 4 FORMATO HOJA DE VIDA PARA EQUIPOS

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana</p>	LABORATORIO							
HOJA DE VIDA								
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO								
NOMBRE DEL EQUIPO:								
SERIAL:			FOTO					
MODELO:								
N°INVENTARIO:								
MARCA:								
VOLTAJE:								
FABRICANTE:								
GARANTÍA:								
FECHA DE CALIBRACIÓN:								
MANUAL	SI:	NO:						
COMPONENTES CRÍTICOS								
NOMBRE			CARACTERÍSTICAS			OBSERVACIONES.	REVISÓ	
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO								
FECHA					MANTENIMIENTO			
Día	Mes	Año	OPERACIONES	INTERNO	EXTERNO	RESULTADOS	COSTOS\$	

Tabla 12 formato hoja de vida para equipos, fuente: elaboración propia.

ANEXO 5 COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR EQUIPOS

Número	Equipo	Costo mano de obra por mantenimiento preventivo
1	Caladora	COP 32.000
2	Pulidora black & decker	COP 32.000
3	Pulidora DEWALT	COP 32.000
4	Torno industrial	COP 500.000
5	Taladro fresadora	COP 500.000
6	Taladro pedestal BAUKER	COP 60.000
7	Taladro pedestal BAUKER	COP 60.000
8	Taladro pedestal DEWALT	COP 60.000
9	Torno de control numérico	COP 600.000
10	Esmeril modelo bt3600	COP 32.000
11	Esmeril modelo bt3600	COP 32.000
12	Esmeril modelo bt3600	COP 32.000
13	Esmeril modelo bt3600	COP 32.000
14	Pulidora grande DEWALT	COP 36.000
15	Microscopio	COP 90.000
16	Light meter lux	COP 24.000
17	Balanza electrónica	COP 24.000
18	Electrobomba	COP 32.000
19	Equipo de estudio de bomba en serie y paralelo	COP 50.000
20	Equipo banco básico para hidrodinámica	COP 50.000
21	Equipo canal ensayo de flujos	COP 50.000
22	Equipo banco experimental	COP 50.000
23	Equipo modelo turbina Francis	COP 50.000
24	Equipo de presión hidrostática en líquidos	COP 20.000
25	Equipo modelo turbina Pelton	COP 20.000
26	Esmeril	COP 32.000
27	Equipo de soldadura para mig	COP 32.000
28	Equipo de soldadura Lincoln	COP 32.000
29	EXTRUSADORA hechiza grande	COP 20.000
30	EXTRUSADORA hechiza pequeña	COP 20.000
31	Sierra sin finde 7"	COP 20.000
32	Equipo de soldadura portátil	COP 20.000
33	Durómetro	COP 90.000

34	Micro durómetro	COP 90.000
35	planta gasificadora de biomasa	COP 90.000
36	Maquina universal de ensayos	COP 500.000
37	Maquina Briqueteadora	COP 32.000
38	Maquina peletizadora	COP 32.000
39	Planta eléctrica	COP 90.000
40	Equipo portátil de soldadura Lincoln	COP 32.000
	Total	COP 4'370.000

Tabla 13 costo en el mercado de mantenimiento preventivo por equipo. fuente : elaboración propia