

**FORTALECIMIENTO DEL APRENDIZAJE TÉCNICO A LA COMUNIDAD  
DE LA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA TÉCNICA “INEM”  
CARLOS ARTURO TORRES TUNJA, MEDIANTE LA ELABORACIÓN  
DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL TALLER DE METALMECÁNICA Y  
REALIZAR UN CURSO DE MANTENIMIENTO Y AUTODESK INVENTOR.**

**MIGUEL ANGEL ACOSTA NORATO**

**HECTOR RICARDO MORENO PEÑALOZA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
DIVISIÓN INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
TUNJA  
2019**

**FORTALECIMIENTO DEL APRENDIZAJE TÉCNICO A LA COMUNIDAD  
DE LA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN MEDIA TÉCNICA “INEM”  
CARLOS ARTURO TORRES TUNJA, MEDIANTE LA ELABORACIÓN  
DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL TALLER DE METALMECÁNICA Y  
REALIZAR UN CURSO DE MANTENIMIENTO Y AUTODESK INVENTOR.**

**MIGUEL ANGEL ACOSTA NORATO**

**HECTOR RICARDO MORENO PEÑALOZA**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Profesional en  
Ingeniería Mecánica**

**Director**

**CARLOS ALBERTO LEON MEDINA  
Ingeniero Electromecánico**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
DIVISIÓN INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
TUNJA  
2019**

Dedicamos el presente trabajo con todo nuestro corazón a nuestros padres, que han estado siempre a nuestro lado apoyándonos incondicionalmente, no solo en la realización de este proyecto, sino a lo largo de toda nuestra vida estudiantil, dándonos apoyo y fuerza en las diferentes etapas que trae la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos principalmente a Dios por darnos salud y vida. Además, lo máspreciado que tenemos, nuestros padres.

Agradecemos también de una manera muy especial al Ing. Calos León director de proyecto, por habernos facilitado toda la información y dirección necesaria para la realización del presente proyecto.

Al Ingeniero Nelson Iván Villamizar, por su incondicional ayuda prestada en el desarrollo de este trabajo; Ingeniero Fernando Acosta Joya por su disponibilidad y entrega en las intervenciones realizadas en el laboratorio metal-mecánica; Lic. Joaquín Mancipe por sus enlaces ante directivas de las instituciones

A la universidad Santo Tomas seccional Tunja, a la facultad de Ingeniería Mecánica, que siempre estuvieron con la mejor actitud y colaboraron para brindar todas sus capacidades para desarrollar con éxito el presente proyecto.

Miguel Ángel Acosta Norato

Héctor Ricardo Moreno Peñaloza

## CATALOGACIÓN EN LA FUENTE

ACOSTA NORATO, MIGUEL ANGEL Y MORENO PEÑALOZA, HECTOR RICARDO

*Fortalecimiento del aprendizaje técnico a la comunidad de la institución de educación media técnica "INEM" Carlos Arturo Torres Tunja, mediante la elaboración del plan de mantenimiento del taller de metalmecánica y realizar un curso de mantenimiento y autodesk inventor / Héctor Ricardo Moreno Peñaloza y Miguel Ángel Acosta Norato; director Carlos Alberto León Medina. – Tunja, 2019.*

Trabajo de grado (Profesional en Ingeniería Mecánica). – Universidad Santo Tomás. División de ingenierías y arquitectura. Facultad de ingeniería mecánica, 2019. Incluye referencias bibliográficas. 1. INDUSTRIAL MAINTENANCE ENGINEERING 2. INTERNET (RED DE COMPUTADORES) --ASPECTOS EDUCATIVOS 3. TRABAJO PARA LA FUNCIÓN MANTENIMIENTO 4. MODELO DE REFERENCIA OPERACIONAL 5. MAINTENANCE MANAGEMENT PROGRAM THROUGH THE IMPLEMENTATION OF PREDICTIVE TOOLS 6. KNOWLEDGE MANAGEMENT AND ITS APPLICATION TO THE INDUSTRIA... Moreno Peñaloza, Héctor Ricardo II. Acosta Norato, Miguel Ángel III. León Medina, Carlos Alberto, Dir.

A menos que se informe de otra manera esta obra está licenciada bajo una Licencia Attribution-ShareAlike 2.5 Colombia de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/co/> o para cualquier inquietud comuníquese con los autores:

Hector Moreno - [morenop.97@gmail.com](mailto:morenop.97@gmail.com)  
miguel.acosta@usantoto.edu.co  
[https://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](https://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Licencia seleccionada  
Reconocimiento-SinObraDerivada 4.0 Internacional



2019

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Tunja, febrero 21 de 2019

## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| RESUMEN.....  | 10   |
| INTRODUCCIÓN.....   | 12   |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                                | 13   |
| 1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....                              | 13   |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                                | 13   |
| 2. JUSTIFICACIÓN .....  | 13   |
| 3. OBJETIVOS.....   | 14   |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL .....                                       | 14   |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                  | 14   |
| 4. MARCO DE REFERENCIA .....                                      | 15   |
| 4.1. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL .....                             | 15   |
| 4.1.1. Conceptos. ....  | 15   |
| 4.1.1.1. Mantenimiento Preventivo.....                            | 15   |
| 4.1.1.2. Mantenimiento Predictivo.....                            | 16   |
| 4.1.2. Científico y Tecnológico.....                              | 17   |
| 4.1.2.1. Plan de Mantenimiento. ....                              | 18   |
| 4.1.2.2. Programa de Mantenimiento Preventivo. ....               | 20   |
| 4.1.2.3. Programa de Mantenimiento Correctivo. ....               | 20   |
| 5. DISEÑO DEL PROGRAMA.....                                       | 21   |
| 5.1. METODOLÓGIA.....   | 21   |
| 5.1.1. Evaluación.....  | 21   |
| 5.1.1.1. Antigüedad de la instalación. ....                       | 21   |
| 5.1.1.2. Diagnóstico de la situación actual del laboratorio. .... | 22   |
| 5.1.1.3. Análisis de las máquinas y herramientas. ....            | 23   |
| 5.2. RECOLECCIÓN DE DATOS .....                                   | 23   |
| 5.2.1. Zona de torneado.....                                      | 24   |
| 5.2.3. Zonas restantes. ....                                      | 36   |
| 5.3. El Costo de Mantenimiento de máquinas herramientas .....     | 38   |
| 5.3.1. ¿Qué tenemos que hacer para alcanzar este ahorro? .....    | 39   |
| 5.4. Costo reemplazo del equipo .....                             | 39   |
| 5.4.1. Tornos fijos paralelos swhiss deco.....                    | 40   |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5.4.2. Tornos fijos paralelos imocom imoturn .....</b> | <b>41</b> |
| <b>5.5. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA CURRICULAR .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>5.5.1. Guía metodológica.....</b>                      | <b>41</b> |
| <b>5.5.1.1. Mantenimiento básico. . .....</b>             | <b>43</b> |
| <b>5.5.1.2. Autodesk Inventor nivel básico. ....</b>      | <b>46</b> |
| <b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                    | <b>47</b> |
| <b>7. CONCLUSIONES.....</b>                               | <b>54</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>                                  | <b>55</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                       | <b>57</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Figura. 1. Los cinco pilares del TPM .....   | 18          |
| Figura 2. Laboratorio de Metalmecánica.....  | 22          |
| Figura 3 Plano del taller de metalmecánica. INEM.....                              | 24          |
| Figura 4. Laboratorio de Metalmecánica.....  | 25          |
| Figura 5 Torno paralelo – Laboratorio metalmecánica INEM.....                      | 26          |
| Figura 6. Fresadora Vertical – Laboratorio de metalmecánica. INEM.....             | 28          |
| Figura 7. Fresadora Vertical – Laboratorio de metalmecánica. INEM.....             | 30          |
| Figura 8. Torno paralelo – Laboratorio de metalmecánica. INEM.....                 | 35          |
| Figura 9. Equipo de soldadura por puntos – Laboratorio de metalmecánica. INEM..... | 36          |
| Figura 10. Segueta industrial – Laboratorio de metalmecánica. INEM.....            | 36          |
| Figura 11. Pulidora industrial – Laboratorio de metalmecánica. INEM.....           | 36          |
| Figura 12. Taladro Vertical – Laboratorio de metalmecánica. INEM.....              | 37          |
| Figura 13. Torno SWHISS DECO .....   | 40          |
| Figura 14. Torno IMOCOM.....   | 41          |
| Figura 15, Jabón tallado por estudiantes. ....                                     | 45          |
| Figura 16. Menú plan de mantenimiento.....   | 49          |
| Figura 17. Menú distribución de laboratorio.....                                   | 50          |
| Figura 18. formatos individuales maquinas.....                                     | 50          |
| Figura 19. Curso diseño básico mantenimiento.....                                  | 51          |
| Figura 20. Sesión del curso de mantenimiento básico – examen final.....            | 51          |
| Figura 21. Sesión de Autodesk inventor – Sesión de aprendizaje del software. ....  | 52          |
| Figura 22. Diseño de pieza de jabón en Autodesk inventor.....                      | 52          |
| Figura 23. Sesión de aprendizaje – Curso de Autodesk Inventor.....                 | 53          |
| Figura 24. Sesión del curso de Autodesk inventor – examen final.....               | 53          |

## LISTA DE TABLAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1. Inventario general y codificación.....                    | 21          |
| Tabla 2. Torno paralelo T IMOR 305 T .....                         | 25          |
| Tabla 3. Torno paralelo T IMOR 306 T.....                          | 25          |
| Tabla 4. Torno paralelo T IMOR 307 T.....                          | 26          |
| Tabla 5. Torno paralelo T IMOR 308 T.....                          | 26          |
| Tabla 6. Torno paralelo T IMOR 309 T.....                          | 27          |
| Tabla 7. Torno paralelo T IMOR 310 T.....                          | 28          |
| Tabla 8. Torno paralelo T IMOR 311 T.....                          | 29          |
| Tabla 9. Torno paralelo TCCHR 3 01 T.....                          | 30          |
| Tabla 10. Torno paralelo TCCHR 3 02 T.....                         | 31          |
| Tabla 11. Torno paralelo TCCHR 3 03 T.....                         | 32          |
| Tabla 12. Torno paralelo TCCHR 3 04 T.....                         | 33          |
| Tabla 12. Fresadora F 201 F.....                                   | 34          |
| Tabla 14. Fresadora F 202 F.....                                   | 35          |
| Tabla 15. Lista de estudiantes.....                                | 43          |
| Tabla 16. Estudiantes admitidos al curso de Autodesk Inventor..... | 44          |
| Tabla 17. Guía metodológica.....                                   | 45          |
| Tabla 18. Currículo Autodesk Inventor.....                         | 46          |

## RESUMEN

El presente proyecto nace de una iniciativa de proyección social de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad SANTO TOMAS – Seccional Tunja queriendo fortalecer el impacto social de la ciudad de Tunja.

El colegio INEM, Carlos Arturo Torres, es una institución de educación media con modalidades técnicas, como: educación industrial – metalmecánica. La institución cuenta con un laboratorio de maquinaria industrial donde los estudiantes realizan las prácticas para adquirir los conocimientos necesarios para luego determinar su educación media se puedan incorporar en la vida laboral.

El laboratorio de metalmecánica de colegio INEM, ha estado en funcionamiento desde su inauguración, pero ha carecido de todo tipo de mantenimiento a sus máquinas herramientas. Por lo cual, en convenio de parte de proyección social de la Universidad SANTO TOMAS – seccional Tunja, Facultad de Ingeniería Mecánica y el Colegio INEM, Carlos Arturo Torres, se desarrolló un modelo de plan de mantenimiento que reflejo el diagnóstico de las maquinas herramientas presentes en el laboratorio para determinar el estado actual y análisis técnico que detallara el plan de mantenimiento correspondiente para cada máquina herramienta o establecer si alguna maquina existente se encuentra para desintegración total. Además, crear el inventario general de la maquinaria para tener control del mismo con su respectiva codificación. Para luego, crear y diseñar el modelo de plan de mantenimiento con los datos obtenidos en el programa Microsoft office Excel, el cual permitirá el mejor manejo de información existente y el registro de nueva maquinas herramientas si se adquieren, utilizando formatos que ayudaran a la mejor implementación del plan de mantenimiento.

Para el aprovechamiento del modelo del plan de mantenimiento que no solo busca la parte técnica en el laboratorio, sino también, de los estudiantes que son los principales ejecutores de las maquinas herramientas. Se capacito a un grupo selecto de los mejores estudiantes de noveno grado, en un curso básico de mantenimiento para que puedan entender la importancia de planear, cuidar y dar buen uso a los equipos industriales. Adicional, un curso básico de Autodesk inventor que les permitirá a los estudiantes desempeñar sus ideas en un software de diseño mecánico y así poderlo crear físicamente en el laboratorio de metalmecánica.

Como resultados se estableció el mantenimiento más idóneo para cada máquina herramienta. Por la antigüedad de las maquinas el mayor porcentaje esta para mantenimiento correctivo: el restante quedara para ser donador y complemente desintegración.

El modelo del plan de mantenimiento se recopilo toda la información obtenida de los diagnósticos, se hicieron hojas de vida, procedimientos de rutina y mantenimiento, fichas técnicas, ordenes de trabajo, entre otras. Para entregarle al colegio al detalle de cada máquina herramienta. Toda la información recopilada, análisis, formatos y modelo del plan de mantenimiento quedo en el programa Excel que se creó por los integrantes de este proyecto.

La capacitación de mantenimiento básico se realizó a 23 estudiantes: 20 estudiantes de noveno grado y 3 de ultimo grado de bachillerato. Se enfatizó en el mantenimiento desde su historia hasta lo más actual, tipos de mantenimiento y pilares de mantenimiento. El porcentaje de evaluación fue: talleres en clase 35%, talleres independientes 35%, examen final 30%. El curso lo aprobaron 16 estudiantes, por lo cual, ellos siguieron al curso de Autodesk Inventor. Al finalizar el curso, los estudiantes obtuvieron los conocimientos básicos de mantenimiento como se esperaba. El curso de Autodesk Inventor se desarrolló con gran éxito porque se puedo evidenciar la motivación de los estudiantes por plasmar sus ideas en un software de diseño mecánico. El porcentaje de evaluación fue: talleres en clase 70%, examen final 30%. Fueron 16 estudiantes y todos aprobaron con grandes resultados.

El Colegio INEM, Carlos Arturo Torres, mediante sus representantes manifestó quedar muy satisfecha con la labor hecha en la institución, agradeciendo a la Universidad SANTO TOMAS – seccional Tunja y la Facultad de Ingeniería Mecánica. Queriendo continuar con el proceso de mejora del laboratorio de metalmecánica.

## INTRODUCCIÓN

La educación cumple con un importante desafío en el crecimiento de los jóvenes que son el futuro de la sociedad. Las instituciones técnicas, no solo ayudan a los estudiantes en su preparación académica y social para la vida, sino que los prepara para un óptimo desempeño en el mundo productivo y laboral que los espera colmado de constantes mejoras y desafíos profesionales.

El colegio Carlos Arturo Torres – INEM, es una institución que a lo largo de sus 47 años de su existencia se soporta en la oferta seria y responsable de programas Técnicos y Académicos; proporcionando a los estudiantes la autonomía que le permite aprender a ser, aprender a hacer, y aprender a convivir para generar su transformación y la de su entorno. Así garantizando la formación de sus egresados como personas autónomas que contribuyen a la sana convivencia, ingresando por lo menos el 50% al mercado laboral o a la educación superior con apoyo de la sociedad y de las autoridades locales.

La institución cuenta con diferentes modalidades en educación industrial como: metalmecánica, electricidad y electrónica. Cada modalidad cuenta con un laboratorio donde se instruye a los estudiantes. A lo largo de su existencia, los laboratorios han sido buenas herramientas para el aprendizaje de la gran cantidad de estudiantes que han pasado a lo largo de su trayectoria y como tal, se han deteriorado dificultando la correcta enseñanza de los mismos. La Universidad SANTO TOMÁS, seccional Tunja en conjunto con la Facultad de Ingeniería Mecánica y la institución Carlos Arturo Torres – INEM, han hecho un convenio para realizar un diagnóstico y modelo de plan de mantenimiento del laboratorio de metalmecánica, detallando el estado actual de cada máquina herramienta, inventario general, propuesta de costos y diseño del plan de mantenimiento. Además de capacitar a el docente y estudiantes de noveno grado para tener un mejor manejo de los recursos físicos del establecimiento.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Todas las empresas se han encontrado sometidas a una gran presión para competir y mantenerse en el mercado como consecuencia, entre otras cosas, del constante desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías, de la globalización empresarial, de unos consumidores cada vez más informados y exigentes y de unos competidores muy preparados a la vez que innovadores. Hacer frente a este contexto tan dinámico y hostil obliga a los empresarios y directivos a estar continuamente tomando decisiones de cambio con el objetivo de que sus empresas se adapten y evolucionen en la dirección adecuada para poder seguir siendo competitivas en el futuro. Gestionar los cambios con éxito es una habilidad clave para la supervivencia de las empresas y requiere la existencia de una cultura de cambio, así como de disponer de los recursos y herramientas necesarias para llevar a buen término estas arduas decisiones.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La institución de Educación Media Técnica del Departamento de Boyacá (colegio INEM Carlos Arturo torres, Tunja), es ineficiente con la estructuración de planes de mantenimiento, además de conocimientos en Software de modelación en sus laboratorios de metalmecánica.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Se busca implementar los conocimientos adquiridos de la Facultad de Ingeniería Mecánica en el desarrollo de un modelo de plan de mantenimiento en la institución de Educación Media Técnica del Colegio INEM, Carlos Arturo Torres, el cual no cuenta con planes de mantenimiento del laboratorio de metalmecánica. Asimismo, se capacitará a los estudiantes en el manejo de software de simulación y modelado de AUTODESK INVENTOR BÁSICO. Además, un curso de MANTENIMIENTO BÁSICO, puesto que es de gran importancia en la formación de futuros bachilleres técnicos, ya que serán en la práctica usuarios y responsables de la implementación de los planes propuestos, buen uso y correcto mantenimiento de los equipos del taller de metalmecánica.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar un modelo de plan de mantenimiento al taller de metalmecánica del Colegio INEM, Carlos Arturo Torres.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar un diagnóstico general del estado actual de los equipos del laboratorio de la especialidad de metalmecánica del colegio en mención.
- Realizar un inventario general de todos y cada uno de los equipos registrados en el respectivo laboratorio.
- Diseñar un modelo de plan de mantenimiento con base en los datos obtenidos.
- Dirigir cursos para el manejo de Autodesk inventor y mantenimiento básico, como herramientas para el mantenimiento adecuado de los equipos del laboratorio de la especialidad de metalmecánica del colegio.
- Entrega del plan de mantenimiento al Colegio INEM, Carlos Arturo Torres.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

**4.1.1. Conceptos.** La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. En 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción. A partir de 1950 gracias a los estudios de fiabilidad se determinó que a una máquina en servicio siempre la integran dos factores: la máquina y el servicio que esta proporciona. De aquí surge la idea de preservar, o sea, cuidar que este dentro de los parámetros de calidad deseada. De esto se desprende el siguiente principio: el servicio se mantiene y el recurso se preserva por esto se hicieron estudios cada vez más profundos sobre fiabilidad y mantenibilidad. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Correctivo, el Mantenimiento proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistido por ordenador y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). A continuación, se explicarán cada uno <sup>1</sup>:

**4.1.1.1. Mantenimiento Preventivo.** Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento. El mantenimiento preventivo es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipo. Este programa se fundamenta en el estudio de necesidades de servicio de un equipo, teniendo en cuenta cuáles de las actividades se harán con el equipo detenido y cuáles cuando está en marcha. Además, se estima el tiempo que se toma cada operación y la periodicidad con que se efectúa, con el fin de poder determinar así las horas-hombre que requiere una tarea de mantenimiento, al igual que las personas que se van a emplear en determinados momentos del año. El éxito de un programa de mantenimiento preventivo, estriba en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y en el cumplimiento estricto de las actividades, para cuyo efecto se debe realizar un buen control. Dependiendo del tipo de empresa, del desarrollo alcanzado por ella, así como de las políticas establecidas, se pueden conjugar para efectos de un mejor mantenimiento, varias de las alternativas antes mencionadas, realizándose de esta manera un mantenimiento mixto.

---

<sup>1</sup> Garrido García Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 2 ed. Albasanz, Madrid. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2010. 299 p.

**4.1.1.2. Mantenimiento predictivo.** Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción. Las más frecuentes son:

- De desgaste: con espectrofotómetro de absorción atómica, aplicando sobre los aceites de lubricación que sí muestran un contenido de metal superior al normal, nos indican dónde está ocurriendo un desgaste excesivo.
- De espesor: con ultrasonido.
- De fracturas: con rayos x, partículas magnéticas, tintas reveladoras o corrientes parásitas, ultrasonido.
- De ruido: con medidores de nivel de ruido o decibelímetro.
- De vibraciones: con medidores de amplitud, velocidad y aceleración.
- De temperatura: con rayos infrarrojos o sea la termografía.

**4.1.1.3 Mantenimiento correctivo.** El mantenimiento correctivo es la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo. Se clasifica en:

- **No planificado.** Es el mantenimiento de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, entre otras.).
- **Planificado.** Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente

**4.1.1.4. Mantenimiento Proactivo.** Es un proceso de gestión de riesgos que permite mejorar continuamente estrategias de mantenimiento y rendimiento de maquinaria y su objetivo es eliminar los fallos repetitivos o posibles problemas recurrentes.

Una buena implantación y ejecución del proceso de Mantenimiento Proactivo puede asegurar una mejor amortización de los activos al gestionar claramente el riesgo potencial sobre ellos. La gestión total incluye los equipos (hardware) y los programas (software) y todos los recursos técnicos requeridos

**4.1.1.5. Gestión de Mantenimiento asistido por ordenador.** Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz. También se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

**4.1.1.6. Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).** Se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnológicas de detección. Se podría decir que es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

**4.1.2. Científico y Tecnológico.** El mantenimiento es la conservación de la maquinaria y equipo con el fin de maximizar su disponibilidad. Esta área se ha perfilado tanto que hoy en día ocupa un lugar importante en la estructura de la organización e inclusive es una de las áreas primordiales para mantener y mejorar la productividad.

Así como el departamento de mantenimiento ha mejorado, la gente que lo lleva a cabo también ha sufrido cambios y han pasado de ser técnicos multiusos a especialistas que conocen perfectamente su área de trabajo.

Actualmente el mantenimiento industrial tiene un gran auge, y que además involucra no sólo al personal de mantenimiento sino también a toda la organización como con el nuevo concepto de mantenimiento productivo total (TPM), permite llevar a cabo un mantenimiento productivo a través de las actividades de pequeños grupos involucrando a todos los niveles de la estructura organizacional de la empresa o Institución.

Por definición tenemos que la conservación es toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano, y propicia con ello, el desarrollo integral del hombre y de la sociedad. Y como concepto tenemos que es la función capital para conseguir que el producto final sea de alta calidad, ya que atiende al recurso en forma integral: su parte física (preservación) y mantener el servicio que proporciona el recurso dentro de la calidad esperada.

La Figura 1. Muestra los cinco pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Figura. 1. Los cinco pilares del TPM



Fuente: itsteziutlan.edu.mx

**4.1.2.1. Plan de Mantenimiento.** El plan de mantenimiento de una empresa deberá elaborarse a partir del análisis de equipos, inventarios y correcta planeación para cada elemento, coordinándose para conseguir el uso óptimo de los recursos y el tiempo. Idealmente, las acciones preventivas y correctivas para cada unidad de la planta deberían estar especificadas con cierto detalle por los fabricantes. Esto raramente se da en los equipos de difícil sustitución en los que el mantenimiento es caro y probabilista.

La gran cantidad de factores que influyen en la selección de la estrategia de mantenimiento, hacen que sea necesario un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento para cada periodo de tiempo. Las etapas de este procedimiento se explican a continuación:

**Clasificación e identificación de los equipos.** Esta etapa es importante, pero habitualmente tediosa y difícil debido al volumen del trabajo y a la complejidad y tamaño de los equipos. Una buena clasificación de los equipos es la que se basa en su cambio y función. El sistema de identificación más simple es el que se basa en la codificación numérica.

**Recogida de información.** La recogida de información que pueda ser relevante para la planificación del mantenimiento es esencial para todos los equipos de la planta. Debido a que el mantenimiento es inseparable de la producción es

inevitable que la información más relevante sea: Modelo de producción (funcionamiento continuo, fluctuante o intermitente) y la naturaleza del proceso. Una vez obtenida esta información será posible elaborar un programa para cada equipo y para cada periodo considerado, del tiempo estimado disponible para mantenimiento que no conlleve pérdida de producción. Otras informaciones (la mayoría de las cuales pueden ser proporcionadas por el fabricante) que pueden ser necesarias para cada elemento son:

- Recomendaciones de mantenimiento de los fabricantes: Acciones, periodicidades, etc.
- Factores de equipamiento (que ayuden a estimar la carga de trabajo de mantenimiento) o Características de fallo: tiempo medio a fallo, modo de fallo. o Características de reparación: Tiempo medio de reparación, tiempo tras el fallo antes de que la planta se vea afectada, nivel de redundancia.
- Factores económicos (que ayuden a la predicción de las principales unidades críticas: Consecuencias del fallo, coste de sustitución antes del fallo, coste de material del equipo, coste de monitorización.
- Factores de seguridad (que imponen restricciones a la decisión): Internos, medio ambientales, legislación y reglamentos.

**Selección de la estrategia.** La mejor estrategia para cada equipo puede ser determinada, primero, identificando las capacidades que sean efectivas y, después, decidiendo cuál es la más deseable. La elección dependerá de muchos factores y el criterio de decisión normalmente será el de costo mínimo, probado que se cumplan los criterios de seguridad, legales y otros.

- Equipos de fácil sustitución: El fabricante suele recomendar un programa detallado de acciones, periodicidades y recursos necesarios. El problema será normalmente, hacer la mejor programación del gran número de diferentes acciones (para la totalidad de la planta) para poder coordinar los recursos y ajustarlos al tiempo de parada previstos.
- Equipos de difícil sustitución: Los factores principales de equipamiento, seguridad y costo pueden ser clasificados en orden de importancia, y normalmente eso será todo lo necesario para seleccionar la mejor política de mantenimiento.
- Equipos no sustituibles: Debido a que no se esperan que fallen, se deben asumir que no necesitan ninguna acción concreta. Sin embargo, en el caso anómalo de que falle, dicho fallo deberá ser registrado, analizado, y cuando sea necesario se identificará la política de mantenimiento apropiada o la modificación de su diseño. Resumiendo:

- La estrategia de sustituciones a intervalo fijo es normalmente la más útil para los equipos de fácil sustitución, de bajo coste.
- La planeación de mantenimiento basado en condición es normalmente la más útil para los equipos de difícil sustitución, de alto coste.
- En todos los equipos que tengan alto coste de mantenimiento, sustituibles o no, deberá considerarse la modificación de su diseño.
- Cuando no sea efectiva, o deseable, ninguna acción de mantenimiento preventivo o modificativo, el equipo se operará hasta su fallo.

Luego de definir plan de mantenimiento, existen varios tipos de planes de mantenimiento, como son:

**4.1.2.2. Programa de Mantenimiento Preventivo.** Cuando los análisis individuales estén terminados, entonces se examinarán las acciones relacionadas y las periodicidades en conjunto, con el objeto de encontrar oportunidades de coordinación (mediante la programación conjunta, en periodos fijos, de todas las acciones a realizar sobre un grupo de equipos o en una unidad).

Esto llevará a un compromiso entre los programas individuales óptimos, el uso más económico de la mano de obra y la máxima disponibilidad de la planta.

Estos periodos predeterminados deberán tener una tolerancia en tiempo para admitir contingencias tales como la incertidumbre en la planificación de producción. De este análisis resultan los programas de inspección, de lubricación, de otros servicios y de las revisiones generales.

**4.1.2.3. Programa de Mantenimiento Correctivo.** Cuando la empresa es nueva, incluso después de haber realizado los análisis mencionados con anterioridad, resulta difícil predecir el nivel y la naturaleza de la carga de mantenimiento correctivo. Durante la vida inicial de la empresa, la predicción es muy imprecisa y dependerá fundamentalmente de la información proporcionada por los fabricantes y de la experiencia de los ingenieros de planta. Obviamente, esta predicción mejorará con la vida de la planta y, en consecuencia, la carga de mantenimiento correctivo podrá ser planificada con mayor precisión.

La decisión crítica de este aspecto es fijar el nivel de repuestos en existencias. Cuanto más se tengan, menor será el coste de indisponibilidad en caso de fallo, y además será más fácil organizar el mantenimiento correctivo; pero, por otro lado, los costes de inmovilizado serán cada vez mayores.

El problema del gestor de mantenimiento es minimizar la suma de estos costes, para lo que es esencial identificar las unidades o los equipos críticos en la planta y asegurarse de que se adopta el mejor plan de mantenimiento correctivo.

## 5. DISEÑO DEL PROGRAMA

### 5.1. METODOLÓGIA

#### 5.1.1. Evaluación

**5.1.1.1. Antigüedad de la instalación.** La antigüedad del laboratorio de metalmecánica se da a partir de la comprobación de la historia de la institución, en función al tiempo de existencia del colegio y el ritmo de uso de las máquinas herramientas presentes en la instalación. Se puede detallar que la gran mayoría de las máquinas y demás herramientas que se encuentran, están más allá de su vida útil y todas pasarían hacerse un mantenimiento correctivo o serán donadoras hacia las máquinas herramientas que se les aplicara las mejoras correspondientes para que se pueda alargar su vida útil que se espera sea de 5 a 10 años.

Figura 4. Laboratorio de Metalmecánica.

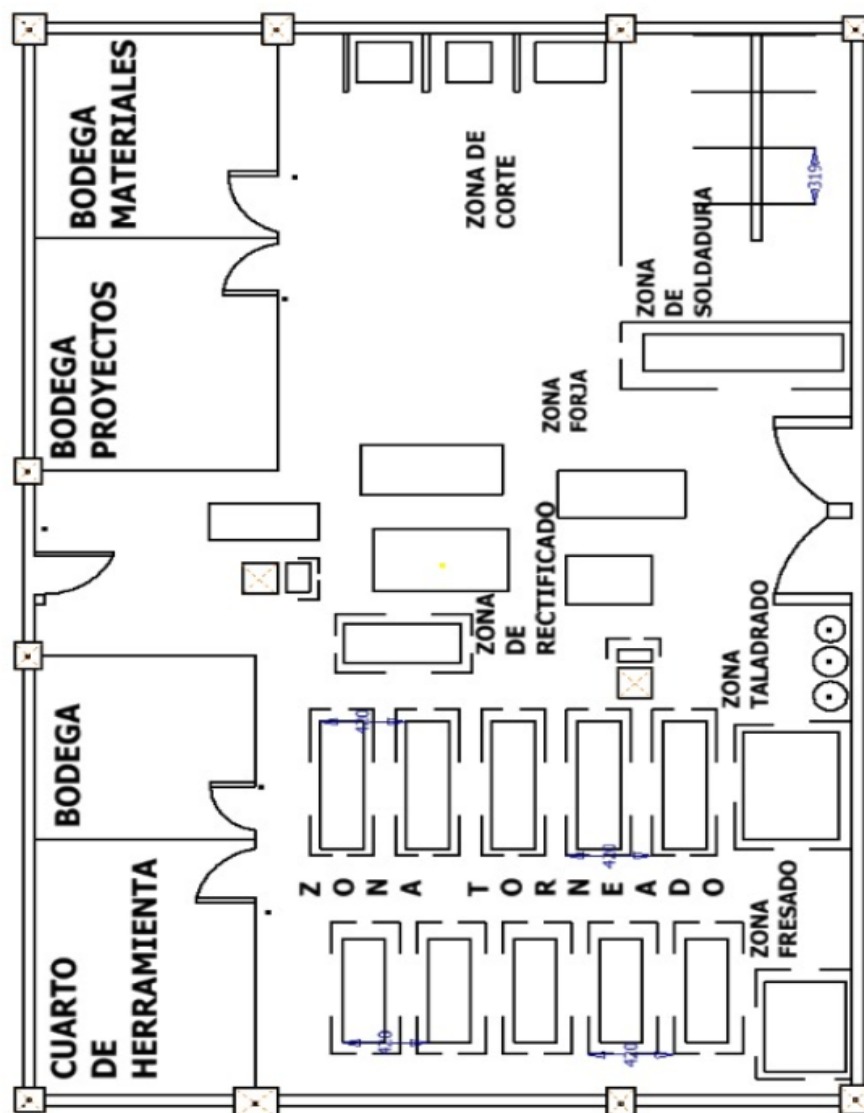


Fuente: Autores

**5.1.1.2. Diagnóstico de la situación actual del laboratorio.** El diagnóstico que se realizó y que se detalla a continuación, se recopiló información actual de la instalación, detallando que tipo de maquinaria se encuentra y la cantidad específica, saber si se ha realizado o no, algún mantenimiento a las máquinas existentes. Además de realizar un inventario general y codificación de las maquinas herramientas presentes en el laboratorio (Tabla 18).

Para saber la ubicación física de la maquinaria se elaboró un plano de este (Fig. 3), en donde se especifica el nombre y su posición física actual. Además, se realizó una ficha técnica de cada equipo específico (Anexo F). Esto se llevó a cabo con docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica que son expertos en el tema y colaboran en proyección social.

Figura 3 Plano del taller de metalmecánica. INEM



FUENTE AUTORES

**5.1.1.3. Análisis de las máquinas y herramientas.** A continuación, se procede hacer el análisis de cada equipo existente en el laboratorio. A pesar de que hay varios equipos de la misma marca y modelo, se debe proceder cada máquina herramienta como una unidad independiente ya que el uso y deterioro de cada máquina es diferente. Con este análisis se determina el estado físico real, que mantenimiento es el más idóneo y se tendrá una mejor valoración de los mismos para así concluir con mayor precisión que maquinaria será donadora de las demás y que máquinas serán realmente reemplazadas. Se utilizaron los siguientes formatos para llevar a cabo dicha tarea (anexos A – H):

- Hoja de vida
- Diagnóstico
- Orden de trabajo
- Procedimientos
- Ficha técnica
- Calendarios
- Análisis de criticidad
- Orden de compra


Se dividen los equipos existentes por zonas para tener mayor orden ya que se cuenta con bastantes máquinas, tal como son:

- Zona de Torneado
- Zona de corte
- Zona de fresado
- Zona de pulido
- Zona de soldadura
- Zona de taladrado

## **5.2. Recolección de datos**

Se realizó el inventario de todas las maquinas herramientas presentes en el laboratorio de metalmecánica (Tabla 18) por parte de los integrantes de este proyecto para facilitar la referencia en ordenes de trabajo, hoja de vida, procedimientos de mantenimiento y rutina, entre otras. Además, la codificación que es valiosa información porque nos permite saber el tipo de equipo, zona al que pertenece, así se tendrá más control y orden en el manejo de información del modelo de plan de mantenimiento.

**Tabla 1.** Inventario general y codificación.

|  | REGISTRO DE CODIFICACION DE MAQUINAS TALLER DE METALMECANICA COLEGIO INEM TUNJA |            |                   |
|---|---|------------|-------------------|
| LISTA DE EQUIPOS  | CODIGO  | AREA       | MODELO            |
| TALADRO   | Tal 1 01 TI   | TALADRADO  |                   |
| TALADRO   | Tal 1 02 TI   | TALADRADO  |                   |
| TALADRO   | Tal 1 03 TI   | TALADRADO  |                   |
| TALADRO   | Tal 1 04 TI   | TALADRADO  |                   |
| FRESA   | F 2 01 F  | FRESADO    |                   |
| FRESA   | F 2 02 F  | FRESADO    |                   |
| TORNO   | Tcchr 3 01 T  | TORNEADO   | COLCHESTER BANTAM |
| TORNO   | Tcchr 3 02 T  | TORNEADO   | COLCHESTER BANTAM |
| TORNO   | Tcchr 3 03 T  | TORNEADO   | COLCHESTER BANTAM |
| TORNO   | Tcchr 3 04 T  | TORNEADO   | COLCHESTER BANTAM |
| TORNO   | T 3 05 T  | TORNEADO   |                   |
| TORNO   | T 3 06 T  | TORNEADO   |                   |
| TORNO   | T 3 07 T  | TORNEADO   |                   |
| EQUIPO DE SOLDADURA MIG   | Esmg 4 01 S   | SOLDADURA  |                   |
| EQUIPO DE SOLDADURA POR PUNTO   | Es 4 02 S   | SOLDADURA  |                   |
| EQUIPO DE SOLDADURA POR PUNTO   | Es 4 03 S   | SOLDADURA  |                   |
| EQUIPO DE SOLDADURA POR PUNTO   | Es 4 04 S   | SOLDADURA  |                   |
| ESMERIL   | E 5 01 E  | ESMERILADO |                   |
| ESMERIL   | E 5 02 E  | ESMERILADO |                   |
| ESMERIL   | E 5 03 E  | ESMERILADO |                   |

Fuente. Autores

### 5.2.1. Zona de torneado.

La figura 5, muestra el estado actual de uno de los tornos paralelos presentes en el laboratorio de la institución. A continuación, se realiza el diagnostico de cada uno de los componentes de los diferentes tornos paralelos existentes en el laboratorio de metalmecánica. (Tabla 1 – 11).

Figura 5. Torno paralelo – Laboratorio metalmecánica INEM.



Fuente: Autores

Se hace una escala del estado, siendo: B (Bueno), R (Regular), M (Malo).

**Tabla 1.** Torno paralelo T IMOR 305 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | T imor 305 T |   |
|------------------------|---------|--------------|---|
|                        | Versión | 3            |   |
|                        | Tipo    | Paralelo     |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |              |   |
|                        | B       | R            | M |
| Bancada                | X       |              |   |
| Cremallera             |         | X            |   |
| Tornillo               | X       |              |   |
| Caja                   | X       |              |   |
| Motor                  | X       |              |   |
| Copa                   | X       |              |   |
| Lira                   | X       |              |   |
| Carro Transversal      |         | X            |   |
| Carro Longitudinal     | X       |              |   |
| Delantal               | X       |              |   |
| Torreta                | X       |              |   |
| Centro punto           | X       |              |   |
| Refrigerante           | X       |              |   |
| Correa                 | X       |              |   |
| Polea                  | X       |              |   |
| Sistema Eléctrico      | X       |              |   |

**Observaciones:** Mantenimiento preventivo – correctivo; Desde el punto de vista de ingeniería se recomienda voltear la cremallera para prolongar la vida útil de este componente y facilitar su uso en el trayecto, movilización del carro transversal por la bancada; Realizar una rectificación de la banca del torno.

**Tabla 2.** Torno paralelo T IMOR 306 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | T imor 306T |   |
|------------------------|---------|-------------|---|
|                        | Versión | 3           |   |
|                        | Tipo    | Paralelo    |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |             |   |
|                        | B       | R           | M |
| Bancada                | X       |             |   |
| Cremallera             |         |             | X |
| Tornillo               |         | X           |   |
| Caja                   | X       |             |   |
| Motor                  |         | X           |   |
| Copa                   |         |             | X |
| Lira                   |         |             | X |
| Carro Transversal      |         |             | X |
| Carro Longitudinal     |         | X           |   |
| Delantal               | X       |             |   |
| Torreta                | X       |             |   |
| Centro punto           | X       |             |   |
| Refrigerante           |         | X           |   |
| Correa                 | X       |             |   |
| Polea                  |         | X           |   |
| Sistema Eléctrico      |         | X           |   |

**Observaciones:** Mantenimiento correctivo. Realizar el reemplazo de toda la sección de la cremallera para la movilidad del carro transversal; Cambiar los bujes de sujeción del tornillo sinfín (automático del torno); Realizar un embobinado del motor para la mejoría de potencia; Cambio de copa de sujeción de material (no mordazas); realizar ajuste de controles de carro transversal; realizar ajuste de rieles de carro longitudinal; Rectificar polea principal de transmisión de potencia; cambio de masas en sistema eléctrico.

**Tabla 3.** Torno paralelo T IMOR 307 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | T imor 307 T |   |
|------------------------|---------|--------------|---|
|                        | Versión | 3            |   |
|                        | Tipo    | Paralelo     |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |              |   |
|                        | B       | R            | M |
| Bancada                | x       |              |   |
| Cremallera             | x       |              |   |
| Tornillo               | x       |              |   |
| Caja                   | x       |              |   |
| Motor                  | x       |              |   |
| Copa                   | x       |              |   |
| Lira                   | x       |              |   |
| Carro Transversal      | x       |              |   |
| Carro Longitudinal     | x       |              |   |
| Delantal               | x       |              |   |
| Torreta                | x       |              |   |
| Centro punto           | x       |              |   |
| Refrigerante           | x       |              |   |
| Correa                 | x       |              |   |
| Polea                  |         |              | X |
| Sistema Eléctrico      | x       |              |   |

**Observaciones:** Mantenimiento correctivo. Realizar el cambio de la polea principal de la transmisión potencia del motor a la caja Norton.

**Tabla 4.** Torno paralelo T IMOR 308 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | T imor 308 T |   |
|------------------------|---------|--------------|---|
|                        | Versión | 3            |   |
|                        | Tipo    | Paralelo     |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |              |   |
|                        | B       | R            | M |
| Bancada                |         |              | X |
| Cremallera             |         |              | X |
| Tornillo               |         |              | X |
| Caja                   |         |              | X |
| Motor                  |         |              | X |
| Copa                   |         |              | X |
| Lira                   |         |              | X |
| Carro Transversal      |         |              | X |
| Carro Longitudinal     |         |              | X |
| Delantal               |         |              | X |
| Torreta                |         |              | X |
| Centro punto           |         |              | X |
| Refrigerante           |         |              | X |
| Correa                 |         |              | X |
| Polea                  |         |              | X |
| Sistema Eléctrico      |         |              | X |

**Observaciones:** Desintegración general de la máquina. Realizar una valoración general de los repuestos – componentes de la maquina copas. Relés, controles, mandos, contrapuntos, tornillería en general, sistema de freno, poleas, correas, etc; Almacenamiento de estos repuestos en condiciones de bodega para futuras fallas en maquinaria de trabajo en funcionamiento.

**Tabla 5.** Torno paralelo T IMOR 309 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | T imor 309 T |   |
|------------------------|---------|--------------|---|
|                        | Versión | 3            |   |
|                        | Tipo    | Paralelo     |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |              |   |
|                        | B       | R            | M |
| Bancada                |         |              | X |
| Cremallera             |         |              | X |
| Tornillo               |         |              | X |
| Caja                   |         |              | X |
| Motor                  |         |              | X |
| Copa                   |         |              | X |
| Lira                   |         |              | X |
| Carro Transversal      |         |              | X |
| Carro Longitudinal     |         |              | X |
| Delantal               |         |              | X |
| Torreta                |         |              | X |
| Centro punto           |         |              | X |
| Refrigerante           |         |              | X |
| Correa                 |         |              | X |
| Polea                  |         |              | X |
| Sistema Eléctrico      |         |              | X |

**Observaciones:** Desintegración general de la máquina. Realizar una valoración general de los repuestos – componentes de la maquina copas. Relés, controles, mandos, contrapuntos, tornillería en general, sistema de freno, poleas, correas, etc; Almacenamiento de estos repuestos en condiciones de bodega para futuras fallas en maquinaria de trabajo.

**Tabla 6.** Torno paralelo T IMOR 310 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | T imor 310 T |   |
|------------------------|---------|--------------|---|
|                        | Versión | 3            |   |
|                        | Tipo    | Paralelo     |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |              |   |
|                        | B       | R            | M |
| Bancada                | x       |              |   |
| Cremallera             |         | X            |   |
| Tornillo               | x       |              |   |
| Caja                   | x       |              |   |
| Motor                  | x       |              |   |
| Copa                   |         |              | X |
| Lira                   |         |              | X |
| Carro Transversal      | x       |              |   |
| Carro Longitudinal     |         | X            |   |
| Delantal               |         |              | X |
| Torreta                |         |              | X |
| Centro punto           |         | X            |   |
| Refrigerante           |         |              | X |
| Correa                 |         | X            |   |
| Polea                  |         |              | X |
| Sistema Eléctrico      |         |              | X |

**Observaciones:** Mantenimiento correctivo - preventivo. Realizar el volteo de la cremallera en la sección de  $\frac{3}{4}$  mejorando la movilidad del carro transversal; realizar el cambio de la copa de trabajo (sujeción de piezas de trabajo ) incluyendo las mordazas; Realizar el ajuste de tornillería o cambio de esta en el carro longitudinal para el fácil desplazamiento; Realizar el cambio de la torreta junto con tornillería de ajuste; Realizar la rectificación y ajuste de la base inferior de fijación del centro punto; Cambiar el sistema de guía de refrigerante (mangueras); Realizar el cambio de la polea principal; cambio de toma de energía del motor.

**Tabla 7.** Torno paralelo T IMOR 311 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | T imor 311 T |   |
|------------------------|---------|--------------|---|
|                        | Versión | 3            |   |
|                        | Tipo    | Paralelo     |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |              |   |
|                        | B       | R            | M |
| Bancada                | x       |              |   |
| Cremallera             |         |              | X |
| Tornillo               |         | X            |   |
| Caja                   |         | X            |   |
| Motor                  |         | X            |   |
| Copa                   |         | X            |   |
| Lira                   |         | X            |   |
| Carro Transversal      |         | X            |   |
| Carro Longitudinal     |         |              | X |
| Delantal               |         | X            |   |
| Torreta                |         | X            |   |
| Centro punto           |         | X            |   |
| Refrigerante           |         | X            |   |
| Correa                 |         | X            |   |
| Polea                  |         | X            |   |
| Sistema Eléctrico      |         | X            |   |

**Observaciones:** Mantenimiento correctivo - preventivo. Realizar el cambio de cremallera ½ parte delantera; Realizar el cambio de cauchos bujes de sujeción del tornillo sinfín; Realizar el cambio de aceite en la caja Norton; Realizar el nuevo embobinado del motor; Cambio de mordazas de copa; Rectificación de bancada en carro transversal; Cambio tornillo sin fin del carro longitudinal; Cambio de tornillería de sujeción de torreta; Rectificación de sistema de fijación de contrapunto; Cambio de correa principal de transmisión de potencia; Rectificación de polea y ajuste de tornillo de fijación con cambio de pin; Cambio de toma motor.

**Tabla 8.** Torno paralelo TCCHR 3 01 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | TCCHR 3 01T |   |
|------------------------|---------|-------------|---|
|                        | Versión | 3           |   |
|                        | Tipo    | Paralelo    |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |             |   |
|                        | B       | R           | M |
| Bancada                |         |             | X |
| Cremallera             |         |             | X |
| Tornillo               |         |             | X |
| Caja                   |         |             | X |
| Motor                  |         |             | X |
| Copa                   |         |             | X |
| Lira                   |         |             | X |
| Carro Transversal      |         |             | X |
| Carro Longitudinal     |         |             | X |
| Delantal               |         |             | X |
| Torrete                |         |             | X |
| Centro punto           |         |             | X |
| Refrigerante           |         |             | X |
| Correa                 |         |             | X |
| Polea                  |         |             | X |
| Sistema Eléctrico      |         |             | X |

**Observaciones:** Desintegración general de la máquina. Realizar una valoración general de los repuestos – componentes de la maquina copas. Relés, controles, mandos, contrapuntos, tornillería en general, sistema de freno, poleas, correas, etc; Almacenamiento de estos repuestos en condiciones de bodega para futuras fallas en maquinaria de trabajo en funcionamiento.

**Tabla 9.** Torno paralelo TCCHR 3 02 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | TCCHR 3 02T |   |
|------------------------|---------|-------------|---|
|                        | Versión | 3           |   |
|                        | Tipo    | Paralelo    |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |             |   |
|                        | B       | R           | M |
| Bancada                | x       |             |   |
| Cremallera             |         | X           |   |
| Tornillo               | x       |             |   |
| Caja                   |         | X           |   |
| Motor                  | x       |             |   |
| Copa                   | x       |             |   |
| Lira                   | x       |             |   |
| Carro Transversal      | x       |             |   |
| Carro Longitudinal     | x       |             |   |
| Delantal               | x       |             |   |
| Torreta                | x       |             |   |
| Centro punto           | x       |             |   |
| Refrigerante           | x       |             |   |
| Correa                 | x       |             |   |
| Polea                  | x       |             |   |
| Sistema Eléctrico      |         | X           |   |

**Observaciones:** Mantenimiento Preventivo - Correctivo. Realizar el volteo de la sección  $\frac{3}{4}$  de la cremallera partiendo de la parte trasera (contrapunto); Realizar el cambio de aceite de la caja Norton; Cambio de cable principal de la corriente junto con toma de motor y rectificación de masas.

**Tabla 10.** Torno paralelo TCCHR 3 03 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | TCCHR 3 03T |   |
|------------------------|---------|-------------|---|
|                        | Versión | 3           |   |
|                        | Tipo    | Paralelo    |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |             |   |
|                        | B       | R           | M |
| Bancada                |         |             | X |
| Cremallera             |         |             | X |
| Tornillo               |         |             | X |
| Caja                   |         |             | X |
| Motor                  |         |             | X |
| Copa                   |         |             | X |
| Lira                   |         |             | X |
| Carro Transversal      |         |             | X |
| Carro Longitudinal     |         |             | X |
| Delantal               |         |             | X |
| Torreta                |         |             | X |
| Centro punto           |         |             | X |
| Refrigerante           |         |             | X |
| Correa                 |         |             | X |
| Polea                  |         |             | X |
| Sistema Eléctrico      |         |             | X |

**Observaciones:** Desintegración general de la máquina. Realizar una valoración general de los repuestos – componentes de la maquina copas. Relés, controles, mandos, contrapuntos, tornillería en general, sistema de freno, poleas, correas, etc; Almacenamiento de estos repuestos en condiciones de bodega para futuras fallas en maquinaria de trabajo en funcionamiento.

**Tabla 11.** Torno paralelo TCCHR 3 04 T

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS | Código  | TCCHR 3 04T |   |
|------------------------|---------|-------------|---|
|                        | Versión | 3           |   |
|                        | Tipo    | Paralelo    |   |
| COMPONENTE             | ESTADO  |             |   |
|                        | B       | R           | M |
| Bancada                |         |             | X |
| Cremallera             |         |             | X |
| Tornillo               |         |             | X |
| Caja                   |         |             | X |
| Motor                  |         |             | X |
| Copa                   |         |             | X |
| Lira                   |         |             | X |
| Carro Transversal      |         |             | X |
| Carro Longitudinal     |         |             | X |
| Delantal               |         |             | X |
| Torreta                |         |             | X |
| Centro punto           |         |             | X |
| Refrigerante           |         |             | X |
| Correa                 | x       |             |   |
| Polea                  | x       |             |   |
| Sistema Eléctrico      | x       |             |   |

**Observaciones:** Desintegración general de la máquina. Realizar una valoración general de los repuestos – componentes de la maquina copas. Relés, controles, mandos, contrapuntos, tornillería en general, sistema de freno, poleas, correas, etc; Almacenamiento de estos repuestos en condiciones de bodega para futuras fallas en maquinaria de trabajo en funcionamiento.

**5.2.2. Zona de fresado.** La Figura 6, muestra el estado actual de una las fresadoras verticales presenten en el laboratorio de la institución.

Figura 6. Fresadora Vertical – Laboratorio de metalmecánica. INEM



Fuente: Autores

**Tabla 12.** Fresadora F 201 F

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS |        | Código  | F 201 F  |
|------------------------|--------|---------|----------|
|                        |        | Versión | 3        |
|                        |        | Tipo    | Vertical |
| COMPONENTE             | ESTADO |         |          |
|                        | B      | R       | M        |
| Bancada                | x      |         |          |
| Cremallera             | x      |         |          |
| Tornillo               | x      |         |          |
| Caja                   | x      |         |          |
| Motor                  | x      |         |          |
| Copa                   | x      |         |          |
| Lira                   | x      |         |          |
| Carro Transversal      | x      |         |          |
| Carro Longitudinal     | x      |         |          |
| Delantal               | x      |         |          |
| Torreta                | x      |         |          |
| Centro punto           | x      |         |          |
| Refrigerante           | x      |         |          |
| Correa                 |        |         | X        |
| Polea                  |        |         | X        |
| Sistema Eléctrico      |        |         | X        |

**Observaciones:** Mantenimiento correctivo. Realizar el cambio de la correa principal de transmision; realizar rectificacion de la polea con cambio de tornillo de fijacion y cambio de sistema de pin; Realizar el cambio sistema electrico de encendido de la maquina.

**Tabla 13.** Fresadora F 202 F

| DIAGNOSTICO DE EQUIPOS |        | Código  | F 202 F  |
|------------------------|--------|---------|----------|
|                        |        | Versión | 3        |
|                        |        | Tipo    | Vertical |
| COMPONENTE             | ESTADO |         |          |
|                        | B      | R       | M        |
| Bancada                | x      |         |          |
| Cremallera             | x      |         |          |
| Tornillo               | x      |         |          |
| Caja                   |        | X       |          |
| Motor                  | x      |         |          |
| Copa                   | x      |         |          |
| Lira                   | x      |         |          |
| Carro Transversal      | x      |         |          |
| Carro Longitudinal     | x      |         |          |
| Delantal               |        | X       |          |
| Torreta                | x      |         |          |
| Centro punto           | x      |         |          |
| Refrigerante           |        |         | X        |
| Correa                 |        |         | X        |
| Polea                  |        |         | X        |
| Sistema Eléctrico      |        |         | X        |

**Observaciones:** Mantenimiento correctivo - preventivo. Realizar el cambio de aceite de caja con cambio del cuarto engrane; Realizar la restructuración y rehabilitar el sistema de refrigerante; Cambio de polea principal de transmisión junto a tornillo de fijación y pin; Cambio de cables del sistema de mando.

**5.2.3. Zonas restantes.** El diagnostico resultante de las demás zonas del laboratorio da como resultado un mantenimiento correctivo y/o de instalación de nueva maquinaria más moderna y de rápido aprendizaje.

Las siguientes figuras, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Muestran el estado actual de las diferentes máquinas y herramientas presentes en el laboratorio de metalmecánica de la institución.

Figura 7. Fresadora Vertical – Laboratorio de metalmecánica. INEM



Fresadora INDUMA paralela con graduación de altura para trabajo de enseñanza, falta de mantenimiento en su sistema de encendido falta de cables de energía, error en el sistema de lubricación no existe motor de bomba de líquido refrigerante (taladradora) ni sistema de guía de lubricante (mangueras).

Fuente: Autores

Figura 8. Torno paralelo – Laboratorio de metalmecánica. INEM.



Torno paralelo COLSHESTER; maquina en total abandono ningún mantenimiento alrededor de los años escolares; desintegración de la pieza para repuesto de otro torno y desmantelamiento por los mismos usuarios; falta de piezas un 70% aproximado; no se recomienda la rehabilitación según información recolectada. Se recomienda la desintegración total y almacenamiento de repuestos trabajables.

Fuente: Autores

Figura 9. Equipo de soldadura por puntos – Laboratorio de metalmecánica. INEM.



Equipo de soldadura por punto MANFER; equipo en malas condiciones, en abandono por falta de capacitación de docentes en su uso, falta de mantenimiento, mala ubicación dentro del laboratorio, falta de reparación para puesta a punto para trabajar.

Fuente: Autores

Figura 10. Segueta industrial – Laboratorio de metalmecánica. INEM.



Segueta industrial de corte; complicada rehabilitación, reparaciones superficiales en condiciones de oxidación considerable, en estado de abandono por falta de recurso en hojas de corte para su uso y aprovechamiento.

Fuente: Autores

Figura 11. Pulidora industrial – Laboratorio de metalmecánica. INEM.



Pulidora industrial o Esmeriladora; máquina de gran capacidad de trabajo funcionando a plenitud, en estado de paro por falta de presupuesto para la compra de las respectivas piedras de pulido.

Fuente: Autores

Figura 12. Taladro Vertical – Laboratorio de metalmecánica. INEM.



Taladro vertical, en estado deplorable total abandono y desmantelamiento por usuarios en un 65%; recomendación desintegración total y almacenamiento de piezas para repuestos de maquinaria similar.

Fuente: Autores

### 5.3. El Costo de Mantenimiento de máquinas herramientas

El presupuesto de mantenimiento tiene muchos componentes:

- Repuestos
- Mano de Obra directo
- Mano de Obra indirecto buscando piezas
- Materiales y Herramientas
- Transporte al lugar de reparación
- Lubricantes
- Tiempo de Producción Perdido

El presupuesto tiene que tomar en cuenta la frecuencia de reparaciones del equipo. Realizamos el presupuesto para la institución INEM Carlos Arturo Torres con maquinaria IMOCOM.

La máquina herramienta tiene una vida útil proyectada de 18,000 horas con mantenimiento normal.

Si la máquina herramienta tiene que ser rectificado cada 8,000 horas (promedio) y se lo hace trabajar 1000 horas por año, el presupuesto para cada gestión tiene 37.5% del costo de una reparación. 18 máquinas requieren un total de 7.5 reparaciones al año (una cada 7 semanas).

Para este ejemplo suponemos:

Que haremos una reparación simple (riel carro longitudinal), sin rectificaciones de piezas principales:

- ✓ Piezas y mano de obra entre \$170.000-\$205.000 COP
- ✓ 2 días sin utilizar el equipo – una pérdida de oportunidad de enseñanza
- ✓ Si cada reparación cuesta \$170.000, cada año se gasta \$1.275.000 en reparaciones para mantener las 18 máquinas.

Si puede extender la vida útil de la máquina herramienta hasta 24,000 horas, con las mismas 1,000 horas de trabajo por año, solamente tiene que 12.5% de la reparación cada año. 18 máquinas requieren un total de 2.5 reparaciones al año (una cada 4 meses).

Con el mismo costo de reparación de \$1.275.000 cada año se gasta \$3.187.500 en reparaciones.

El resultado de la extensión de vida útil es un ahorro de \$680.000 al año. Hay que tomar en cuenta que este costo de reparación es una reparación normal, sin grandes cambios de piezas principales (motor, bancada, caja Norton, rectificación de bancada, etc.) u otras piezas.

### **5.3.1. ¿Qué tenemos que hacer para alcanzar este ahorro?**

Implementar un plan de mantenimiento que comprende:

Un buen lubricante:

- Mobil Velocite #10 para el husillo.
- Mobil Vactra #2 para las guías.
- Mobil DTE #25 para la caja Norton, para el cabezal y para el carro.
- Aceite para caja de velocidades de torno caja Norton 70w80 de Shell.
- Aceite de transmisión para torno SAE 10 o SAE 30.

### **5.4. Costo reemplazo del equipo**

En el presente estudio se ha tomado como costo inicial de las máquinas el valor promedio de los equipos nuevos en el mercado de Colombia, obtenidos de empresas distribuidoras de máquinas herramientas, que da periódicamente el valor de los equipos de máquinas herramientas nuevos en la fábrica. Para poder utilizar estos valores se calculó para cada tipo de máquina un factor de conversión que contempla los costos de importación del equipo y los demás gastos necesarios para adquirirlo en la ciudad de Tunja (Boyacá). Los factores

de conversión que se emplean en estas tarifas fueron calculados teniendo en cuenta las disposiciones vigentes al mes de diciembre de 2018.

A continuación, y a manera de ejemplo, se detalla la determinación del factor de conversión para tornos fijos paralelos. En este ejemplo, los gastos se toman como un porcentaje del valor de la máquina en fábrica U.S.A.

#### 5.4.1. Tornos fijos paralelos Swhiss Deco

Figura 13 torno SWHISS DECO



Fuente. SWHISS DECO.com

- Valor de la máquina en US\$ dólares 17000.
- Gastos de Transporte y Embarque 1.00.
- Fletes Marítimos 8.00.
- Seguros marítimos 0.80.
- Apertura de carta de crédito, comisiones bancarias, etc. 2.00.
- Gastos Internación 2.45% del CIF 2.69.
- Derechos de Aduana 5% del CIF 5.00.
- Transportes y seguros terrestres 4.00.
- Impuestos 16% (CIF + Aduana) 18.446.
- Porcentaje para compensar la devaluación y costos de financiación 4.00.
- TOTAL \$ 23936 US.

En este ejemplo, los gastos se toman como un porcentaje del valor de la máquina en colombiana.

## 5.4.2. Tornos fijos paralelos IMOCOM IMOTURN

figura14 torno IMOCOM



Fuente. IMOCOM.com

- Valor de la máquina en COP \$ 55.000.000.
- Apertura de carta de crédito, comisiones bancarias, etc. 640.000.
- Transportes y seguros terrestres 1.650.000.
- Porcentaje para compensar la devaluación y costos de financiación 1.280.000.
- TOTAL \$ 58.570.000 COP

Las tarifas aquí contenidas se aplican por unidad de equipos nacionalizados en Colombia.

Dar una conclusión del costo de mantenimiento

A continuación, se detalla los cursos de mantenimiento y Autodesk inventor básico que se impartió a los estudiantes de noveno grado de la institución INEM, Carlos Arturo Torres.

## 5.5. ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA CURRICULAR

### 5.5.1. Guía metodológica

Para el mejor aprovechamiento del modelo del plan de mantenimiento que no solo busca la parte técnica en el laboratorio, sino también, de los estudiantes que son los principales ejecutores de las maquinas herramientas. Se capacito a un grupo selecto de los mejores estudiantes de noveno grado, en un curso básico de mantenimiento para que puedan entender la importancia de planear, cuidar y dar buen uso a los equipos industriales. Adicional, un curso básico de Autodesk inventor que les permitirá a los estudiantes desempeñar sus ideas en un software

de diseño mecánico y así poderlo crear físicamente en el laboratorio de metalmecánica.

El en curso se capacitaron a 23 estudiantes. 20 estudiantes de noveno grado y 3 de último año de bachillerato. La tabla 15, es la lista de estudiantes que se capacitaron.

**Tabla 15. Lista de estudiantes.**

| <b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>           |
|--------------------------------------|
| Alba G. José Sebastián               |
| Aunta García Juan Nicolás            |
| Cely Vargas Paula Andrea             |
| Callejas Martínez Sergio David       |
| Castro González Duvan Alexis         |
| Fernández Gualteros Xiomy Jasleidy   |
| Daza Alba Eduard Hernán              |
| Daza Quemba Tatiana Valentina        |
| García Gil Hebert Julián             |
| Gonzales Diego Andrés                |
| Gonzales Ángel Sergio Andrés         |
| Gonzales Castillo Cristian Alejandro |
| Gonzales Flores Daniel Andrés        |
| Martínez Camargo Johan Steven        |
| Molina Numpaque Kevin Giovanny       |
| Molina Rodríguez Javier              |
| Nompaque Gil Sergio Dachardy         |
| Quito Vargas Jaidier Diomedes        |
| Quintero Leguizamón Maicol Eduardo   |
| Romero moreno Michael Steven         |
| Sánchez Puentes Ingrid Paola         |
| Torres Neira María Angélica          |
| Arcos García Dinkoll esteban         |

### 5.5.1.1. Mantenimiento básico.

En el curso de mantenimiento básico inicialmente se realizó un test de conocimientos previos para conocer el estado de aprendizaje de mantenimiento que poseía cada estudiante. Al no encontrar conocimientos sobre mantenimiento se enfocó el curso en que es mantenimiento, tipos de mantenimiento y pilares de mantenimiento. El curso consto de 5 sesiones, dos horas por sesión. Se desarrollaron talleres independientes, talleres en clase y un examen final. En el transcurso se observó la gran mejoría de parte de los estudiantes, teniendo los resultados esperados.

Para continuar con el curso de Autodesk Inventor el compromiso de los estudiantes era aprobar el curso de mantenimiento. 16 de los 23 estudiantes aprobaron el curso con grandes resultados. Los estudiantes que reprobaron el curso fue por inasistencia a las sesiones de clase.

La tabla 16, muestra los estudiantes que aprobaron satisfactoriamente el curso de mantenimiento básico.

Tabla 16. Estudiantes admitidos al curso de Autodesk Inventor.

| <b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>           |
|--------------------------------------|
| Alba G. José Sebastián               |
| Cely Vargas Paula Andrea             |
| Castro Gonzales Duvan Alexis         |
| Fernández Gualteros Xiomy Jasleidy   |
| Daza Alba. Eduard Hernán             |
| Daza Quemba Tatiana Valentina        |
| Gonzales Diego Andrés                |
| Gonzales Ángel Sergio Andrés         |
| Gonzales Castillo Cristian Alejandro |
| Gonzales Flores Daniel Andrés        |
| Molina Numpaque Kevin Giovanny       |
| Nompaque Gil Sergio Dachardy         |
| Quito Vargas Jaider Diomedes         |
| Romero moreno Michael Steven         |
| Sánchez Puentes Íngrid Paola         |
| Torres Neira María Angélica          |

### 5.5.1.2. Curso de Autodesk Inventor nivel básico.

En el curso de Autodesk inventor se buscó desarrollar las capacidades de los estudiantes para llevar a cabo ideas de diseños mecánicos para luego plasmarla en el software de diseño mecánico. El curso consto de 5 sesiones, 2 horas por sesión. Se desarrollaron actividades grupales por la falta computadores con el software de Autodesk Inventor. Para iniciar se familiarizo a los estudiantes con las herramientas del software. Se desarrolló un taller independiente donde se le pidió a los estudiantes que en un jabón se tallara la primera letra de su nombre (figura 15) para luego plasmar las medidas en el programa de diseño.

Figura 15, Jabón tallado por estudiantes.



Fuente: Autores.

Los estudiantes al finalizar el curso se destacaron por la creación de ensambles en 3D y la entregará de planos de trabajo con las cotas correspondientes que les servirá para la ejecución en el laboratorio de metalmecánica. El curso tuvo grandes resultados.

A continuación, se especifica la carga académica y contenidos impartidos y evaluados en el curso de mantenimiento básico y Autodesk Inventor.

En la tabla 17. Se puede ver la carga académica y contenidos impartidos y evaluados en los cursos de mantenimiento a los estudiantes de noveno grado del colegio INEM Carlos Arturo Torres. (Anexo I)

Tabla 17. Mantenimiento básico currículo.

| CONTENIDOS   | HORAS | DOCENTE  |
|--|-------|--|
| Introducción.<br>Necesidad del cambio.<br>Gestionar los cambios.<br>Ventajas de gestionar el cambio con una metodología.<br>Concepto de cambio.<br>Implicaciones del cambio.<br>Tipos de cambio. | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Conocimientos básicos de herramientas de programas a implementar.  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Gestionar información con énfasis en mantenimiento.<br>Conceptos de mantenimiento en máquinas herramientas.  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Diseño y elaboración de formatos   | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Diseño y elaboración del prototipo básico de menú del plan de mantenimiento.   | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Instructivo para el manejo del plan de mantenimiento de la institución.  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Entrega final.   | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |

Fuente: Autores.

**5.5.1.2. Autodesk Inventor nivel básico.** En la tabla 18. Se puede ver la carga académica y contenidos impartidos y evaluados en los cursos de diseño básico en Autodesk Inventor a los estudiantes de noveno grado del colegio INEM Carlos Arturo Torres.

Tabla 18. Currículo Autodesk Inventor

| CONTENIDOS  | HORAS | DOCENTE  |
|---|-------|--|
| Introducción a AUTO DESK INVENTOR                             | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Conceptos de herramientas básicas del Software a implementar. | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Elaboración de solidos de diferentes geometrías.              | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Diseño en 2D  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Ensamblajes de variedad de piezas.                            | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Elaboración e interpretación de planos de trabajo.            | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Interpretación de planos de trabajo.                          | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |

Fuente: Autores.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Una vez se ha terminado de realizar el análisis de la institución, se determinó que no cuentan con planes de mantenimientos anteriores ni vigentes, además de que la maquinaria presente en el laboratorio de metalmecánica no se encuentra en óptimas condiciones mecánicas ni higiénicas, por lo cual, incluye directamente en los estudiantes y la calidad de aprendizaje que ellos reciben.
- Una vez finalizado toda la investigación del taller, se puede recomendar que el mantenimiento más idóneo a realizar en el colegio Carlos Arturo Torres, es el correctivo.
- El plan de mantenimiento se basa en un gran porcentaje en el análisis estadístico de la vida de los elementos mecánicos, eléctricos y demás tipos. Se pudo determinar que varios elementos que constituyen los ensambles de las maquinas, se encuentran más allá de su vida útil y otros se les puede alargar la vida útil, sabiendo realizar mantenimientos preventivos y teniendo un buen uso y siempre buscando la mejora continua del establecimiento.
- La institución carece de conocimiento de formatos técnicos para llevar a cabo la respectiva gestión de mantenimiento ya que, con ello, se puede alargar y mejorar la vida de maquinaria existente.
- Se puede evidenciar que el laboratorio de metalmecánica es indispensable que se designe labores de mantenimiento no solo de maquinaria sino también estructurales para tener las mejores condiciones posibles para los estudiantes.
- En los anexos, se presentan datos recogidos hacia el laboratorio, datos que se utilizaran posteriormente para ayudar en la ejecución del modelo del plan de mantenimiento presente en este proyecto.
- Se desarrolló con éxito el modelo del plan de mantenimiento donde todos los datos obtenidos se pueden ver en digital y así continuar retroalimentado el plan de mantenimiento por parte de la institución de educación media, logrando registrar y hacer mejorar continuas en pro a la educación del estudiantado.

## MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO

Se creó y desarrolló en el programa de Microsoft office Excel, recopilando toda la información obtenida de los diferentes diagnósticos, fichas técnicas, procedimientos, entre otras.

A continuación, se detalla el modelo del plan mantenimiento que se entregara a la institución. Figuras 16-18

- Al ingresar al modelo de plan de mantenimiento se puede observar el Menú principal (Figura 16), donde se presentan dos ítems.

1. Registro equipos existentes
2. Registro equipos nuevos

Se establece de esta manera para llevar un control y monitoreo de las maquinas herramientas para mantenimientos programados, hoja de vida, procedimientos de rutina, etc. Además de un ítem para el futuro de la adquisición de nueva maquinaria.

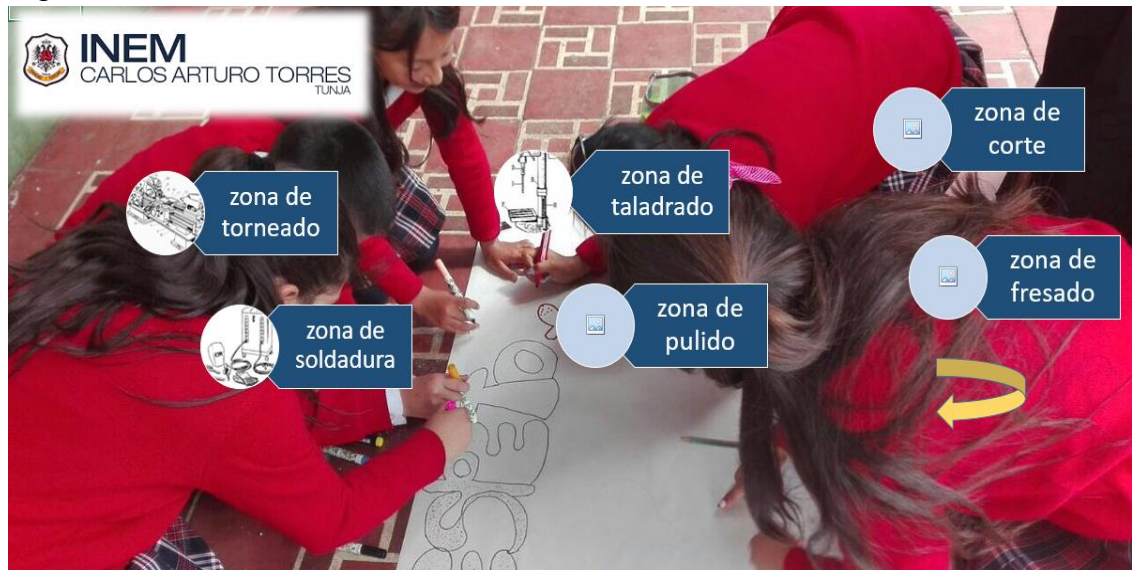
Figura 16. Menú plan de mantenimiento



Fuente. Autores

- Al ingresar en cualquiera de los dos ítems. Se encontrará el menú de zonas de distribución (Figura 17). Se planteó de esta manera para tener un mayor orden de los espacios presentes en el laboratorio.

Figura 17. Menú distribución de laboratorio



Fuente. Autores

- Al ingresar en cualquiera de las zonas de distribución, se podrá observar el submenú de todas las maquinas herramientas presentes en esa zona (Figura 17), así se podrá ingresar a el equipo deseado donde conseguirá detallar, modificar y agregar información al equipo especifico.

Figura 17. Submenú de zonas de distribución.



Fuente: Autores.

- Ingresando en cualquiera de las opciones del submenú de zonas de distribución, se observará el menú de gestión (Figura 18). Este menú se encontrará toda la información recopilada y almacenada en formatos para la correcta interpretación de la persona encarga del mantenimiento del laboratorio. Adicional de formatos en blanco para que en cualquier momento sean diligenciados y guardados en el plan de mantenimiento.

Figura 18. Menú de gestiones de equipos individuales



Fuente. Autores

## CURSO DE MANTENIMIENTO BASICO Y AUTODESK INVENTOR.

- El curso de enseñanza de mantenimiento básico. El cual sirvió para enseñar a los estudiantes los principios elementales del mantenimiento; se ayudó a incrementar el conocimiento y conciencia de la importancia de cuidar y mantener la maquinaria que se encuentra en el laboratorio de metalmecánica de la institución.
- El Curso de enseñanza de Autodesk inventor. Incremento la creatividad de que las ideas pueden llevarse de la mente a un diseño digital y posteriormente tenerlo físico. Motivando a los estudiantes a seguir estudiando en un futuro para así tener personas que ayuden a la sociedad con los diferentes talentos que han aprendido desde su educación básica.

A continuación, las figuras 19 - 20, detallan las capacitaciones que se les brindaron a los estudiantes del colegio INEM, Carlos Arturo Torres.

Figura 19. Sesión de capacitación – Curso de mantenimiento básico.



Fuente: Autores.

Figura 20. Sesión del curso de mantenimiento básico – examen final.



Fuente. Autores

Figura 21. Sesión de Autodesk inventor – Sesión de aprendizaje del software.



Fuente. Autores

Figura 22. Diseño de pieza de jabón en Autodesk inventor.



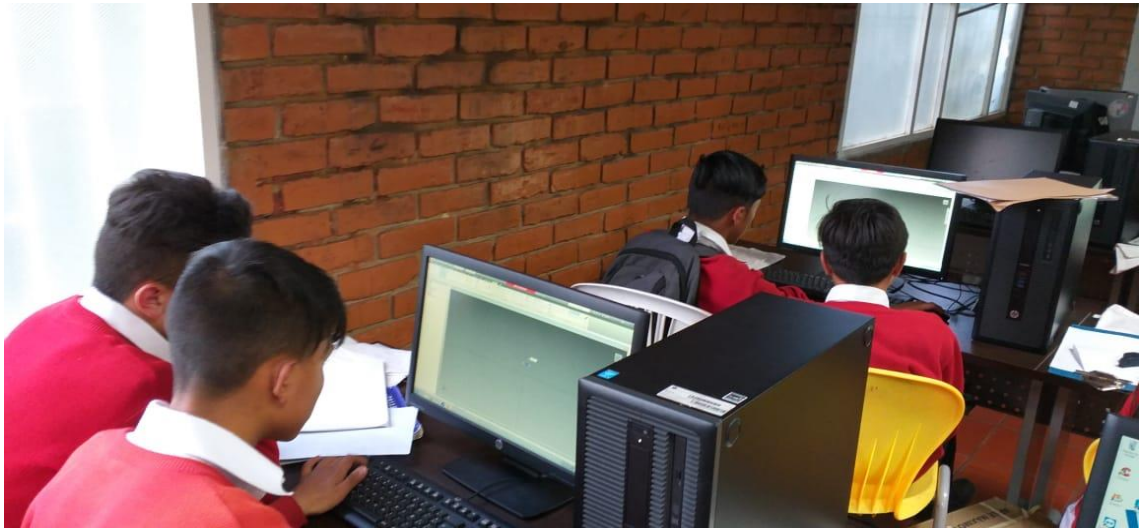
Fuente: Autores.

Figura 23. Sesión de aprendizaje – Curso de Autodesk Inventor.



Fuente: Autores.

Figura 24. Sesión del curso de Autodesk inventor – examen final.



Fuente: Autores

## 7. CONCLUSIONES

- Se recomienda una vez terminado el proyecto, que la institución adopte el proyecto de mantenimiento y lo implemente de manera progresiva, asignando gradualmente más responsabilidades a los estudiantes y docentes que participan en la realización del mantenimiento de la maquinaria.
- Una recomendación importante, es que se contrate personal técnico, tecnólogos o Ingenieros eléctricos y mecánicos para ir creando de una manera progresiva un departamento o un área que se encargue exclusivamente del mantenimiento a realizar en toda la maquinaria, no solo del área del laboratorio de metalmecánica, si no de todas las áreas que componen la institución.
- También se recomienda que los formatos donde se va a registrar los daños de la maquinaria, estén a mano de los docentes encargados del laboratorio, ya que en la actualidad estas no lo están y por lo tanto no se registran muchas acciones de cambio de elementos, ni las especificaciones técnicas de estos elementos que se cambian.
- Se recomienda que periódicamente se realice capacitación sobre mantenimiento, instrucciones básicas, daños elementales a los estudiantes, ya que estos son los primeros en dar aviso a los docentes encargados en caso de que se de algún daño en la máquina.
- Se espera que este proyecto sea un material de apoyo para la institución Carlos Arturo Torres. Ya que se hizo con todo el compromiso profesional y técnico para brindar los mejores resultados.

## BIBLIOGRAFIA

CÁRCEL CARRASCO, Francisco. Industrial Maintenance Engineering and Knowledge Management. Improvement in Business Efficiency En: Elementos [en línea] No.5 (2015) <<https://riunet.upv.es/handle/10251/67268>> [citado en 24 de septiembre de 2017]

CÁRCEL CARRASCO, Francisco; ROLDÁN PORTA, Carlos. Basic principles of knowledge management and its application to the industrial company in tactical operations of maintenance and operational exploitation: A qualitative study En: Intangible Capital [en línea]. Vol. 9, No. 1. (2013) <<http://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/341>> [citado en 24 de septiembre de 2017].

CASALLAS CASTELLANOS, Yanson. Modelo gerencial de mantenimiento para edificios. Bucaramanga, 2004, 94h. Trabajo de grado (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Disponible catálogo en línea Universidad industrial de Santander <<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7824/2/113594.pdf>>; [citado en 24 de septiembre de 2017]

ESPINOSA, Fernando; SALINAS, Gonzalo. Selección de Estrategias de Mejoramiento de las Condiciones de Trabajo para la Función Mantenimiento Utilizando la Metodología MCDA Constructivista En: Información tecnológica [en línea] Vol. 24, No 3. (2013) pp. 57-72 <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-07642013000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642013000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=es)>; [citado en 24 de Septiembre de 2017].

FONSECA JUNIOR, Milton et al. Maintenance management program through the implementation of predictive tools and TPM as a contribution to improving energy efficiency in power plants. En: DYNA, [en línea], Vol. 82, No. 194, pp. 139-149, (Nov. 2015). ISSN 2346-2183.<<http://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/47642/59379>>; [citado en 24 de septiembre de 2017]

HERRERA VIDAL, German; HERRERA VEGA, Juan. Modelo de referencia operacional aplicado a una empresa de servicios de mantenimiento En: Revista Venezolana de Gerencia [en línea] Vol. 21, No. 75 (2016) pp. 549-571 <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29048812011>>; [citado en 24 de septiembre de 2017]

NACIONAL, U. T. (s.f.). Facultad Regional Tucumán. Recuperado el 5 de abril de 2017, de <http://www.frt.utn.edu.ar/ccfc/?s=617> [citado en 9 de abril de 2017]

TEC DE TEZIUTLAN. Plataforma de educación. Ingenierías. Mantenimiento Industrial, tipos de mantenimiento, TPM.



<sup>1</sup> Garrido García Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento. 2 ed. Albasanz, Madrid. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2010. 299 p.







## Anexo C

Formato orden de trabajo aplicado en el plan de mantenimiento del laboratorio de metal-mecánica en el colegio INEM Carlos Arturo Torres.

|   |                  |                                      |                                  |                    |          |
|---|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------|----------|
|   |                  | <b>ORDEN DE TRABAJO</b>              |                                  |                    | Versión: |
|   |                  |                                      |                                  |                    | Emisión: |
|   |                  | CÓDIGO:                              |                                  |                    | Página:  |
| <b>Características Técnicas del Equipo</b>  |                  |                                      |                                  |                    |          |
| Nombre del Equipo   |                  |                                      |                                  | Código del Equipo  |          |
| Modelo  | N° de Serial     | Tipo                                 | Ubicación en planta              | Marca              |          |
|   |                  |                                      |                                  |                    |          |
| <b>Fecha de Apertura</b>  |                  |                                      |                                  |                    |          |
| Fecha de Apertura   | Hora de Apertura | Fecha de cierre                      | Hora de cierre                   | Número de la Orden |          |
|   |                  |                                      |                                  |                    |          |
| Tipo de Trabajo a Ejecutar  |                  | Dependencia que solicita el servicio | Persona que solicita el servicio |                    |          |
| Mecánico  | C                | Eléctrico                            | E                                |                    |          |
| <b>Trabajo Solicitado</b>   |                  |                                      |                                  |                    |          |
|   |                  |                                      |                                  |                    |          |
| <b>Trabajo a Ejecutar</b>   |                  |                                      |                                  |                    |          |
|   |                  |                                      |                                  |                    |          |
| <b>Personas que realiza el trabajo</b>  |                  |                                      |                                  |                    |          |
| Persona que realiza el trabajo  |                  |                                      | Tiempo de ejecución del Trabajo  |                    |          |
|   |                  |                                      |                                  |                    |          |
| <b>Observaciones</b>  |                  |                                      |                                  |                    |          |
|   |                  |                                      |                                  |                    |          |
| <b>ELABORO:</b>   |                  | <b>REVISO:</b>                       |                                  | <b>APROBO:</b>     |          |
|   |                  |                                      |                                  |                    |          |

## Anexo D


Formato procedimientos aplicado en el plan de mantenimiento del laboratorio de metal-mecánica en el colegio INEM Carlos Arturo Torres.

|                         | <b>PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO TORNO</b> |                                |   | Versión:<br>1  |
|--|---|--------------------------------|---|--|
|  |   |                                |   | Emisión:<br>18/04/2018   |
|  | CÓDIGO:<br>05                               |                                |   | Página:<br>Página 1 de 2   |
| <b>Información del Equipo</b>  |   |                                |   |  |
| Descripción Física del Equipo:<br>El torno COLCHESTER MODELO 1974 utilizado para el metodo de enseñanza. |   |                                |   | Código:<br>TOR_005   |
| <b>Nombre del Equipo:</b>  |   |                                |   |  |
| Torno Colchester   |   |                                |   |  |
|                        | <b>Modelo</b>                               | <b>Nº de Serial</b>            | <b>Tipo</b>   | <b>Marca</b>   |
|  | 1974  | pendiente                      | Industrial  | Colchester   |
|  | <b>País de Procedencia</b>                  | <b>Año de Fabricación</b>      | <b>Costo de Adquisición</b>                           | <b>Costo de Reemplazo</b>  |
|  | Turquia                                     | pendiente                      | N/A   | \$38.750.999   |
|  | <b>Vida Útil</b>                            | <b>Vencimiento de Garantía</b> | <b>Ubicación en la Planta</b>                         | <b>Fecha de Compra</b>   |
| 20 Años  | N/A   | Lab Metal-mecanica             | N/A   | N/A  |
| <b>Datos de distribuidor del Equipo</b>  |   |                                |   |  |
| <b>Nombre Distribuidor en Colombia</b>   |   | <b>Teléfono</b>                |   | <b>E-mail</b>  |
| IMAT S.A   |   | 5712770800                     |   | <a href="mailto:info@imat.com.co">info@imat.com.co</a>                       |
| <b>Dirección de Contacto</b>   |   |                                | <b>Página Web</b>                                     |  |
| Calle 13 # 31-32 Bogotá D. C.  |   |                                | <a href="http://imat.com.co/">http://imat.com.co/</a> |  |
| <b>Elementos de Protección Personal (EPP)</b>  |   |                                |   |  |
| <b>Elementos de Protección Personal del Operario</b>   |   |                                |   |  |
| ítem   | EPP   | Cantidad                       | Verificación  | Descripción  |
| 0  | Guantes de vaqueta de 12 in de largo con    | 1                              | <input checked="" type="checkbox"/>                   | Protección en manipulación de piedra de esmerilado contra cortes,            |
| 1  | Overol de Fibra Sintética                   | 1                              | <input checked="" type="checkbox"/>                   | Protección del operario contra esquirlas o chispas. Norma ANSI - ISEA        |
| 2  | Gafas de seguridad                          | 1                              |   | Monogafas que deben ser elaboradas integralmente en policarbonato,           |
| 3  | Botas punta de acero antideslizantes        | 1                              | <input checked="" type="checkbox"/>                   | Suela compuesto de Goma, estable en un amplio rango de temperaturas          |
| 4  | Tapaboca Industrial                         | 1                              | <input checked="" type="checkbox"/>                   | Máxima filtración, fácil respiraciones. Ajuste anatómico, Facilita el uso de |
| 5  | Protección para oídos                       | 1                              | <input checked="" type="checkbox"/>                   | Tapones auditivos de espuma preformada, tiene la característica de una       |
| 6  | Casco Con barbiqueo                         | 1                              | <input checked="" type="checkbox"/>                   | Casco de polipropileno liviano y resistente con taflete y ratchet que        |
| -  | NA  | NA                             | <input checked="" type="checkbox"/>                   | NA   |

| Herramientas y Equipos                          |  |                              |                                     |  |  |                             |                    |                |                  |
|---|--|------------------------------|-------------------------------------|--|--|-----------------------------|--------------------|----------------|------------------|
| ítem  | Herramientas y Equipos   | Cantidad                     | Verificación                        | Descripción  |  |                             |                    |                |                  |
| 0   | Brocha o cepillos limpios  | 1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | Cepillo de cerdas de alambre de 13 mm (1/2") para limpieza de        |  |                             |                    |                |                  |
| 1   | Recipiente para desechos de escoria  | 1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | Recipiente metálico para desechar escorias del puesto de trabajo     |  |                             |                    |                |                  |
| 2   | Llaves de combinación de 7mm, 10 mm y 12 mm  | 1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | Llaves de combinación para apriete y desapriete de tornillos         |  |                             |                    |                |                  |
| 3   | Llave ajustable (perica) Stanley 6" (87-431)   | 1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | Herramienta manual Stanley de 6" (87-431) para apriete o ajuste de   |  |                             |                    |                |                  |
| 4   | Señalización   | 1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | Herramienta de indicación de mantenimiento elaborada en poliestireno |  |                             |                    |                |                  |
| 5   | Contenedores para paños sucios de aceites o grasas   | 1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | Recipiente de color negro que indica residuos contaminados con       |  |                             |                    |                |                  |
| 6   | Destornillador de Estrella Phillips  | 1                            | <input checked="" type="checkbox"/> | Destornillador con mango ergonómico de 8 mm                          |  |                             |                    |                |                  |
| -   | NA   | NA                           | <input type="checkbox"/>            | NA   |  |                             |                    |                |                  |
| -   | NA   | NA                           | <input type="checkbox"/>            | NA   |  |                             |                    |                |                  |
| Repuestos Necesarios <input type="checkbox"/>   |  |                              |                                     |  |  |                             |                    |                |                  |
| ítem  | Tipo de Repuesto   | Descripción                  | Unidad                              | Verificación   | Cantidad                               | Precio Total                | Cantidad Utilizada | Costo Unitario | Costo Total      |
| 0   | Cremallera   | cremallera de desplazamiento | m                                   | <input checked="" type="checkbox"/>                                  | 1                                      | \$119.744                   | 1 Metro            | \$119.744      | \$119.744        |
| 1   | Carro Transversal  | tuerca de ajuste             | mm                                  | <input checked="" type="checkbox"/>                                  | 1                                      | \$4.500                     | 1                  | \$4.500        | \$4.500          |
| -   | NA   | NA                           | NA                                  | <input type="checkbox"/>   | 0                                      | 0                           | 0                  | 0              | 0                |
| <b>Costo Total de los Repuestos Utilizados</b>  |  |                              |                                     |  |  |                             |                    |                | <b>\$124.244</b> |
| Procedimiento a seguir <input type="checkbox"/> |  |                              |                                     |  |  |                             |                    |                |                  |
| ítem  | Descripción  |                              |                                     | Tiempo (Minutos)   | Realizado                              |                             |                    |                |                  |
| 0   | Verificación de orden de trabajo   |                              |                                     | 1  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 1   | Verificar Elementos de Protección Personal   |                              |                                     | 2  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 2   | Verificar que el operario cuente con los EPP necesarios  |                              |                                     | 3  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 3   | Verificar Insumos y herramientas   |                              |                                     | 1  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 4   | Apagar el tomo   |                              |                                     | 2  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 5   | Desenergizar la máquina  |                              |                                     | 2  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 6   | Colocar la señalización que indique ejecución de mantenimiento   |                              |                                     | 1  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 7   | Limpiar bien la máquina con el desengrasante 3M y el varsol, así como todas sus partes. Aspire las virutas y |                              |                                     | 5  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 8   | Desechar los residuos en el recipiente adecuado  |                              |                                     | 1  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 9   | Chequee y limpie las bridas o platos de apriete con paños de limpieza y varsol.                              |                              |                                     | 5  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 10  | Iniciar con el proceso de montaje de la cremallera   |                              |                                     | 0,5  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 11  | Desajustar todos los tornillos necesarios para el proceso de montaje de la cremallera                        |                              |                                     | 1  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 12  | Volver a ajustar toda la tomillería una vez terminado el procedimiento                                       |                              |                                     | 1  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 13  | Limpiar el carro transversal para evitar salpicaduras y hacer más fácil el trabajo                           |                              |                                     | 3  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 14  | Insertar la tuerca de ajuste para el carro transversal   |                              |                                     | 1  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 15  | Verificar que quedó bien ajustada para su debido funcionamiento  |                              |                                     | 3  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 16  | Verificar que todo quedó bien y alzar las herramientas   |                              |                                     | 4  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |
| 17  | Sugete de la misma manera en la que lo soltó   |                              |                                     | 5  | Si <input checked="" type="checkbox"/> | No <input type="checkbox"/> |                    |                |                  |

## Anexo E

Formato ficha técnica aplicado en el plan de mantenimiento del laboratorio de metal-mecánica en el colegio INEM Carlos Arturo Torres.

|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|---|-------------------------|------------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------|------------|--------------------------|-------|
|  | <b>FICHA TÉCNICA</b>    |                        |                  |                      |                      |                    |            | Versión:<br>3            |       |
|   | CÓDIGO:                 |                        |                  |                      |                      |                    |            | Emisión:<br>14/05/2018   |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            | Página:<br>Página 1 de 1 |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| <b>Características Técnicas del Equipo</b>  |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Descripción Física del Equipo:  |                         |                        |                  |                      |                      |                    | Código:    |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Nombre del Equipo:  |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Modelo  |                         | N° de Serial           |                  | Tipo                 |                      | Marca              |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| País de Procedencia   |                         | Año de Fabricación     |                  | Costo de Adquisición |                      | Costo de Reemplazo |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Vida Útil   | Vencimiento de Garantía | Ubicación en la Planta |                  | Fecha de Compra      | Fecha de Instalación |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| <b>Datos de distribuidor del Equipo</b>   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Nombre Distribuidor en Colombia   |                         |                        | Teléfono         |                      |                      | E-mail             |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Dirección de Contacto   |                         |                        |                  | Página Web           |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| <b>Proveedor de repuestos e insumos</b>   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Compañía  | Dirección               | Teléfono               | E-mail o Webpag. | Repuesto o insumo    | Fabricante           | Tipo               | Referencia | Cantidad                 | Costo |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| <b>Contrato de mantenimiento</b>  |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
| Contratista   | Dirección de Contacto   | Telefono               | E-mail o Webpag. | Fecha de Inicio      | Fecha de Vencimiento | Costo              |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |
|   |                         |                        |                  |                      |                      |                    |            |                          |       |

| Contrato de mantenimiento       |                       |                          |                          |                          |                      |       |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------|
| Contratista                     | Dirección de Contacto | Telefono                 | E-mail o Webpag.         | Fecha de Inicio          | Fecha de Vencimiento | Costo |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
| Especificaciones Técnicas       |                       |                          | Características Técnicas |                          |                      |       |
| Manual de Operaciones           | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Manual de Mantenimiento         | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Manual de Repuestos             | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Planos Eléctricos               | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Planos Mecánicos                | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Check list                      | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Catalogo                        | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Otros                           | Si                    | <input type="checkbox"/> | No                       | <input type="checkbox"/> |                      |       |
| Procedimientos de mantenimiento |                       |                          |                          |                          |                      |       |
| Código                          | Nombre                |                          |                          |                          |                      |       |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
|                                 |                       |                          |                          |                          |                      |       |
| Observaciones                   |                       |                          |                          |                          |                      |       |
| ELABORO:                        |                       |                          | REVISO:                  |                          | APROBO:              |       |



Anexo G

Formato análisis de criticidad por equipo aplicado en el plan de mantenimiento del laboratorio de metal-mecánica en el colegio INEM Carlos Arturo Torres.

| Criterios a evaluar   |      | Criterio a evaluar                             |       | Flexibilidad Operacional                      |                                      | Frecuencia                           |                                      |
|---|------|--|-------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Frecuencia de fallas  | Fact | Costo de mantenimiento                         | Facto | Mejor opción de producción y en los fondos de | Mejor opción de respuesta disponible | Mejor opción de respuesta disponible | Mejor opción de respuesta disponible |
| Prevalencia: 2 fallas/año   | 4    | Mayor a igual: \$5.000.000                     | 2     | Mejor opción de respuesta disponible          | 4                                    | Mejor opción de respuesta disponible | 4                                    |
| Prevalencia: 2 fallas/año   | 3    | Mayor que \$5.000.000                          | 1     | Facilidad de respuesta disponible             | 2                                    | Facilidad de respuesta disponible    | 2                                    |
| Prevalencia: 4 fallas/año   | 2    | Valor  | 1     | Valor   | 1                                    | Valor                                | 1                                    |
| Excepción: Menor de 0,5 fallas/año  | 1    | Valor  | 1     | Valor   | 1                                    | Valor                                | 1                                    |
| <b>Valor</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>Impacto Operacional</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| Pérdida de toda la producción   | 10   | Impacto en Seguridad, Ambiente e higiene (SAH) |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Pérdida del sistema o subsistema y recuperación                           | 7    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 4    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 4    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 1    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 1    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| <b>Valor</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>Valor</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>CONSECUENCIA-(IMPACTO OPERACIONAL*FLEXIBILIDAD)+COSTO CONSECUENCIA</b> |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>3</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>CRITICIDAD TOTAL- FRECUCENCIA*CONSECUENCIA DE FALLAS</b>               |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>3</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>CRITICIDAD TOTAL</b>   |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>3</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |

| TORNO Tcchr 3 05 T      |    |    |    |    |    |   |   |
|-------------------------|----|----|----|----|----|---|---|
| 1                       | MC | MC | C  | C  | C  | C | C |
| 2                       | MC | MC | MC | C  | C  | C | C |
| 3                       | MC | MC | MC | MC | C  | C | C |
| 4                       | MC | MC | MC | MC | MC | C | C |
| <b>CRITICIDAD TOTAL</b> |    |    |    |    |    |   |   |
| <b>3</b>                |    |    |    |    |    |   |   |
| <b>CRITICIDAD TOTAL</b> |    |    |    |    |    |   |   |
| <b>3</b>                |    |    |    |    |    |   |   |

| Criterios a evaluar   |      | Criterio a evaluar                             |       | Flexibilidad Operacional                      |                                      | Frecuencia                           |                                      |
|---|------|--|-------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Frecuencia de fallas  | Fact | Costo de mantenimiento                         | Facto | Mejor opción de producción y en los fondos de | Mejor opción de respuesta disponible | Mejor opción de respuesta disponible | Mejor opción de respuesta disponible |
| Prevalencia: 2 fallas/año   | 4    | Mayor a igual: \$5.000.000                     | 2     | Mejor opción de respuesta disponible          | 4                                    | Mejor opción de respuesta disponible | 4                                    |
| Prevalencia: 2 fallas/año   | 3    | Mayor que \$5.000.000                          | 1     | Facilidad de respuesta disponible             | 2                                    | Facilidad de respuesta disponible    | 2                                    |
| Prevalencia: 4 fallas/año   | 2    | Valor  | 1     | Valor   | 1                                    | Valor                                | 1                                    |
| Excepción: Menor de 0,5 fallas/año  | 1    | Valor  | 1     | Valor   | 1                                    | Valor                                | 1                                    |
| <b>Valor</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>Impacto Operacional</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| Pérdida de toda la producción   | 10   | Impacto en Seguridad, Ambiente e higiene (SAH) |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Pérdida del sistema o subsistema y recuperación                           | 7    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 4    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 4    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 1    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| Discontinuidad en el servicio   | 1    | SAH  |       | Método de seguridad humana total              |                                      |                                      |                                      |
| <b>Valor</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>Valor</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>CONSECUENCIA-(IMPACTO OPERACIONAL*FLEXIBILIDAD)+COSTO CONSECUENCIA</b> |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>3</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>CRITICIDAD TOTAL- FRECUCENCIA*CONSECUENCIA DE FALLAS</b>               |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>3</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>CRITICIDAD TOTAL</b>   |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |
| <b>3</b>  |      |  |       |   |                                      |                                      |                                      |



## Anexo I

### Syllabus curso de Mantenimiento y Autodesk Inventor

#### PRESENTACIÓN


El curso parte de un proyecto de Proyección Social de la USTA  
El curso pretende compartir conocimientos adquiridos en la USTA en el área de diseño de piezas y ensamblajes de máquinas herramientas; su correcto diseño e interpretación de planos de trabajo apoyándonos en programas de manejo y diseño de trabajo.

#### JUSTIFICACIÓN

Se pretende capacitar a los estudiantes y docentes en el manejo de software de simulación y modelado de AUTODESK INVENTOR, puesto que es de gran importancia en la formación de futuros bachilleres técnicos, ya que serán en la práctica usuarios y responsables de la implementación de los planes propuestos.

#### OBJETIVO GENERAL

Presentar a la comunidad del Colegio INEM de Tunja, una herramienta de diseño aplicable para trabajos de construcción en máquinas del laboratorio metal-mecánica, que se pueda aplicar tanto en el colegio como para cualquier organización en la que puedan estar involucrados.

|  |  |                         |
|--|--|-------------------------|
| <br>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS<br>PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA<br><i>Experiencia y Calidad</i> | PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE<br>DIPLOMADOS, CURSOS, TALLERES Y OTROS<br>EVENTOS ACADÉMICOS | VERSIÓN:<br>001         |
|  |  | EMISIÓN:<br>16/08/2018  |
| CÓDIGO:<br>5203-F-001  |  | PÁGINA<br>Página 2 de 4 |

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Identificar los diferentes conceptos aplicados en diseño.
- ❖ Utilizar como herramienta el programa AUTODESK INVENTOR para el diseño e implementación de trabajos en máquinas herramientas.
- ❖ Utilizar el programa INVENTOR para la creación de diseños de diferentes geometrías en 2D.

#### PROGRAMA ACADÉMICO


| CONTENIDOS  | HORAS | DOCENTE  |
|---|-------|--|
| Introducción a AUTO DESK INVENTOR                             | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Conceptos de herramientas básicas del Software a implementar. | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Elaboración de sólidos de diferentes geometrías.              | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Diseño en 2D  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Ensamblajes de variedad de piezas.                            | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Elaboración e interpretación de planos de trabajo.            | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Interpretación de planos de trabajo.                          | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |

21

| PROGRAMA ACADÉMICO   |       |  |
|--|-------|--|
| CONTENIDOS   | HORAS | DOCENTE  |
| Introducción.<br>Necesidad del cambio.<br>Gestionar los cambios.<br>Ventajas de gestionar el cambio con una metodología.<br>Concepto de cambio.<br>Implicaciones del cambio.<br>Tipos de cambio. | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Conocimientos básicos de herramientas de programas a implementar.  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Gestionar información con énfasis en mantenimiento.<br>Conceptos de mantenimiento en máquinas herramientas.  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Diseño y elaboración de formatos   | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Diseño y elaboración del prototipo básico de menú del plan de mantenimiento.   | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Instructivo para el manejo del plan de mantenimiento de la institución.  | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |
| Entrega final.   | 2     | HECTOR MORENO PEÑALOZA<br>MIGUEL ANGUEL ACOSTA |

| METODOLOGÍA                        |
|------------------------------------|
| Presencial y trabajo independiente |

| RECURSOS A UTILIZAR   |
|---|
| <p>Material didáctico: medio básico para facilitar el auto-aprendizaje a los estudiantes. El diseño, la elaboración y/o la revisión de los textos guías es realizado por el docente.</p> <p>Material didáctico elaborado por los docentes y estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica; en ellos se encuentran los temas necesarios para la formación de los participantes.</p> <p>Bibliografía sugerida y adoptada para el desarrollo del proceso que contiene, los conceptos y elementos necesarios para cumplir con ese perfil.</p> <p>El estudiante recibe una guía, en cada uno de los módulos, para su lectura y el análisis de los conceptos, con lo cual se da inicio a su aprendizaje.</p> <p>Guías de estudio de los módulos.</p> <p>Controles, que constituyen un medio para que el participante profundice en el aprendizaje del módulo.</p> |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  <p>UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS<br/>POR EL BIEN DE LA UNIVERSIDAD DE COLOMBIA<br/>Experiencia y Calidad</p> | <p>PRESENTACIÓN DE PROPUESTA DE<br/>DIPLOMADOS, CURSOS, TALLERES Y OTROS<br/>EVENTOS ACADÉMICOS</p> | <p>VERSIÓN:<br/>001</p>  |
|  | <p>CÓDIGO:<br/>5203-F-001</p>   | <p>EMISIÓN:<br/>16/05/2018</p> <p>PÁGINA<br/>Página 3 de 4</p> |
| <p>Evaluaciones prácticas con las cuales se logra que el participante de manera independiente ponga en acción los conocimientos adquiridos.</p>  |   |  |

| BIBLIOGRAFÍA   |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• CÁRCEL CARRASCO, Francisco. <i>Industrial Maintenance Engineering and Knowledge Management. Improvement in Business Efficiency</i>. En: Elementos [en línea] No.5 (2015) &lt;<a href="https://riunet.upv.es/handle/10251/67268">https://riunet.upv.es/handle/10251/67268</a>&gt; [citado en 24 de septiembre de 2017].</li> <li>• CARCEL CARRASCO, Francisco; RODRIGUEZ MENDEZ, Manuel. El mantenimiento industrial y el conocimiento tácito: una introducción sobre su incidencia En: <i>Dyna management</i> [en línea] Vol. 1, No 3. (2013) p.15 &lt;<a href="http://www.dynamanagement.com/busqueda-MN/el-mantenimiento-industrial-y-conocimiento-tacito-una-introduccion-sobre-su-incidencia">http://www.dynamanagement.com/busqueda-MN/el-mantenimiento-industrial-y-conocimiento-tacito-una-introduccion-sobre-su-incidencia</a>&gt; [citado en 24 de septiembre de 2017].</li> <li>• CÁRCEL CARRASCO, Francisco; ROLDÁN PORTA, Carlos. Basic principles of knowledge management and its application to the industrial company in tactical operations of maintenance and operational exploitation: A qualitative study En: <i>Intangible Capital</i> [en línea]. Vol. 9, No. 1. (2013) &lt;<a href="http://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/341">http://www.intangiblecapital.org/index.php/ic/article/view/341</a>&gt; [citado en 24 de septiembre de 2017].</li> <li>• CASALLAS CASTELLANOS, Yanson. Modelo gerencial de mantenimiento para edificios. Bucaramanga, 2004, 94h. Trabajo de grado (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Disponible catálogo en línea Universidad industrial de Santander &lt;<a href="http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7824/2/113594.pdf">http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7824/2/113594.pdf</a>&gt;; [citado en 24 de septiembre de 2017]</li> <li>• ESPINOSA, Fernando; SALINAS, Gonzalo. Selección de Estrategias de Mejoramiento de las Condiciones de Trabajo para la Función Mantenimiento Utilizando la Metodología MCDA Constructivista En: <i>Información tecnológica</i> [en línea] Vol. 24, No 3. (2013) pp. 57-72 &lt;<a href="http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S0718-07642013000300008&amp;lng=en&amp;nrm=iso&amp;tln=es">http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&amp;pid=S0718-07642013000300008&amp;lng=en&amp;nrm=iso&amp;tln=es</a>&gt;; [citado en 24 de septiembre de 2017].</li> </ul> |

## **ANEXO J**

Carta recibido del plan de mantenimiento del laboratorio; por parte del director de laboratorio de metal-mecánica Colegio INEM Carlos Arturo Torres.