



**Implementación del plan de mantenimiento del área de máquinas herramientas del
Laboratorio De MCI Y Rectificación**

Amanta Aguilar, Gilberth Joel y Mena Pazmiño, Luis Adrián

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Ing. Mena Navarrete, Luis Antonio MSc.

Agosto 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Amanta, Mena. (2023). Implementaci...

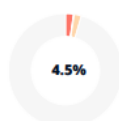
Scan details

Scan time:
August 7th, 2023 at 17:15 UTC

Total Pages:
56

Total Words:
13849

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.3%	315
Minor Changes	0.2%	28
Paraphrased	2%	283
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
 AI text
 Human text

🔍 Plagiarism Results: (55)

🌐 **FormatosTrabajosdeTitulacion2022-1.docx** 1.4%

<https://biblioteca.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/...>

Calderon Garcia Angel David

[image:] Nota: Colocar únicamente la página que indica el porcentaje de similitud de la herramienta contratada por la Universidad. Fir...

🌐 **FormatosTrabajosdeIntegracionCurricular2022.docx** 1.4%

<https://biblioteca.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/...>

Calderon Garcia Angel David

[image:] Nota: Colocar únicamente la página que indica el porcentaje de similitud de la herramienta contratada por la Universidad. Fir...

🌐 **FormatosTrabajosdeTitulacion2022.docx** 1.4%

<https://biblioteca.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/...>

Calderon Garcia Angel David

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos [image:] Nota: Colocar únicamente la página que ...

Ing. Mena Navarrete, Luis Antonio

C.C.: 1801618644




Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de Integración Curricular: **“Implementación del plan de mantenimiento del área de máquinas herramientas del laboratorio de MCI y rectificación”** fue realizado por los señores: **Amanta Aguilar, Gilberth Joel ; Mena Pazmiño, Luis Adrián**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permitió acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 14 de agosto del 2023



Ing. Mena Navarrete, Luis Antonio
C.C.: 1801618644



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Auditoría

Nosotros, **Amanta Aguilar, Gilberth Joel ; Mena Pazmiño, Luis Adrián** con cédulas de ciudadanía N°1752368959; 0504440595 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Integración Curricular: **“Implementación del plan de mantenimiento del área de máquinas herramientas del laboratorio de MCI y rectificación”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográfica.

Latacunga, 14 de agosto del 2023

Amanta Aguilar Gilberth Joel

C.C: 1752368959

Mena Pazmiño Luis Adrián

C.C: 0504440595



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Amanta Aguilar, Gilberth Joel ; Mena Pazmiño, Luis Adrián** con cédulas de ciudadanía N°1752368959;0504440595, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Integración Curricular: **“Implementación del plan de mantenimiento del área de máquinas herramientas del laboratorio de MCI y rectificación”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 14 de agosto del 2023

Amanta Aguilar Gilberth Joel

C.C: 1752368959

Mena Pazmiño Luis Adrián

C.C: 0504440595

Dedicatoria I

Dedico este trabajo en forma de agradecimiento a mi madre, cuyo amor y sacrificio han sido mi guía constante, la que con ingenios hizo que tuviéramos lo necesario para estudiar. Esta meta alcanzada es un testimonio de sus enseñanzas. Gracias por ser mi inspiración, un sueño más se te cumple.

A mi padre que supo inculcarme el valor de la responsabilidad y el que me enseñó que con sacrificio se alcanza éxito. Esta tesis es un reflejo de tu esfuerzo y dedicación. A mi gran héroe, gracias por hacerme recordar de las promesas que hice siendo niño y ahora las estoy cumpliendo.

A mis hermanos que, con sus experiencias, palabras de aliento, su amor incondicional y su constante inspiración han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar este momento. Gracias por confiar en mí.

“Con cariño, esta victoria es tanto suya, como mía”.

Amanta Aguilar Gilberth Joel

Dedicatoria II

Con amor y gratitud, dedico este trabajo a mis amados padres y a mi hermana, que, a lo largo de mi camino, han sido y seguirán siendo mi inspiración inquebrantable.

A mis padres, les debo la base sólida sobre la que he construido mis sueños. Sus sacrificios, su amor incondicional y su confianza en mí han sido mi motor para seguir adelante, superar obstáculos y alcanzar esta meta; A ti, mi querida hermana, te agradezco por ser mi compañera de aventuras y por brindarme tu apoyo sincero

Este logro no solo es mío, sino que también es suyo; siempre han creído en mí incluso cuando dudaba de mis propias capacidades, y eso ha sido mi impulso constante, y esta tesis es un tributo a su leal apoyo

Con todo mi amor,

Mena Pazmiño Luis Adrián

Agradecimiento I

En mi recorrido por alcanzar el éxito, la frase “Si quieres ir rápido, camina solo. Si quieres llegar lejos, camina acompañado”. Cobra un significado especial y conmovedor, por lo que quiero expresar mi gratitud:

Antes que nada, a Dios por que vio algo especial en mí, por la familia que me dio y por todo lo que llegaré alcázar.

A mis queridos padres y hermanos, mi más profundo agradecimiento por su participación incondicional en este trayecto hacia la culminación de este meta. Su apoyo constante y amor han sido mi motor y fortaleza a lo largo de este camino. Este logro es también suyo, y lleva la huella indeleble de su aliento y sacrificio.

A mi gran amigo Alexander y a su familia quienes me abrieron las puertas de su hogar y me brindaron su apoyo el cual fue esencial para poder alcanzar esta meta.

A mi tutor de tesis, el Ing. Luis Mena, cuya guía paciente y comprometida ha sido el faro que nos ha iluminado a lo largo de este proceso. Su sabiduría y dedicación quedan reflejadas en cada página de este trabajo, y su influencia perdurará en mi trayectoria académica y profesional.

A todos los docentes quienes, trascendiendo su función educativa, compartieron generosamente su sabiduría se volvieron amigos. Sus enseñanzas perdurarán en mi memoria como un valioso legado.

A mis amigos con quienes compartí innumerables experiencias a lo largo de mi formación académica. En particular, al grupo al que cariñosamente denominamos 'Grupo de la Muerte'. Su contribución significativa fue fundamental para mi crecimiento y superación, y junto a ellos forjé los recuerdos más preciados de mi vida universitaria."

Amanta Aguilar Gilberth Joel

Agradecimiento II

En el camino hacia la excelencia, quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos aquellos que han sido partícipes en mi travesía académica:

En primer lugar, agradezco a Dios por iluminar mi camino con sabiduría y guiar mis pasos.

A mis padres, abuelos, hermana y tíos por el apoyo incondicional para alcanzar cada meta que me he propuesto.

A mi estimado tutor de tesis, Ing. Luis Mena Navarrete, quiero expresar mi sincero agradecimiento por su paciencia, compromiso y orientación durante todo este proceso. Su sabiduría y guía han sido esenciales para alcanzar este logro.

A mi buena amiga la Ing. Mayra L. por su honesta amistad y apoyo que me ha brindado desde el inicio de mi vida estudiantil.

A todos los docentes que no solo compartieron su conocimiento, sino que también brindaron su amistad y apoyo. Cada lección aprendida va más allá del aula y ha dejado una marca indeleble en mi formación.

A mis amigos, por las experiencias compartidas, las risas y el apoyo en los momentos desafiantes. Ustedes han enriquecido mi vida y han sido un bálsamo en los momentos de tensión.

Mena Pazmiño Luis Adrián

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Auditoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria I	6
Dedicatoria II	7
Agradecimiento I.....	8
Agradecimiento II.....	9
Resumen.....	18
Abstrac	19
Capítulo I: Marco Metodológico de la Investigación	20
Antecedentes de la Investigación	20
Planteamiento del problema.....	21
Descripción resumida de la investigación	22
Justificación e Importancia	23
Objetivos de investigación.....	23
<i>Objetivo General.....</i>	23
<i>Objetivos Específicos</i>	23
Resultado a obtener.....	24

Metas.....	24
Hipótesis.....	24
Variables de Investigación	24
<i>Variable Dependiente</i>	24
<i>Variable Independiente</i>	24
Capítulo II: Fundamento Teórico	25
Introducción al mantenimiento	25
Tipos de mantenimiento	25
<i>Mantenimiento correctivo CM (Corrective Maintenance)</i>	26
<i>Mantenimiento preventivo PM (Preventive Maintenance)</i>	27
<i>Mantenimiento predictivo PdM (Predictive Maintenance)</i>	27
Gestión estratégica del mantenimiento.....	28
<i>Planificación del mantenimiento</i>	28
<i>Organización y administración del mantenimiento</i>	29
<i>Implementación del plan de mantenimiento</i>	33
<i>Control del mantenimiento</i>	34
Procesos de rectificación de elementos	38
<i>Aspecto, causa y corrección de avería de elementos móviles a ser rectificadas</i>	38
<i>Decisión de la viabilidad de un proceso de rectificación</i>	38
<i>Verificación de tolerancias de rectificación según manuales del fabricante</i>	39
<i>Control de calidad en la rectificación</i>	39

Máquinas de rectificación de elementos automotrices	40
<i>Tipos de máquinas de rectificación</i>	40
Capítulo III: Implementación de los Planes de Mantenimiento	43
Inventario de las máquinas de rectificación	43
Mantenimiento y puesta a punto de las máquinas rectificadoras.	44
<i>Lubricación y cambio de fluidos refrigerantes.</i>	44
<i>Mantenimiento eléctrico, electrónico de los tableros de control.</i>	49
<i>Mantenimiento mecánico e hidráulico.</i>	51
<i>Mantenimiento Instrumentación</i>	61
Adecuación de las áreas de trabajo y zonas de seguridad.....	62
<i>Distribución de áreas</i>	62
<i>Adecuación de paredes y suelo</i>	65
<i>Readecuación de la señalética de seguridad del área de rectificación</i>	70
<i>Metodología 9S</i>	71
Desarrollo del plan de mantenimiento orientado a máquinas de rectificación	77
<i>Selección del modelo de mantenimiento</i>	77
<i>Planificación del mantenimiento</i>	77
<i>Actividades de mantenimiento</i>	78
Guías y solicitudes académicas para el laboratorio.....	79
Implementación de la interfaz digital en el laboratorio.	80
<i>Diseño de la interfaz digital</i>	80

<i>Estructuración y creación de entradas para las máquinas herramientas</i>	81
<i>Creación de códigos QR para las máquinas rectificadoras</i>	81
<i>Implementación de códigos de registro en maquinaria y equipos</i>	84
Capítulo IV: Marco Administrativo	88
Recursos	88
<i>Recursos humanos</i>	88
<i>Recursos tecnológicos</i>	88
<i>Recursos materiales</i>	89
<i>Recursos económicos</i>	89
Conclusiones	91
Recomendaciones	92
Bibliografía	93
Anexos	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de fallos de un sistema.</i>	35
Tabla 2 <i>Codificación del área dentro del laboratorio.</i>	43
Tabla 3 <i>Codificación del tipo de máquina dentro del área.</i>	43
Tabla 4 <i>Máquinas herramientas que reciben el plan de mantenimiento.</i>	44
Tabla 5 <i>Características típicas del fluido Texaco Soluble D.</i>	45
Tabla 6 <i>Recursos humanos del proyecto.</i>	88
Tabla 7 <i>Recursos tecnológicos usados en el proyecto.</i>	88
Tabla 8 <i>Recursos materiales usados en el proyecto.</i>	89
Tabla 9 <i>Recursos económicos del proyecto.</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Clasificación de los sistemas de mantenimiento según AFNOR.</i>	26
Figura 2	<i>Estructura jerárquica del departamento de mantenimiento.</i>	29
Figura 3	<i>Codificación de recursos de una empresa.</i>	30
Figura 4	<i>Base de datos mediante hojas de cálculo.</i>	31
Figura 5	<i>Tarjeta maestra de datos (TMD).</i>	32
Figura 6	<i>Diagrama ABC o árbol de averías.</i>	36
Figura 7	<i>Diagrama causa-efecto o Ishikawa.</i>	36
Figura 8	<i>Diagrama de Pareto.</i>	37
Figura 9	<i>Rectificadora de superficies planas de culata y bloque de cilindros.</i>	40
Figura 10	<i>Rectificadora de cilindros portable.</i>	41
Figura 11	<i>Rectificadora de cigüeñales.</i>	41
Figura 12	<i>Rectificadora de asientos de válvulas.</i>	42
Figura 13	<i>Rectificadora de discos y tambores de frenos.</i>	42
Figura 14	<i>Texaco Soluble D (Taladrina).</i>	45
Figura 15	<i>Contaminación del fluido soluble de la rectificadora de cigüeñales.</i>	46
Figura 16	<i>Formación de sedimentos en el conducto de retorno al depósito de soluble.</i>	47
Figura 17	<i>Limpieza del depósito de soluble de la rectificadora de cigüeñales.</i>	48
Figura 18	<i>Limpieza del depósito de soluble de la rectificadora de válvulas.</i>	48
Figura 19	<i>Fallo motor de avance automático de la rectificadora de discos y tambores.</i>	49
Figura 20	<i>Medición de voltaje a la salida de la placa de rectificación.</i>	50
Figura 21	<i>Prueba de funcionamiento del motor DC del avance automático.</i>	50
Figura 22	<i>Engrase del tornillo sin fin posterior al montaje en el avance de la muela abrasiva.</i>	51
Figura 23	<i>Adecuación del volante con escala graduada y encerado del tornillo sin fin.</i>	52
Figura 24	<i>Desmontaje de la tapa del mecanismo de avance y control de velocidad.</i>	53
Figura 25	<i>Montaje del control de avance manual luego de corregir el fallo de endurecimiento.</i>	53

Figura 26	<i>Inspección de los componentes mecánicos para descartar picaduras o fisuras.</i>	<i>54</i>
Figura 27	<i>Montaje final de la rectificadora de cilindros.</i>	<i>55</i>
Figura 28	<i>Desmontaje del control de avance del cabezal.....</i>	<i>56</i>
Figura 29	<i>Inspección de los componentes mecánicos del control de avance automático.....</i>	<i>56</i>
Figura 30	<i>Engrase de los cojinetes de rodadura del cabezal.....</i>	<i>57</i>
Figura 31	<i>Desmontaje de la bomba de lubricación del mecanismo de bancada.....</i>	<i>58</i>
Figura 32	<i>Cambio de los segmentos de la bomba de lubricación de bancada.....</i>	<i>58</i>
Figura 33	<i>Colocación del líquido lubricante en la bomba de lubricación.....</i>	<i>59</i>
Figura 34	<i>Comprobación del funcionamiento de la bomba de lubricación de bancada.....</i>	<i>60</i>
Figura 35	<i>Inspección de los penos de regulación de excentricidad del cabezal.</i>	<i>60</i>
Figura 36	<i>Replicado de los pernos de regulación de excentricidad del cabezal.</i>	<i>61</i>
Figura 37	<i>Colocación de la perilla de control de velocidad de avance del automático.....</i>	<i>62</i>
Figura 38	<i>Distribución del laboratorio de motores de combustión interna y rectificación.</i>	<i>63</i>
Figura 39	<i>Distribución de zonas de trabajo y seguridad del área de rectificación.....</i>	<i>64</i>
Figura 40	<i>Penetración de las grietas, hoyos o trincheras más afectadas del suelo.</i>	<i>65</i>
Figura 41	<i>Aplicación de tratamiento de neutralización para superficies alcalinas en el suelo. ..</i>	<i>66</i>
Figura 42	<i>Nivelación de la superficie del suelo.....</i>	<i>67</i>
Figura 43	<i>Emparejamiento de acabado de la superficie del suelo.....</i>	<i>67</i>
Figura 44	<i>Aplicación colores en las paredes del área de rectificación.....</i>	<i>68</i>
Figura 45	<i>Aplicación de pintura de fondo para el suelo del área de rectificación.....</i>	<i>69</i>
Figura 46	<i>Aplicación de pintura y delimitación de áreas para zonas de trabajo y máquinas.</i>	<i>69</i>
Figura 47	<i>Aplicación de pintura para la señal preventiva de las máquinas herramientas.</i>	<i>70</i>
Figura 48	<i>Colocación de la señalética de seguridad en el área de rectificación.</i>	<i>71</i>
Figura 49	<i>Seiri: Clasificación de todos los insumos presentes en el área de rectificación.</i>	<i>72</i>
Figura 50	<i>Seiton: Orden de los insumos del área de rectificación.</i>	<i>73</i>
Figura 51	<i>Seiso: Limpieza del área de rectificación.....</i>	<i>73</i>

Figura 52 <i>Seiketsu: Estandarización de los elementos presentes en el área de rectificación. ...</i>	74
Figura 53 <i>Shitsuke: Disciplina en las obligaciones como estudiantes dentro del laboratorio. ...</i>	74
Figura 54 <i>Shikari: Constancia en base a la planificación de las prácticas diarias o rutinarias...</i>	75
Figura 55 <i>Shitsukoku: Compromiso con las actividades programadas con anterioridad.....</i>	75
Figura 56 <i>Seishoo: Coordinación mediante el uso de interfaces digitales.</i>	76
Figura 57 <i>Seido: Estandarización de actividades de mantenimiento anual mediante planning.</i>	76
Figura 58 <i>Diseño de la interfaz digital panel general.</i>	80
Figura 59 <i>Entradas de las máquinas herramientas de rectificación en la interfaz digital.....</i>	81
Figura 60 <i>QR Rectificadora de válvulas.</i>	82
Figura 61 <i>QR Rectificadora de superficies planas.....</i>	82
Figura 62 <i>QR Rectificadora de cilindros.</i>	83
Figura 63 <i>QR Rectificadora de cigüeñales.</i>	83
Figura 64 <i>QR Rectificadora de discos y tambores de freno.....</i>	84
Figura 65 <i>Incorporación de la placa QR en la rectificadora de cigüeñales.....</i>	85
Figura 66 <i>Incorporación de la placa QR en la rectificadora de válvulas.....</i>	85
Figura 67 <i>Incorporación de la placa QR en la rectificadora de superficies planas.</i>	86
Figura 68 <i>Incorporación de la placa QR en la rectificadora de discos y tambores de freno.</i>	86
Figura 69 <i>Incorporación de la placa QR en la rectificadora de cilindros</i>	87

Resumen

Ante las deficiencias en la gestión de mantenimiento que afectan la operatividad y durabilidad de la maquinaria en varias organizaciones. El presente trabajo de titulación tiene como objeto implementar el plan de mantenimiento del área de máquinas herramientas en el laboratorio de Motores de Combustión Interna (MCI) y Rectificación. En base a una evaluación de la infraestructura y máquinas donde se identificó defectos críticos que requerían una acción inmediata para abordar las acciones preventivas y correctivas de la instalación. La implementación del plan de mantenimiento se basó en una combinación de dos enfoques; El método LEMI nos permitió categorizar las tareas de lubricación, electricidad, mecánica y de instrumentación para priorizar según su impacto y urgencia, a su vez que contribuye una correcta puesta a punto en las máquinas rectificadoras. Esto permitió que los recursos se asignaran de manera óptima para abordar los aspectos más importantes del mantenimiento. También, se adoptó la metodología 9S de modo que fomenta la mejora continua. Y para mejorar este enfoque, se introdujo códigos QR en las máquinas para un acceso rápido y directo a información sobre ellas, esto hizo que los detalles técnicos y las guías de usuario estuvieran fácilmente disponibles, agilizando los procesos y reduciendo el tiempo de inactividad. Esta solución implementada contó con una estrategia integral que abordó las necesidades específicas de mantenimiento al mismo tiempo que promovía una cultura de mejora continua. La integración de tecnología a través de códigos QR e interfaz digital facilita el acceso a la información y los procedimientos necesarios para operar la máquina, reforzando una cultura de excelencia en el laboratorio.

Palabras clave: plan de mantenimiento, metodología 9S, método LEMI, puesta a punto, máquinas rectificadoras.

Abstrac

Given the deficiencies in maintenance management that affect the operability and durability of machinery in various organizations. The purpose of this degree work is to implement the maintenance plan for the machine tools area in the Internal Combustion Engines (MCI) and Rectification laboratory. Based on an evaluation of the infrastructure and machines where critical defects were identified that required immediate action to address the preventive and corrective actions of the installation. The implementation of the maintenance plan was based on a combination of two approaches; The LEMI method allowed us to categorize the tasks of lubrication, electricity, mechanics and instrumentation to prioritize according to their impact and urgency, at the same time that a correct set-up of the grinding machines contributes. This allowed resources to be optimally allocated to address the most important aspects of maintenance. Also, the 9S methodology was adopted so that it encourages continuous improvement. And to enhance this approach, QR codes were embedded on the machines for quick and direct access to information about them, making technical details and user guides readily available, streamlining processes and reducing downtime. This implemented solution featured a comprehensive strategy that addressed specific maintenance needs while promoting a culture of continuous improvement. The integration of technology through QR codes and the digital interface facilitates access to the information and procedures necessary to operate the machine, reinforcing a culture of excellence in the laboratory.

Keywords: maintenance plan, 9S methodology, LEMI method, fine tuning, grinding machines.

Capítulo I

Marco Metodológico de la Investigación

Antecedentes de la Investigación

Desde sus inicios, el hombre ha mantenido una estrecha relación con las herramientas, las cuales le han ayudado a realizar diversas tareas. Es esencial que estas herramientas se encuentren en óptimas condiciones, por lo que, se encargaban de cambiar los elementos en mal estado, mejorarlos o incluso crear nuevas herramientas. En aquel entonces, no se tenía conocimiento de que se estaban llevando a cabo las primeras actividades de mantenimiento (Pérez, 2021).

Con el paso del tiempo y debido a los grandes cambios que estaba sufriendo la sociedad en todos los ámbitos, en el siglo XVIII, debido a la Revolución Industrial, las prácticas de mantenimiento eran más recurrentes, debido a las largas jornadas de trabajo a las que estaban sometidas, estas presentaban averías en sus componentes, las cuales eran reparadas por los mismos operadores, apareciendo así el mantenimiento correctivo.

Para la llegada de la Segunda Guerra mundial (1939-1945), se establece un período de tiempo durante el cual, la máquina debe funcionar correctamente bajo ciertas condiciones o parámetros. Evolucionando el significado de mantenimiento como se entendía en ese momento, el trabajo ya no se trataba de reparar daños en la maquinaria, sino también de tomar medidas de diagnóstico para prevenir averías. (Mora, 2009)

En la actualidad, el mantenimiento es muy importante para la industria y tiene como prioridad de mejorar la seguridad del operador, la confiabilidad y disponibilidad de la máquina. Esto ha llevado a las empresas a establecer departamentos responsables de las operaciones de mantenimiento, especialmente a través de encuestas, métodos estadísticos y gestión de recursos, para mejorar y establecer procedimientos para las actividades de mantenimiento, evitar fallas e interrupciones. (Pérez, 2021)

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, a lo largo de su travesía ha implementado maquinas herramientas en los laboratorios de las diferentes carreras técnicas que se ofertan; con la finalidad de conceder a los estudiantes una experiencia práctica, en la cual puedan aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas y así desarrollar sus habilidades técnicas, manteniéndose al margen de la innovación.

La carrera de Ingeniería Automotriz cuenta con el laboratorio de “Motores de Combustión Interna y Rectificación”, en el que se encuentran máquinas herramientas empleadas para la reparación de motores, como: la rectificadora de superficies planas, de cigüeñales, de cilindros, entre otras. Dichas maquinas ayudan a que los alumnos, entiendan el funcionamiento y la manera de manejarlas. Además, facilita el trabajo seguro y controlado de los operarios, propiciando la introducción de futuros profesionales en la industria.

Planteamiento del problema

En el laboratorio de M.C.I y Rectificación, las máquinas herramientas empleadas en las actividades académicas proporcionan a los estudiantes una educación de calidad, además de que les ayuda a aplicar los conocimientos teóricos y desarrollar habilidades técnicas que los preparan para la industria. Sin embargo, se ha notado una disminución en la vida útil de estas máquinas, debido a que no están siendo mantenidas adecuadamente y no se está llevando a cabo un plan de mantenimiento regular, por consecuencia, perjudica directamente el aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, el operar las diferentes máquinas en el estado actual en el que se encuentran, afecta a la seguridad e integridad de quienes intervienen en el uso de los equipos, llevándolos a situaciones de riesgo; ya que también se ha observado un deterioro en las áreas de trabajo por consecuencia del paso del tiempo, dificultando las diferentes actividades que se desarrollan.

El difícil acceso a la documentación de los equipos conduce a malos procedimientos de operación que afectan a un correcto desempeño de las máquinas, influyendo el interés de los

estudiantes en su formación académica. El proyecto se centrará en desarrollar una serie de estrategias preventivas que puedan ser implementadas para minimizar el impacto de estos problemas; también incluirá la identificación de las mejores prácticas de mantenimiento que se utilizan en el laboratorio, proporcionando una guía práctica y útil en base a la implementación de un plan de mantenimiento efectivo para sus máquinas rectificadoras automotrices.

Descripción resumida de la investigación

El proyecto; implementación de un plan de mantenimiento para las máquinas de rectificación del laboratorio de motores de combustión interna y rectificación, abarca el desarrollo del plan de mantenimiento y la generación de las guías de laboratorio para las actividades académicas.

Para el propósito de este proyecto se realizará una serie de actividades:

- Recopilar información sobre el estado actual del laboratorio;
- Inventario y evaluación de las máquinas rectificadoras que estén funcionales;
- Acondicionamiento de las máquinas rectificadoras, delimitación del área de trabajo, zonas y señalética de seguridad;
- Elaboración del plan de mantenimiento de las máquinas rectificadoras;
- Implementación del plan de mantenimiento, junto con el asesoramiento al personal a cargo del laboratorio;
- Generación de las guías de laboratorio y de la documentación necesaria para las máquinas de rectificación;
- Implementación de códigos QR mediante el etiquetado para cada una de las máquinas de rectificación; el mismo que ayudará a evitar paradas no programadas y permitirá visualizar los planes de mantenimiento, guías de trabajo y fichas técnicas

Justificación e Importancia

Un plan de mantenimiento adecuado en el Laboratorio de Motores de Combustión Interna y Rectificación, puede ayudar a prevenir fallos en las máquinas, reducir el tiempo de inactividad no planificado y disminuir el costo de reparaciones imprevistas; también permite incluir una serie de acciones preventivas y/o correctivas, tales como la limpieza, el engrase o lubricación, la revisión de las piezas, la calibración y ajuste de los equipos de medición, entre otros. Es importante también incluir la capacitación del personal para la operación y mantenimiento de las máquinas, para asegurar que se están utilizando de manera adecuada y segura.

Además, el plan de mantenimiento debe ser elaborado y ejecutado por los usuarios del laboratorio, con la finalidad de asegurar que se están aplicando las mejores prácticas y técnicas en el mantenimiento, garantizando un entorno seguro para los estudiantes y el personal que las utilizan; Las inspecciones regulares y el mantenimiento, así como los equipos de seguridad, protecciones, pueden ayudar a prevenir accidentes y lesiones, proporcionando la oportunidad de que los estudiantes aprendan sobre el mantenimiento y cuidado de las máquinas herramientas, complementando así su formación técnica. Los alumnos pueden participar en las actividades de mantenimiento bajo la supervisión de los encargados del laboratorio, ya que las máquinas al contar con el etiquetado de códigos QR, podrán tener un fácil acceso; adicionalmente podrán encontrar los manuales, fichas técnicas, y guías de laboratorio.

Objetivos de investigación

Objetivo General

Implementar el plan de mantenimiento del área de máquinas herramientas del laboratorio de motores de combustión interna y rectificación.

Objetivos Específicos

- Levantar información del estado actual de las máquinas del área de rectificación.
- Realizar el mantenimiento y puesta a punto de las máquinas rectificadoras.

- Desarrollar la planificación y programación de mantenimiento de las máquinas rectificadoras.
- Desarrollar una interfaz digital para la información detallada sobre el mantenimiento, guías prácticas y fichas técnicas de las máquinas rectificadoras.
- Implementar el etiquetado de máquinas rectificadoras mediante codificación QR.

Resultado a obtener

Un plan de mantenimiento de máquinas de rectificación en el laboratorio de la universidad que identifica las necesidades específicas de mantenimiento.

Metas

- Aumento de la eficiencia del laboratorio.
- Seguridad en las actividades académicas.
- Prolongación de la vida útil de las máquinas rectificadoras.
- Plan de mantenimiento del área de máquinas herramientas.

Hipótesis

¿La implementación de un plan de mantenimiento de las máquinas herramientas de rectificación de motores del laboratorio, contribuirá a optimizar las actividades académicas de formación e instrucción en beneficio de los usuarios del laboratorio?

Variables de Investigación

Para el desarrollo del proyecto se aplicará las variables dependientes e independientes.

Variable Dependiente

Máquinas herramientas de rectificación de motores

Variable Independiente

Optimización y seguridad en las actividades académicas del laboratorio.

Capítulo II

Fundamento Teórico

Introducción al mantenimiento

Durante la Revolución Industrial, cuando se desarrollaron máquinas y equipos, estos dependían de reparaciones constantes para funcionar de manera óptima, lo que generaba altos costos para realizar esta tarea. Por ello, los fabricantes de máquinas han tomado medidas durante este tiempo para evitar el deterioro prematuro de sus componentes, denominado mantenimiento, el mantenimiento se puede definir como:

Conjunto de acciones para llevar los equipos, máquinas, componentes e instalaciones a las condiciones de operación requeridas para su funcionamiento (Pérez, 2021, pág. 21).

Por lo tanto, el mantenimiento es una secuencia de operaciones para conservar o reparar los elementos y garantizar la operatividad de los equipos, teniendo en cuenta los siguientes objetivos:

- Anunciar o subsanar los fallos y/o averías.
- Evaluar el estado o comportamiento de las máquinas/equipos/inmuebles.
- Estimar el coste económico.

Tipos de mantenimiento

Existen diferentes sistemas para desarrollar acciones de mantenimiento con el propósito de prolongar la vida útil de las máquinas y obtener su máximo desempeño, antes o después de la presencia de fallos en los mismos.

Figura 1

Clasificación de los sistemas de mantenimiento según AFNOR.



Nota. La figura fue elaborada conforme a las normas AFNOR X60010 y 60011.

En la Figura 1, se resume una breve clasificación de los mantenimientos, cada uno de estos sistemas de mantenimiento tiene un diseño y se aplica de acuerdo al ciclo de vida de la máquina. Estos sistemas se denominan tipos de mantenimiento, y entre los más significativos se encuentran:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo

Mantenimiento correctivo CM (Corrective Maintenance)

Es la agrupación de medidas para la reparación y remplazo de las piezas desgastadas por daños o averías al momento de suscitarse el fallo en un sistema. (García, 2009, pág. 5)

Mantenimiento preventivo PM (Preventive Maintenance)

Es la agrupación de medidas planificadas de manera periódica para minimizar el impacto de fallas del sistema. (Montilla, 2016, pág. 33)

Actualmente, existen varios tipos de mantenimiento preventivo, tales como:

Mantenimiento cero horas OHM (Overhaul Maintenance)

Es la agrupación de medidas de inspección e intervención (cuando se requiere) del sistema para retornar a las condiciones de fábrica o cero horas de funcionamiento. (Bama sistemas, 2022)

Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance)

Es la agrupación de medidas para maximizar la productividad en los procesos, en relación de los resultados obtenidos y los recursos empleados. (Mora, 2009, pág. 439)

En el TPM, además de aprovechar al máximo la productividad tiene como alcance la “misión cero”, que significa, cero averías, aislamientos, defectos, accidentes y contaminación; basándose en la metodología de las 5S que son asociadas al orden, aseo y mejora continua.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance)

Es la agrupación de medidas para optimizar la confiabilidad en los procesos asociadas a tareas definidas en relación de activos críticos a disposición general. (Montilla, 2016, pág. 37)

En el RCM se tiene presente los análisis de criticidad (CA) mediante la metodología de Análisis de Modo y Efecto de falla AMEF (FMEA en inglés).

Mantenimiento Basado en el Riesgo RBM (Risk Based Maintenance)

Es la agrupación de medidas para la asignación de recursos hacia los equipos con probabilidad de producirse una falla de alto riesgo. (Montilla, 2016, pág. 38)

Mantenimiento predictivo PdM (Predictive Maintenance)

Es la agrupación de medidas de valoración mediante el diagnóstico continuo del sistema que permite la predicción de fallos anticipados cuando se percata un síntoma de avería. (Mora, 2009, pág. 434)

Gestión estratégica del mantenimiento

La gestión del mantenimiento es un método simplificado relacionado con la administración, organización, dirección, coordinación y control que equilibra las fallas de diseño, la obsolescencia técnica y las medidas de tiempo para mejorar la gestión de los recursos y el servicio en aspectos fundamentales en base a una planificación, programación y ejecución.

Planificación del mantenimiento

Un plan de mantenimiento es una guía integral diseñada para mantener el equipo, la maquinaria y otros activos físicos en óptimas condiciones de funcionamiento, incluyendo medidas proactivas para garantizar que todos los sistemas operativos funcionen en todo momento (Fractal Tech S.L, 2023).

De esta manera, los planes de mantenimiento permiten garantizar el control del sistema, reduciendo los riesgos por accidentes o lesiones en su operación; éstos incluyen una secuencia de pasos específicos para el lograr maximizar la conservación del equipo y disminuir el desgaste o deterioro.

Metodología para el diseño del plan de mantenimiento

Con el fin de implementar un plan de mantenimiento se analiza el estado real e inicial de condición cero, es decir, no se cuenta con información suficiente. Para esto, es necesario proceder a una metodología general sobre estructuras de mantenimiento y responder las posteriores interrogantes:

¿En qué máquinas/equipos se va desarrollar las actividades de mantenimiento? ¿Qué recursos materiales y procedimiento se va a usar? ¿Cuándo y cuánto dura las actividades de mantenimiento? ¿Cómo se va a controlar la información de las actividades desarrolladas? (Montilla, 2016, pág. 62)

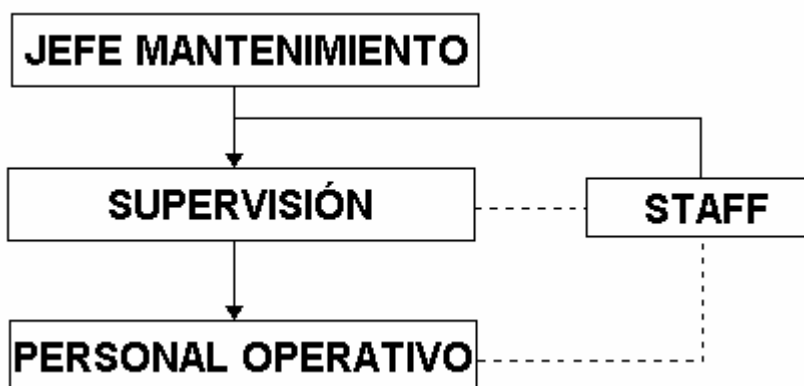
Organización y administración del mantenimiento

Gestión de los recursos humanos

Los recursos humanos son todas las personas encargadas de desarrollar y desempeñar los planes de mantenimiento, a su vez dependen de su instrucción educativa, capacidad de trabajo, proactividad y experiencia. Generalmente, la estructura organizacional es de tipo funcional, que ordena por áreas de departamento con funciones establecidas y dirigidas por un superior.

Figura 2

Estructura jerárquica del departamento de mantenimiento.



Nota. La figura muestra la organización del personal por actividades, obtenido del libro “Técnicas de mantenimiento Industrial”. Tomado de (Navarro, 2007, pág. 23)

Esta configuración de estructura determinará la eficiencia de las acciones de mantenimiento, y se toma en cuenta las funciones del personal, como el número de efectivos.

Las principales funciones que tiene el personal administrativo (staff) es la planificación de las actividades de mantenimiento, programación de procedimientos e insumos, control de la ejecución del mantenimiento, mientras que, el personal de operación se encarga de asegurar la disponibilidad del equipo y registrar los resultados de mantenimiento.

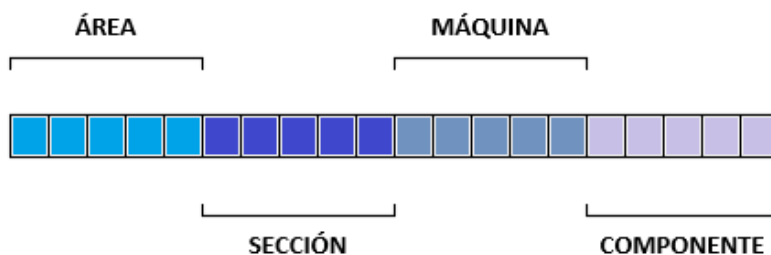
Gestión de los recursos materiales

Los recursos materiales son todos los insumos físicos y no físicos que se requieren para ejercer actividades; El inventario es un recurso para el registro de las máquinas y equipos que van a recibir el plan de mantenimiento, mediante la identificación numérica o alfanumérica exacta de cada una, denominada codificación.

Para llevar a cabo una codificación se debe tener en cuenta que la identificación del código debe ser instantáneo, rápido, fácil de identificar y guardar conexión con codificaciones existentes. Una manera simple de ejecutar la codificación es dividir por secciones según se requiera. Como lo ilustra la siguiente Figura 3.

Figura 3

Codificación de recursos de una empresa.



Nota. La figura muestra la directriz de una codificación para una gran empresa, basado del libro “Fundamentos de mantenimiento Industrial”. Tomado de (Montilla, 2016, pág. 64)

En esta configuración, la estructura del código se ha subdividido en 4 categorías, el área, la sección, la máquina y el componente.

- El área se compone de 5 dígitos, 1-2 caracteres alfabéticos y 3-4 numéricos
- La sección deberá estructurarse de manera semejante al área
- La máquina, el primer dígito representa la clase de máquina, el segundo dígito representa el tipo de máquina dentro de la clase, el tercer, cuarto y posteriores dígitos indican el consecutivo.
- El componente, se estructura de 4 dígitos, 1 carácter alfabético y 3 numéricos.

Incluso la información recopilada y necesaria para la toma de decisiones es un buen recurso para la gestión de los recursos materiales, principalmente esta información es una base de datos, quien es un grupo de información ordenada que permite almacenar datos relacionados y específicos sobre máquinas, equipos o procesos, en los que se comprende información general de los sistemas.

Figura 4

Base de datos mediante hojas de cálculo.

CÓDIGO		CANTIDAD	DENOMINACIÓN	TIPO	FABRICANTE	MODELO	SERIE
MÁQUINAS HERRAMIENTAS DEL ÁREA DE RECTIFICACIÓN							
	1		Banco de pruebas de fugas de inmersión				TESIS
	1		Remachadora neumo-hidráulica de zapatas de frenos	MAQUINA	COMEC	CC 300	42410890
AR001-DT450	1		Rectificadora de tambores y discos de frenos	MAQUINA	COMEC	TR450	73860395
AR001-VL516	1		Rectificadora de válvulas	MAQUINA	COMEC	RV516	70051094
AR001-SP330	1		Rectificadora de superficies planas	MAQUINA	COMEC	RP330	73780295
AR001-SC130	1		Rectificadora de cilindros	MAQUINA	CHINELATTO	BVC130	06/005
AR001-CL215	1		Rectificadora de cigüeñales	MAQUINA	VERECO	RG215	1740611
MISELANEO							
NO APLICA	1		Pizarrón de tres módulos				
	8		Toma corrientes 220v				
	8		Toma corrientes 120v				
	8		Señaléticas de seguridad				
	8		Señaléticas de información				
	1		Casillero de 10 lockers				
	1		Casillero de 2 lockers				
	1		Maqueta de bloque motor				
1		Maqueta de motor en corte					

Nota. La figura es una muestra para el almacenamiento de insumos mediante hojas de cálculo.

Una Tarjeta Maestra de Datos (TMD) es una identificación que recopila la información específica y general de las máquinas, siguiendo un formato medianamente estandarizado, donde se expone lo siguiente:

- Información general. Se implanta el nombre y código
- Características generales de los recursos. Se conforma de información de procedencia. (modelo, marca, serie, fabricante, fotografía, año de fabricación)
- Especificaciones y características de operación. Se dispone de la información técnica necesaria. (Dimensiones, peso bruto, manuales de mantenimiento, elementos principales)

Figura 5

Tarjeta maestra de datos (TMD)



Nota. La figura es una muestra de una TMD perteneciente a la remachadora neumo-hidráulica de zapatas de freno COMEC CC300.

Gestión de las actividades

La gestión de actividades, implica la asignación de planeadores y ejecutantes para efectuar las actividades de mantenimiento, generalmente es un desarrollo de cronogramas o tableros de control sustentado por tiempo transcurrido, horas de servicio o distancia recorrida.

- **Programación por tiempo transcurrido:** se aplican mediante frecuencia de ejecución diaria, semanal, trimestral, semestral, anual, etc. Se dividen en dos tipos de tiempo transcurrido: cronograma de control diario, quién se basa en el lapso de una semana, y cronograma de control anual, que se establece por número de semanas (52 semanas – 1 año).
- **Programación por horas de servicio o distancia recorrida:** se establece los parámetros como tiempo de operación y distancia de operación, monitoreados por horómetros (tiempo) u odómetros (longitud).

Para desempeñar las acciones de mantenimiento en las máquinas o equipos, se define tanto los requerimientos como el instructivo de mantenimiento LEMI o LEM (Lubricación, Electricidad, Mecánica, Instrumentación), cuál se explica con mayor detalle en el apartado 0.

Implementación del plan de mantenimiento

La implementación de un plan de mantenimiento es un proyecto que especifica con precisión lo que se debe lograr o llevar a cabo dentro de un tiempo específico utilizando los recursos disponibles y se basa principalmente en la ejecución de las actividades que se deben lograr con los objetivos planificados.

En el mantenimiento se tiene en cuenta toda la información para poder ejecutar de manera física. Esta información, debe contar con los siguientes puntos primordiales:

- Código de la máquina.
- Instructivo de mantenimiento.
- Herramientas e insumos.
- Tiempo estimado de ejecución.

El instructivo y el tiempo de ejecución, son dos puntos fundamentales que se tiene en cuenta en la asignación de actividades LEMI para las máquinas.

Nomenclatura LEM o LEMI

Como se mencionó anteriormente, el acrónimo LEM o LEMI se deriva de las actividades de lubricación, electricidad, mecánica e instrumentación. Este conjunto se categorizó gracias a la investigación del ingeniero *John G. Castles* para priorizar las actividades de mantenimiento basadas en el funcionamiento de las máquinas. (Osorio & Restrepo, 1994)

En esta nomenclatura se les asigna un nombre individual consecutivo (L-XY). Por ejemplo:

- L-01 Revisión del nivel de aceite. Consiste en una inspección visual del nivel fluido de lubricación y llenado si es necesario.

- M-10 Revisión del sistema neumático. Consiste en la inspección y evaluación del sistema neumático de una máquina.

Lubricación (L)

Cada máquina tiene un grupo de mecanismos con un propósito específico y su movimiento provoca desgaste debido a las cargas y movimientos a los que son sometidos, por lo que se introduce la acción lubricante en estos elementos, para asegurar su correcto funcionamiento y reducir el desgaste de sus componentes de contacto.

Electricidad (E)

Los componentes eléctricos tienen menor probabilidad de sufrir el desgaste, la naturaleza del mantenimiento es correctiva por fallas imprevistas, y las tareas de este tipo son puramente limpieza, control de temperatura, variaciones eléctricas y de conexión.

Mecánica (M)

La contextualización mecánica de máquinas analiza los movimientos y equilibrios de los mecanismos para garantizar que funcionen correctamente. Tiene en cuenta todo lo relacionado con elementos mecánicos (rodamientos, engranajes, acoples, etc.), así como, los sistemas hidráulicos y neumáticos.

Instrumentación (I)

La instrumentación se refiere a un conjunto de métodos y herramientas que se utilizan para medir, controlar y monitorear variables físicas en varias disciplinas científicas, de ingeniería e industriales.

Control del mantenimiento

El control de mantenimiento se refiere al conjunto de *actividades de supervisión y evaluación* para garantizar que las actividades de mantenimiento, los recursos y el mantenimiento se realicen de manera eficaz y oportuna para garantizar el funcionamiento óptimo de las máquinas y equipos. (Pérez, 2021, pág. 46)

Uno de los puntos principales en el control del mantenimiento es el análisis de fallas, que se lo describe a continuación:

Análisis de fallas

El análisis de fallas es un grupo de actividades para identificar las causas de las averías y desarrollar planes que permitan su eliminación (Navarro, 2007, pág. 157).

Un fallo o avería para un sistema se define como la *pérdida de capacidad* para realizar operación o función. Estos, pueden clasificarse según diferentes criterios; como se menciona en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de fallos de un sistema.

Manifiesto	Magnitud	Momento	Efecto	Causa
Evidente	Parcial	Infantil	Menor	Primario
Progresivo	Total	Aleatorio	Significativo	Secundario
Súbito		Envejecimiento	Crítico	Múltiple
Oculto			Catastrófico	

Nota. La causa primaria es aquella que ocurre en el sistema, el secundario por el componente del sistema y el múltiple la adición de los dos anteriores. Basado de “Técnicas de Mantenimiento Industrial”. Tomado de (Navarro, 2007, pág. 159)

Metodología de análisis de fallas

Esta metodología de fallas se encuentra enfocada como primer punto el problema, luego la causa raíz y finalmente en la solución.

- **Problema:** son los detalles preliminares de la consecuencia del fallo.
- **Causa:** son los orígenes del hecho analizado.
- **Solución:** son las respuestas efectivas para la corrección del problema.

En síntesis, se tiene un método de análisis y acción apropiada para resolver el problema identificado facilitando la comprensión del mismo.

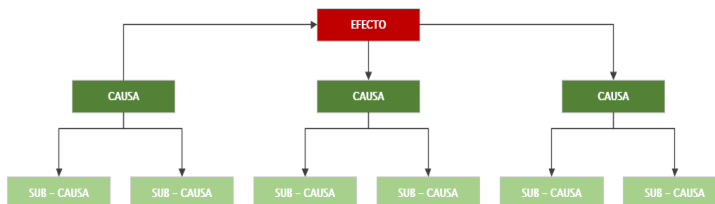
Instrumentos para el análisis de fallas

Existen varios instrumentos para analizar una falla, entre los más significativos se encuentran:

- **Árbol de averías:** representa múltiples fallas usando una progresión lógica de principio a fin basada en los eventos causantes.

Figura 6

Diagrama ABC o árbol de averías.

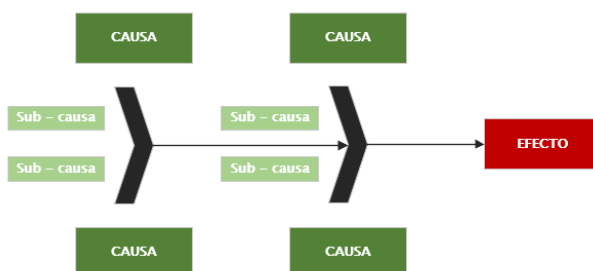


Nota. Basado en “Técnicas de Mantenimiento Industrial”. Tomado de (Navarro, 2007, pág. 172).

- **Diagrama de Ishikawa:** visualiza todas las causas de falla y sus posibles relaciones.

Figura 7

Diagrama causa-efecto o Ishikawa.

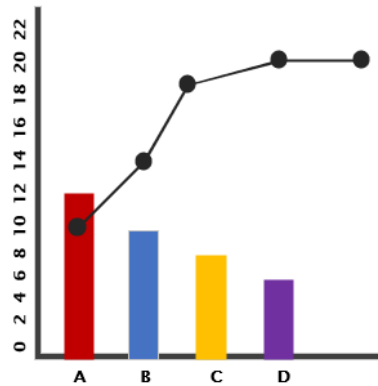


Nota. Basado en “Técnicas de Mantenimiento Industrial”. Tomado de (Navarro, 2007, pág. 170).

- **Diagrama de Pareto:** logra la máxima mejora posible con el menor esfuerzo posible.

Figura 8

Diagrama de Pareto.



Nota. Basado en “Técnicas de Mantenimiento Industrial”. Tomado de (Navarro, 2007, pág. 169).

Documentación

Todas las revisiones de mantenimiento deberán justificarse mediante un informe en el que se detallen los siguientes apartados:

- Antecedentes
- Descripción detallada
- Análisis de fallos
- Conclusión
- Recomendación
- Anexos

Este orden coloca el cuerpo del informe en orden de importancia relativa, junto con descripciones detalladas o volúmenes de datos, ilustrando información al lector según sea necesario mientras mantiene la redacción.

Procesos de rectificación de elementos

Denominamos *rectificar* al proceso de mecanizado por arranque de viruta con la finalidad de recuperar la superficie de un elemento hasta unificarla y darle una acabo. El rectificado se lo realiza en los elementos automotrices como: cigüeñales, árbol de levas, asientos de válvulas, superficies planas de culatas, superficies planas de bloque de cilindros, cilindros de motor, etc.

Aspecto, causa y corrección de avería de elementos móviles a ser rectificadas.

El desgaste de los elementos fijos y móviles en los motores de combustión interna se debe a diversos factores identificados a través de estudios de ingeniería.

Principalmente, el proceso de combustión crea altas temperaturas y presiones dentro del motor que degradan lentamente los materiales produciendo partículas como el polvo y los residuos de la combustión que pueden actuar como medios abrasivos y provocar un desgaste prematuro de las piezas.

Estas condiciones de funcionamiento de los motores de combustión interna aseguran que las piezas cumplan con el ciclo de vida de los elementos, lo que conduce a una degradación gradual del material (deformación dimensional del elemento). Durante el funcionamiento, se produce fricción entre piezas móviles, como pistones y cilindros, y entre piezas fijas, como muñones de bancada, conduciendo al desgaste de la superficie y al deterioro de las superficies de contacto.

La pérdida de planitud, la presencia de grietas, el desgaste visual, deben observarse al detectar estos desperfectos, ya que, muchas fallas pueden ser causadas por estos factores y son particularmente importantes para determinar la viabilidad de rectificación.

Decisión de la viabilidad de un proceso de rectificación

Si se detecta un error y se identifica la causa, por ejemplo, el sobrecalentamiento de los componentes, contaminación por acumulación de partículas, desgaste o falla de los subsistemas del motor, entre otros; siempre debe hacerse de acuerdo con los estándares

profesionales y con base en la información empírica del manual del fabricante para determinar si una pieza puede repararse (mediante rectificación) o reemplazarse. Esta decisión es respaldada al verificar las tolerancias dimensionales de los elementos midiendo con un instrumento de medición.

Verificación de tolerancias de rectificación según manuales del fabricante.

En la verificación se usan distintos instrumentos de medición para comprobar las dimensiones de los elementos que compone el motor de combustión interna, y realizar las correcciones precisas. Las herramientas comunes incluyen:

- **Calibrador vernier:** miden longitudes internas, externas y de profundidad.
- **Micrómetros:** miden pequeñas dimensiones con alta precisión.
- **Galgas de espesores:** se utilizan para medir la holgura entre piezas.
- **Indicadores de carátula:** miden pequeñas desviaciones en la superficie o el movimiento.

Los fabricantes de motores brindan manuales de servicio para cada vehículo, incluyendo el manual de reparación de motor. Este manual contiene especificaciones técnicas y tablas indexadas de tolerancias para ayudar a saber cuánta distancia se debe corregir en la rectificación y no tener problemas de funcionamiento.

Control de calidad en la rectificación

El control de calidad en la rectificación, después de la reparación es esencial para garantizar la fiabilidad, el rendimiento y la seguridad del motor. Al ejecutar estas pruebas y mediciones, se puede identificar problemas o deficiencias, y tomar medidas correctivas antes de colocar el motor en funcionamiento. Las actividades de control de calidad incluyen, pero no se limitan a:

- **Inspección visual:** revisar la superficie en busca de geometría irregular, grietas, daños y otros problemas visibles.

- **Medición dimensional:** verificar y comparar las dimensiones con las especificaciones requeridas para garantizar que se cumplan las tolerancias.
- **Ensamblaje y operación:** pruebas de compresión, prueba de fugas, ruidos anormales, dependiendo de las piezas que han sido rectificadas.
- **Análisis de aceite:** detectar la presencia de contaminantes, partículas metálicas u otros indicadores de posibles problemas.

Máquinas de rectificación de elementos automotrices

Una máquina es un grupo de elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento permite transformar energía para generar un trabajo con la finalidad de aprovechar y dirigir un fin determinado. En el área de rectificación para piezas de automoción estas máquinas reciben el nombre de “*rectificadoras*”, que tienen la intención de un mecanizado por medios abrasivos y reconducción a la exactitud de dimensiones de un elemento.

Tipos de máquinas de rectificación

Rectificadora de superficies planas

Máquina-herramienta que tiene la función de rectificar la deformación y desviación de la superficie de una culata (cabezote) o un bloque de cilindros de manera longitudinal.

Figura 9

Rectificadora de superficies planas de culata y bloque de cilindros.



Nota. Rectificadora COMEC RP330. Tomado de (Mogro Zambrano & Ayala Jácome, 2014, pág. 192)

Rectificadora de cilindros del bloque motor

Es una máquina-herramienta que tiene la función de rectificar la deformación en el diámetro interno de las camisas del bloque de cilindros del motor.

Figura 10

Rectificadora de cilindros portable.



Nota. Rectificadora CHINELATTO BVC130. Tomado de (Mogro Zambrano & Ayala Jácome, 2014, pág. 194)

Rectificadora de muñones de cigüeñal

Es una máquina-herramienta que tiene la función de rectificar la deformación en el diámetro externo de los muñones de biela y bancada del cigüeñal.

Figura 11

Rectificadora de cigüeñales.



Nota. Rectificadora VERECO RG215. Tomado de (Mogro Zambrano & Ayala Jácome, 2014, pág. 185)

Rectificadora de válvulas

Es una máquina-herramienta que tiene la función de rectificar la deformación en la superficie del asiento de válvula.

Figura 12

Rectificadora de asientos de válvulas.



Nota. Rectificadora COMEC RV516. Tomado de (Mogro Zambrano & Ayala Jácome, 2014, pág. 187)

Rectificadora de discos y tambor de frenos

Es una máquina-herramienta que tiene la función de rectificar la deformación en la superficie de rozamiento para efectuar el frenado.

Figura 13

Rectificadora de discos y tambores de frenos.



Nota. Rectificadora COMEC TR450.

Capítulo III

Implementación de los Planes de Mantenimiento

Inventario de las máquinas de rectificación

En este punto se desarrolla el censo de las máquinas y equipos que van a acoger el plan de mantenimiento, respondiendo la primera pregunta *¿En qué máquinas/equipos se va desarrollar las actividades de mantenimiento?* Y para lograr un correcto almacenamiento de datos en el inventario, se usará la codificación explicada en el apartado de Gestión de los recursos materiales.

La primera sección se refiere al área dentro del laboratorio, y se asigna su respectiva letra como lo explica con mayor detalle la Tabla 2.

Tabla 2

Codificación del área dentro del laboratorio.

Dígito	Denominación
A	Área
R	Rectificación
M	Motores

Nota. Con la finalidad de no complejizar la codificación se estandariza con los dígitos numéricos “001” para referirnos a dicha área.

La segunda sección subdivida por los cinco dígitos, establecen el tipo de máquina, quienes también son codificados.

Tabla 3

Codificación del tipo de máquina dentro del área

1er Dígito	Denominación	2do y 3er Dígito	Denominación
R	Rectificadora	SP	Superficie Plana
M	Motor	SC	Cilindros

1er Dígito	Denominación	2do y 3er Dígito	Denominación
		CL	Cigüeñal
		VL	Válvulas
		DT	Frenos

Nota. Con la finalidad de no complejizar la codificación, se estandariza los últimos dígitos colocando el número de modelo de la máquina.

Una vez que se tiene codificado las áreas y las máquinas, se procede a contabilizar los insumos (máquinas de rectificación) presentes dentro del área rectificación. El laboratorio de motores de combustión interna y rectificación cuenta con las siguientes máquinas, Tabla 4.

Tabla 4

Máquinas herramientas que reciben el plan de mantenimiento.

Código	Denominación	Fabricante	Modelo
AR001-DT450	Rectificadora de tambores y discos	COMEC	TR450
AR001-VL516	Rectificadora de válvulas	COMEC	RV516
AR001-SP330	Rectificadora de superficies planas	COMEC	RP330
AR001-SC130	Rectificadora de cilindros	CHINELATTO	BVC130
AR001-CL215	Rectificadora de cigüeñales	VERECO	RG215

Nota. La tabla muestra solo las rectificadoras principales que acogen el plan de mantenimiento en este documento.

Mantenimiento y puesta a punto de las máquinas rectificadoras.

El mantenimiento adecuado de las máquinas herramientas para rectificación es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo y prolongar la vida útil del mismo.

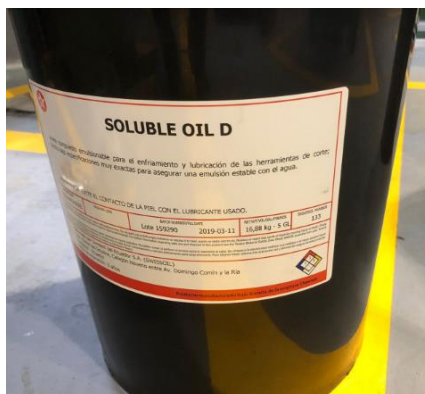
Lubricación y cambio de fluidos refrigerantes.

La lubricación es principal parámetro a considerar en el mantenimiento de las máquinas herramientas donde se considera la reducción del desgaste y la fricción, prolongando la

durabilidad e incrementando de eficiencia. En el laboratorio se decidió emplear el conocido refrigerante de la marca *Texaco Soluble Oil D* para todos los procesos de rectificación que intervienen en la refrigeración de los componentes mediante la interposición de un soluble.

Figura 14

Texaco Soluble D (Taladrina)



Nota. El fluido se puede utilizar en diluciones de 10:1 a 50:1 de acuerdo a la aplicación de los procesos de mecanizado (CONAUTO, 2023).

Soluble D es un fluido refrigerante para los procesos de mecanizado donde se aprovecha el uso de aditivos especiales y fungicidas con agua para formar una micro emulsión lechosa dando como resultado un fluido de corte biorresistente (CONAUTO, 2023).

Para este soluble, sus propiedades físicas y químicas (Tabla 5) cumplen con las especificaciones requeridas para un desempeño óptimo; en el cuál, se verificaron los niveles y la condición para identificar una posible contaminación o desgaste excesivo del fluido. Como se presenta en la Figura 15.

Tabla 5

Características típicas del fluido Texaco Soluble D.

Características	Método ASTM	Valor promedio
Código de producto	-	786

Características	Método ASTM	Valor promedio
Color	D-1500	4,0
Densidad @ 15°C	D-4052	0,901
Viscosidad cinemática cSt @ 40°C	D-445	63,0
Agua, %	D-95	1,4
pH	-	9,6

Nota. La tabla muestra los valores típicos del fluido presentados en su ficha técnica. Obtenido de “Soluble D”. Tomado de (CONAUTO, 2023).

De manera similar, se realiza la limpieza y el enjuague de los depósitos de soluble de cada máquina para eliminar los residuos y evitar la acumulación de partículas que pueden afectar la precisión y la eficiencia durante su operación.

Figura 15

Contaminación del fluido soluble de la rectificadora de cigüeñales.



Nota. Las máquinas herramientas de rectificación que cuentan con un depósito de soluble presentaron las mismas características de desgaste y contaminación del fluido.

La formación de depósitos en los líquidos refrigerantes de las máquinas herramientas que operan para funciones de mecanizado forma inconvenientes en los depósitos que son acumulados con el tiempo por la presencia de partículas y desechos sólidos en el fluido. Esto puede obstruir las líneas y bomba del mismo, lo que restringe severamente el flujo de refrigerante.

Figura 16

Formación de sedimentos en el conducto de retorno al depósito de soluble.



Nota. Se encontró un sedimento de tamaño considerable dentro del conducto de retorno de soluble en la rectificadora de cigüeñales, por lo cual se procedió a la limpieza total del circuito de refrigeración para el mecanizado.

Limpieza de los depósitos de soluble (taladrina)

Para la limpieza de cada uno de los depósitos, se utilizó agua, detergentes y desengrasantes dado que es una manera óptima y factible para eliminar los residuos y las incrustaciones que se encuentran en los depósitos del soluble.

Figura 17

Limpieza del depósito de soluble de la rectificadora de cigüeñales.



Nota. En esta limpieza se tuvieron que usar desengrasantes fuertes debido a su alta concentración de sedimentos impregnados en las superficies del depósito.

Así mismo, la limpieza del depósito de la rectificadora de válvulas se tuvo que retirar el tapón de desfogue de fluido, presentado en la parte inferior del depósito y retirar su bomba hidráulica para su posterior limpieza con los productos mencionados anteriormente.

Figura 18

Limpieza del depósito de soluble de la rectificadora de válvulas.



Nota. La bomba hidráulica se encontró con formación de lodos en la parte de aspiración y laterales, y se removió completamente las partículas adheridas.

Reemplazo de soluble de los depósitos⁴

Se implementó una proporción de 50 partes de agua por 1 parte de soluble (50:1) en el proceso de reemplazo de soluble. Se usaron 2,5 litros para la rectificadora de válvulas y superficies planas, y de 30 a 40 litros para la rectificadora de cigüeñales.

Mantenimiento eléctrico, electrónico de los tableros de control.

El mantenimiento eléctrico es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo de esos componentes; En algunas máquinas, no se encontraron inconvenientes con problemas eléctricos tales como: superficies planas, cigüeñales y válvulas, pero se encontraron problemas con la rectificadora de discos y tambores de freno. El motor de alimentación para el avance automático no funcionaba correctamente.

Figura 19

Fallo motor de avance automático de la rectificadora de discos y tambores.



Nota. Al inicio del diagnóstico eléctrico, se presentó una anomalía en la alimentación del motor de corriente continua.

Después de las mediciones con un multímetro, se encontró una diferencia de voltaje en la fuente de alimentación del motor y en el circuito rectificador. Para la medición de la entrada se obtuvo un valor de 220 V AC, pero solo se detectaron 110 V AC en la salida antes de la rectificación y se midieron 70v a 97v CC después de la rectificación.

Figura 20

Medición de voltaje a la salida de la placa de rectificación.



Nota. La toma de medidas de tensión se realizó desde la entrada de alimentación 220v hasta llegar al daño del problema (placa de rectificación y motor de corriente continua).

Para solucionar este fallo se desarrolló una limpieza a los componentes electrónicos en la placa de rectificación, así como los interruptores y fusibles del circuito; posteriormente, se identificó que los carbones del motor DC del automático presentaba desgaste, por lo cual, se realizó el respectivo reemplazo; dando como resultado el funcionamiento del motor de corriente continua para el avance automático.

Figura 21

Prueba de funcionamiento del motor DC del avance automático.



Nota. Las pruebas de funcionamiento del motor DC, se realizó con el variador de velocidad.

Mantenimiento mecánico e hidráulico.

Durante las inspecciones de las máquinas, se encontraron varias anomalías en la rectificadora de discos y tambores de freno, rectificadora de cilindros, rectificadora de cigüeñales y superficies planas;

Rectificadora de discos y tambores de freno

Como primer punto, se evidenció que la rueda de avance de la muela abrasiva no estaba correctamente lubricada, así como el tornillo sin fin no se encontraba sujeto a su componente de desplazamiento, provocando que no exista el avance correspondiente;

Figura 22

Engrase del tornillo sin fin posterior al montaje en el avance de la muela abrasiva.



Nota. El tornillo sin fin no presentó pandeo o picadura en los hilos del tornillo.

Otra observación fue el juego libre del volante graduado, que actúa como una escala de medición para establecer el desplazamiento del corte. Para resolver este problema, añadimos un tornillo (encerando a la medición) para asegurar el montaje y la presión de la operación de mecanizado;

Figura 23

Adecuación del volante con escala graduada y encerado del tornillo sin fin.



Nota. Para el encerado del tornillo sin fin, se tuvo que colocar el avance de la muela abrasiva hasta el tope de la máquina rectificadora como punto de inicial de partida.

Rectificadora de cilindros

La evaluación del estado de la rectificadora en el laboratorio reveló algunos problemas; Inicialmente, resultó que el avance automático no funcionaba correctamente y el volante presentaba un endurecimiento a la subida del cabezal. Para eliminar estas deficiencias, se realizó un desmontaje completo de la máquina y se evidenció la falta de lubricación de la transmisión por engranajes. Esta falta de lubricación impidió que la horquilla o la palanca de cambios se engancharan correctamente en las estrías del engranaje de transmisión. Este problema se resolvió aplicando suficiente lubricación para garantizar un funcionamiento suave y sin problemas.

Figura 24

Desmontaje de la tapa del mecanismo de avance y control de velocidad.



Nota. Para el montaje de los componentes desmontados se fabricó un empaque para evitar las fugas de aceite.

También se encontró que el engranaje cónico de control de transmisión estaba demasiado apretado; por ende, la placa lateral tuvo que ser desbastada unos milímetros para mejorar el recorrido del cabezal; eliminado la falla del mecanismo completamente.

Figura 25

Montaje del control de avance manual luego de corregir el fallo de endurecimiento.



Nota. Posterior se realizó las pruebas para verificar que no presente el endurecimiento inicial.

Los engranajes cónicos, rectos y helicoidales no mostraron signos de desgaste ni picaduras, y todos los mecanismos funcionaron de manera óptima.

Figura 26

Inspección de los componentes mecánicos para descartar picaduras o fisuras.



Nota. Previo al montaje de los elementos se realizó la respectiva verificación del estado de los componentes mecánicos de la máquina.

Después de realizar todas las reparaciones y ajustes necesarios, los componentes se ensamblaron y se sometieron a pruebas exhaustivas; donde se realizó la calibración de la varilla de activación del avance automático, y posteriormente se realizó las pruebas de funcionamiento; esta no presentó condiciones de mal funcionamiento mencionadas con anterioridad.

Figura 27

Montaje final de la rectificadora de cilindros.



Nota. Uno de los inconvenientes presentados en el mal funcionamiento del avance automático fue que la varilla de control no estaba calibrada correctamente, por lo que, esta provocaba que no accionara.

Rectificadora de superficies planas

El procedimiento para el mantenimiento se inició con una inspección del cabezal de la máquina; Debido a que esta presentaba problemas de endurecimiento a la subida en el mecanismo. Esto indica que el cabezal no está funcionando con la fluidez y precisión requeridas debido a fallas en los componentes internos o falta de lubricación. Por ende, los componentes del cabeza fueron desmontados para solucionar el problema; la causa principal resultó ser la falta de grasa dentro de los rodamientos de apoyo causando que estas partes críticas se endurecieran y no operen de manera eficiente.

Figura 28

Desmontaje del control de avance del cabezal



Nota. Antes de ejecutar el desmontaje del cabezal se tuvo que encerar la máquina para evitar inconvenientes al momento de iniciar con su montaje.

Se observó que dentro del mecanismo interno del cabezal la cantidad de grasa no era suficiente, de modo, que éstas han perdido sus propiedades lubricantes causando problemas de adherencia y rozaduras.

Figura 29

Inspección de los componentes mecánicos del control de avance automático.



Nota. Al momento de extraer los componentes mecánicos se evidenció que la cantidad de grasa era mínima y ésta presentaba un color negro con contextura pastosa.

Para la solución de este problema, ensamblamos y ajustamos el cabezal de la máquina. Primero, los componentes recibieron una limpieza para eliminar todos los residuos de grasa degradada y suciedad acumulada; Posteriormente se colocó una cantidad de grasa en las áreas críticas. Después de ensamblar las piezas, se hicieron ajustes para garantizar que la cabeza funcionara sin problemas y sin fricción.

Figura 30

Engrase de los cojinetes de rodadura del cabezal



Nota. De igual forma, antes de proceder al engrase del rodamiento cónico, se verificó el estado; estableciendo que este se encontraba en óptimas condiciones de operación y no presentaban problemas.

Rectificadora de cigüeñales

Durante la evaluación de fallas en la rectificadora de cigüeñales, se descubrieron varios problemas que afectaban directamente el funcionamiento adecuado. Como primera falla, se identificó un desperfecto en la bomba de lubricación de la bancada, que provocaba una fuga de líquido y no permitía la correcta lubricación del mismo; los elementos restantes de la bomba no mostraron desgastes significativos.

Figura 31

Desmontaje de la bomba de lubricación del mecanismo de bancada.



Nota. El problema radicaba en el mal estado del sello de la base del pistón.

Con la finalidad de solucionar este inconveniente, se procedió a reemplazar los segmentos defectuosos con un kit de segmentos apropiado, lo que resultó en una correcta estanqueidad.

Figura 32

Cambio de los segmentos de la bomba de lubricación de bancada.



Nota. Se procedió al reemplazo total de todos los segmentos con su medida respectiva para evitar nuevamente las fugas de fluido presentes con anterioridad.

A continuación, se implementó una medida preventiva antes de rellenar el depósito con fluido lubricante a través de un tamiz fino, el cual permite filtrar las impurezas y partículas presentes en el fluido, evitando así posibles problemas de contaminación que podrían afectar el funcionamiento de la bomba.

Figura 33

Colocación del líquido lubricante en la bomba de lubricación.



Nota. El fluido utilizado es un aceite de transmisión automática que permite la lubricación de componentes sin deteriorar elementos conformados de distinto material a los metales.

Una vez realizado el reemplazo de segmentos y la filtración del fluido, se procedió a realizar pruebas manuales de bombeo para verificar el correcto funcionamiento de la bomba de lubricación. Estas pruebas demostraron ser exitosas, ya que no se detectaron pérdidas de fluido ni retroceso debido a una posible pérdida de presión interna en el cilindro.

Figura 34

Comprobación del funcionamiento de la bomba de lubricación de bancada.



Nota. Durante el transcurso de 3 días previo a la instalación de los nuevos segmentos y empaques, no se presentaron fugas como se evidenciaban con anterioridad.

En el cabezal de la máquina, se descubrió una anomalía relacionada con los pernos de regulación. Se visualizó que uno de los pernos había sido reemplazado incorrectamente con una tuerca sin cumplir las especificaciones técnicas, y, además su cuerpo se encontraba soldado, lo que generaba problemas de atoramiento durante su uso debido a que carecía del rodamiento de apoyo, lo que afectaba la suavidad del movimiento en comparación con el perno en buen estado.

Figura 35

Inspección de los pernos de regulación de excentricidad del cabezal.



Nota. En la imagen izquierda se encuentra el perno adaptado, mientras que en la derecha se encuentra el perno original de la máquina; donde se procedió a realizar su replicado.

Para corregir esta situación, se decidió fabricar un nuevo perno mediante un proceso de torneado utilizando acero dulce, asegurándose de tomar las medidas precisas para replicar el componente original.

Figura 36

Replicado de los pernos de regulación de excentricidad del cabezal.



Nota. Para poder ajustar el desplazamiento de la tuerca de ajuste de los pernos; se optó por insertar un prisionero en cada uno de los pernos.

Para resolver el inconveniente de atoramiento al girar el perno de regulación, se procedió a buscar y adquirir un rodamiento con características similares al original, de modo que se pudiera restituir la funcionalidad del perno. Por último, se notó que las tuercas requerían un prisionero para regular adecuadamente la profundidad, en lugar del pasador que originalmente traía, donde se procedió a realizar esta modificación, asegurando así la precisión necesaria para el correcto funcionamiento de las tuercas.

Mantenimiento Instrumentación

Para este tipo de mantenimiento; En la inspección, los tableros de control no presentan novedades en sus sistemas de control que ajustan los parámetros durante el proceso de mecanizado. Una breve inspección en la rectificadora de discos y tambores de freno se encontró que no había la perilla para controlar la velocidad de avance automático, una característica importante durante el funcionamiento. Esta perilla es primordial para ajustar la

velocidad del motor del automático, lo que afecta directamente la calidad y la precisión del trabajo final.

Figura 37

Colocación de la perilla de control de velocidad de avance del automático.



Nota. Mencionado anteriormente, este pequeño problema era el único respecto a la instrumentación de las máquinas.

Para abordar este pequeño problema, se incorporó una perilla de control de avance automático que faltaba; este elemento le brinda al usuario un control total sobre la velocidad de avance; la misma, presenta una guía para que el usuario aumente o disminuya la velocidad de avance para lograr los resultados deseados.

Adecuación de las áreas de trabajo y zonas de seguridad

Distribución de áreas

El laboratorio de Motores de combustión interna y rectificación tiene a su disposición 321 m² (22,1 m x 16,5 m) y se caracteriza por tener suficientes áreas de trabajo y seguridad para tareas específicas. Las mismas se distinguen como:

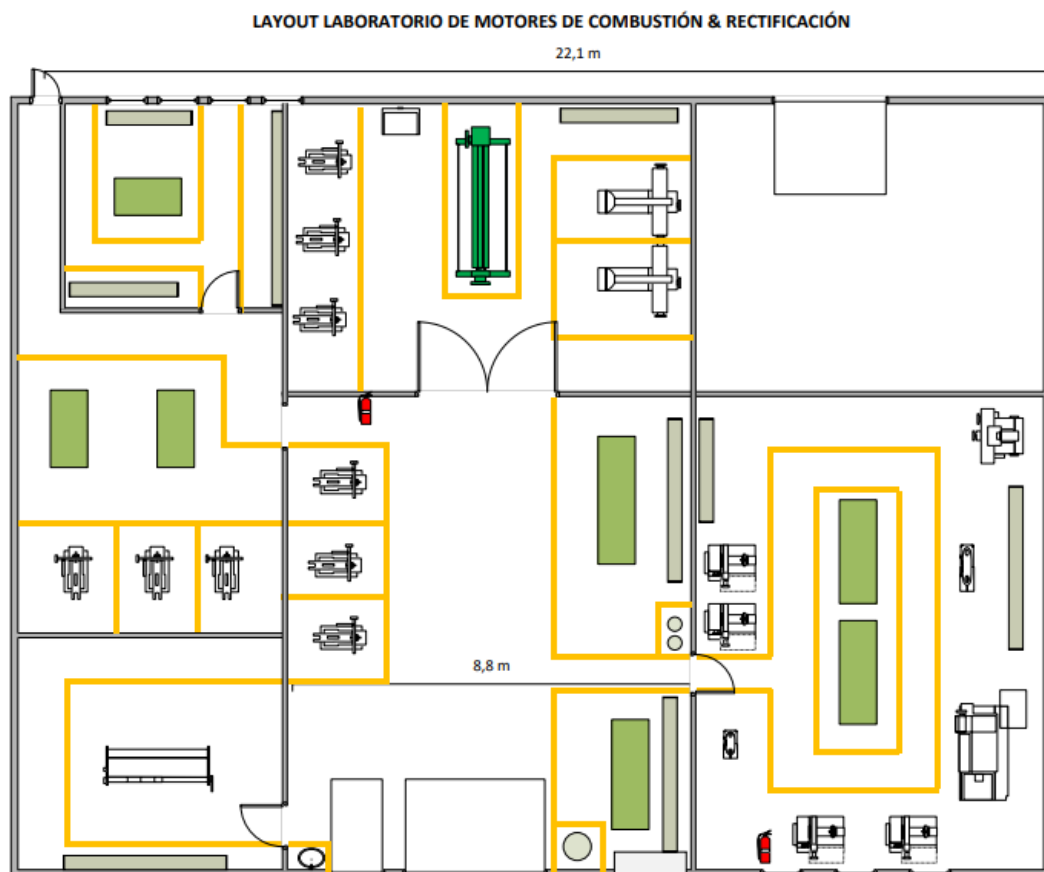
- **Área de Bodega:** se encarga del almacenamiento de los materiales y equipos.
- **Área de bancos de inyección:** proporciona un entorno controlado para la investigación y prueba de los sistemas de inyección.

- **Área del banco dinamométrico:** dispone de un dínamo para el análisis y ensayos de los motores de combustión interna.
- **Área de trabajo para motores Diésel y gasolina:** están diseñados para la reparación y el ajuste precisos de varios tipos de motores.
- **Área de rectificación:** ofrece un ambiente especial para operaciones de rectificación de elementos automotrices.

Combinados con zonas de seguridad, estos espacios de trabajo brindan un entorno eficiente para la enseñanza y la investigación en los laboratorios universitarios, como se ilustra en la Figura 38.

Figura 38

Distribución del laboratorio de motores de combustión interna y rectificación.

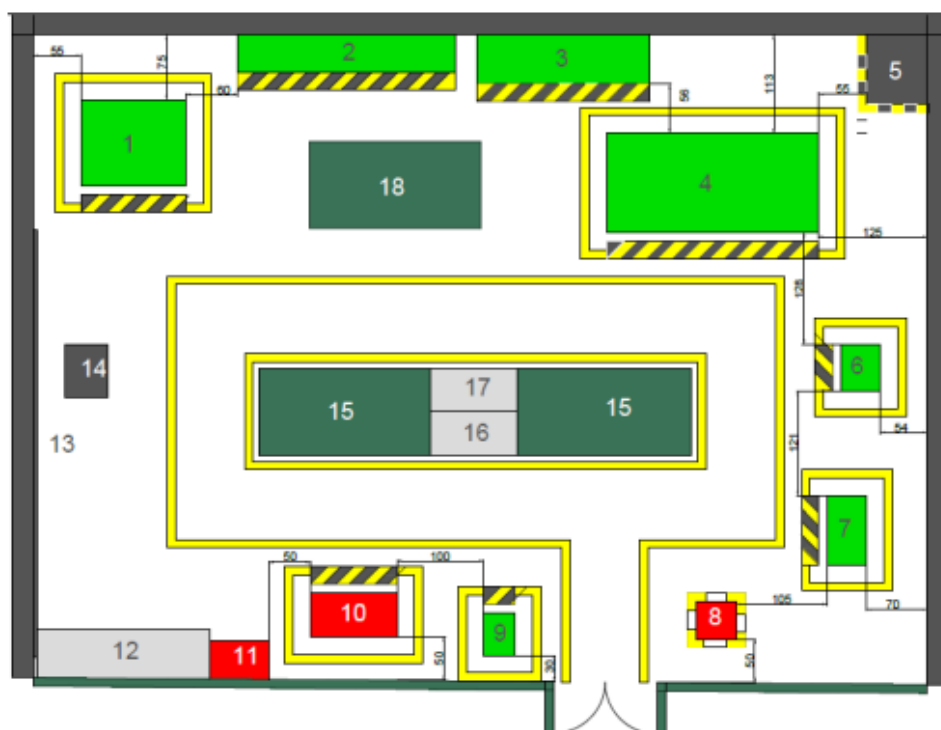


Nota. La figura muestra la distribución de los espacios de trabajo actual del laboratorio.

De acuerdo con Mogro & Ayala (2014), el área de rectificación cuenta con 78 m^2 (7,5 m x 10,4 m), y para cumplir con disposiciones, es importante cumplir con las normas que determinan las distancias requeridas apropiadas entre máquinas, espacios libres de trabajo y áreas de tránsito. Por ello, se respeta la distribución previamente estudiada y propuesta por los autores para la prevalencia e idoneidad de las máquinas.

Figura 39

Distribución de zonas de trabajo y seguridad del área de rectificación.



Nota. La figura estipula la distribución de las zonas de máquinas en el área de rectificación, obtenido de “Implementación de la Metodología de las 9'S de Calidad en el Laboratorio de Rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]”. Tomado de (Mogro Zambrano & Ayala Jácome, 2014, pág. 124)

Por lo que, el diseño de la distribución del área de rectificación, permite una distancia entre máquinas de 50 cm y un ancho mínimo de borde a borde de 1 m. Cada línea del taller

exige 10 cm de ancho y está cubierta con pintura de alta resistencia diseñada específicamente para evitar el paso de personas, máquinas y objetos pesados.

Adecuación de paredes y suelo

Para la correspondiente adecuación de la superficie de laboratorio, se aplicaron medidas para garantizar un entorno seguro y funcional. A continuación, se describe cada fase realizada:

Excavación de las grietas y zonas más afectadas

Se identificaron las áreas con daños significativos; donde se comprenden fisuras, fosas y trincheras que fueron cavadas cuidadosamente para preparar la superficie para las etapas posteriores.

Figura 40

Penetración de las grietas, hoyos o trincheras más afectadas del suelo.



Nota. La penetración de las grietas tiene un mínimo de longitud de 3 a 4 cm para asegurar la correcta penetración del material de relleno explicado en: Nivelación de superficies con cemento y masilla para pisos exteriores.

Aplicación de tratamientos de durabilidad de superficies

Se realizaron los tratamientos pertinentes incluyendo el uso de ácido clorhídrico (muriático) y otros productos recomendados, con el objetivo de aumentar la durabilidad de los pisos y protegerlos de posibles daños futuros (hongos, prevención de humedad, entre otros).

Figura 41

Aplicación de tratamiento de neutralización para superficies alcalinas en el suelo.



Nota. Evita que la pintura se desprenda luego de ser aplicada gracias a su alta concentración y rendimiento.

Nivelación de superficies con cemento y masilla para pisos exteriores

Para asegurar una superficie uniforme y estable, el proceso de nivelación se realizó utilizando cemento y masilla especialmente desarrollados para pisos exteriores; preparando el piso para soportar la carga y permita un acabado suave y resistente.

Figura 42

Nivelación de la superficie del suelo.



Nota. Para las partes más profundas se usó cemento fuerte con lechosa (agua con cemento), mientras que, el resto se aplicó cemento ligero (relleno superficial o mortero epóxico).

Emparejamiento de las superficies

Se realizó un emparejamiento final para conseguir un acabado perfecto que permiten eliminar cualquier imperfección o irregularidad en el piso/pared y asegurar una superficie uniforme para la siguiente etapa.

Figura 43

Emparejamiento de acabado de la superficie del suelo.



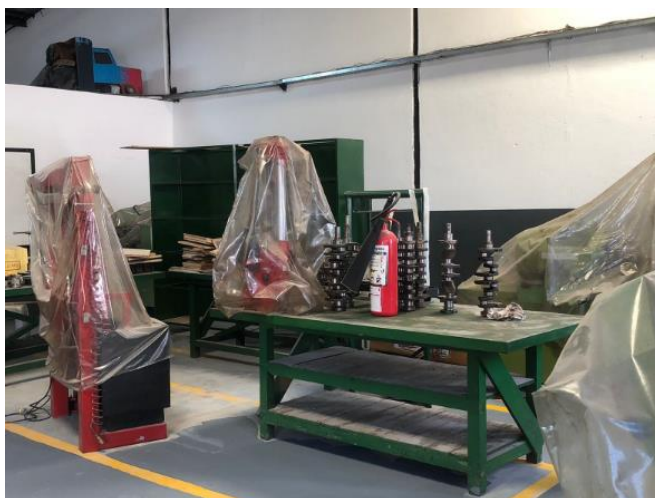
Nota. Para garantizar la correcta nivelación del suelo, se lijaron los bordes de cada una de las fallas para evitar desprendimientos del material.

Aplicación de pintura en las paredes del laboratorio

Las paredes del laboratorio se pintaron en dos tonos diferentes. Primero, se aplica una pintura blanca a base de agua para crear una base brillante y transparente. Luego se utilizó la pintura de esmalte de color *VERMA MEDITERRANEO 279-D* para agregar color y carácter al ambiente.

Figura 44

Aplicación colores en las paredes del área de rectificación.



Nota. La primera fase de pintura se realizó en las paredes para poder evitar manchar el suelo.

Aplicación de pintura de fondo asfáltica en el suelo

Como sustrato se aplicó una capa de pintura asfáltica de laboratorio de color *COMOS NE 270-P*. Este color brinda protección adicional a sus pisos y los hace más resistentes a los productos químicos y al desgaste diario. Adicionalmente, se corrigieron desperfectos que se suscitaron en la contaminación de la aplicación de pintura asfáltica.

Figura 45

Aplicación de pintura de fondo para el suelo del área de rectificación.



Nota. En esta etapa se tuvo que aplicar desengrasantes para descontaminar el suelo.

Aplicación de pintura de señalización asfáltica

Se utilizó pintura asfáltica amarilla para las marcas de áreas y rutas de tráfico para garantizar señales claras y seguras en el laboratorio. Este recubrimiento facilita la identificación y reduce el riesgo de accidentes.

Figura 46

Aplicación de pintura y delimitación de áreas para zonas de trabajo y máquinas.



Nota. Para el trazado del tránsito y ubicación de las máquinas herramientas se lo realizó mediante la correspondiente estandarización explicada en Distribución de áreas.

Aplicación de pintura asfáltica en intersecciones y esquinas

Se aplicó pintura asfáltica negra para mejorar la visibilidad y proteger las intersecciones y esquinas en el laboratorio. Este color resalta estas áreas críticas y brinda una capa adicional de protección contra el desgaste.

Figura 47

Aplicación de pintura para la señal preventiva de las máquinas herramientas.



Nota. La delimitación de cada área cumple con la norma de seguridad industrial donde las líneas amarillas y negras deben aplicarse a un ángulo de 45 grados dando el respectivo significado de una señal preventiva en lugares específicos

En síntesis, para la adecuación del suelo y las paredes del laboratorio se ha realizado etapas de adaptación para garantizar un entorno seguro, duradero y funcional; estas etapas tuvieron un periodo de cuatro semanas para la adecuación y aplicación de la pintura asfáltica en el suelo, así como las paredes del laboratorio.

Readecuación de la señalética de seguridad del área de rectificación

Para la readecuación de la señalética de seguridad, se basó en la implementación de Mogro & Ayala, quienes propusieron la introducción de las 9S como metodología para organizar y mejorar continuamente el entorno del laboratorio.

El desarrollo del conocimiento de esta metodología, proporcionó una perspectiva innovadora sobre la organización y el orden del laboratorio, ya que, las 9S se basa en principios japoneses y proporciona un enfoque sistemático para mejorar la eficiencia, la seguridad y la calidad de las operaciones diarias;

Figura 48

Colocación de la señalética de seguridad en el área de rectificación.



Nota. Para la señalética informativa se respetó el estudiado anteriormente, mientras que, para la señalética de seguridad como prohibición, obligación, advertencia, entre otros; se lo desarrollo conforme a (Guía de aspectos de seguridad a ser considerados en los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE).

Como parte nuestro aporte mejoramos la señalización en todo el laboratorio, en concordancia con las señaléticas anteriores que juegan un papel clave en la creación de un entorno más limpio y seguro, lo que facilita la identificación rápida de áreas, equipos y peligros potenciales.

Metodología 9S

La metodología 9S es un método estructurado para la gestión de calidad y mejora continua en organizaciones; esta busca estandarizar los procesos, desechar desperdicios,

aumentar la efectividad y promover un círculo satisfactorio. Las 9S se basan en nueve principios japoneses que comienzan con la letra "S":

Seiri (Clasificación)

Separar elementos necesarios de los innecesarios.

Figura 49

Seiri: Clasificación de todos los insumos presentes en el área de rectificación.



Nota. Se evaluaron los elementos presentes y se clasificaron según su pertenencia, y separando los insumos que no cumplen con las clasificaciones existentes.

Seiton (Orden)

Organizar elementos de manera eficiente y designarles un lugar.

Figura 50

Seiton: Orden de los insumos del área de rectificación.



Nota. En cada uno de los estantes se colocó los elementos mecánicos al sistema que pertenece.

Seiso (Limpieza)

Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.

Figura 51

Seiso: Limpieza del área de rectificación.



Nota. Posterior a la clasificación y organización de los insumos del área, se procedió a su respectiva limpieza.

Shikari (Constancia)

Mantener buenos hábitos en la práctica diaria en base a la planificación y control.

Figura 54

Shikari: Constancia en base a la planificación de las prácticas diarias o rutinarias.



Nota. Tras la planificación se asigna las actividades rutinarias para cumplir con las buenas prácticas del uso de insumos, materiales e instrumentos del laboratorio.

Shitsukoku (Compromiso)

Compromiso con las planificaciones y las obligaciones.

Figura 55

Shitsukoku: Compromiso con las actividades programadas con anterioridad.



Nota. Las actividades de mantenimiento de rutina son acciones programadas para que el usuario cumpla con sus obligaciones de mantener a punto la máquina herramienta.

Seishoo (Coordinación)

Desarrollar sistemas eficientes para trabajar y cumplir con los objetivos.

Figura 56

Seishoo: Coordinación mediante el uso de interfaces digitales.



Nota. Las interfaces digitales permiten comprender el uso y controlar el mantenimiento de las máquinas.

Seido (Estandarización)

Mantener y mejorar constantemente los resultados beneficiosos.

Figura 57

Seido: Estandarización de actividades de mantenimiento anual mediante planning.

		ENERO				FEBRERO			
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
Rectificadora de Superficies Planas	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002
	L-003								
	L-004								
	L-005					L-005			
	L-006								
	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001
	M-001								
	M-002								
	M-003								
	M-004								
Rectificadora de Ciguenales	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002	L-002
		L-003							
		L-004							
		L-005					L-005		
		L-006							
	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001	E-001
		M-001							
		M-002							
		M-003							
		M-004							

Nota. El planning de las máquinas herramientas se encuentran clasificadas y estandarizadas para ejecutar de manera eficiente el mantenimiento.

La incorporación de las 9S como metodología para el laboratorio de Motores de Combustión Interna y Rectificación, es un paso importante hacia la mejora continua de nuestro entorno de trabajo, asegurando de que estos cambios facilitarán las operaciones en el uso y aumentará la eficiencia, seguridad y calidad de todas nuestras actividades.

Desarrollo del plan de mantenimiento orientado a máquinas de rectificación

Selección del modelo de mantenimiento

Los requisitos primordiales para seleccionar un modelo de mantenimiento en base a la metodología 9's (implementado con anterioridad en el laboratorio) se justifican a continuación:

- **Incrementar la satisfacción:** garantiza la disponibilidad constante e ininterrumpida de las máquinas al evitar averías y tiempos de inactividad no planificados.
- **Cumplir estándares y regulaciones:** ayuda a cumplir con los estándares de calidad y regulaciones específicas para futuras acreditaciones.
- **Mejorar la seguridad:** garantiza la confiabilidad de un trabajo más seguro para sus ocupantes en condiciones y situaciones peligrosas antes de que ocurran incidentes de seguridad.
- **Prologar la vida útil de la máquina:** garantiza la mantenibilidad tras reducir el desgaste y prevenir daños mayores mediante el retraso de acciones correctivas reduciendo los costes de inversión a largo plazo.

En virtud de lo mencionado, el modelo de selección para el mantenimiento es de tipo *preventivo* gracias al sistema LEMI y metodología 9's, que garantiza el control de todas las revisiones y responden a las necesidades reales del laboratorio, donde las máquinas herramienta no pueden utilizarse sin ejecutar una inspección inicial en el área de rectificación.

Planificación del mantenimiento

Para esta planificación de mantenimiento en el área de rectificación; Se usó información genérica de los sistemas de mantenimiento existentes en máquinas de iguales características

debido a que no se disponía de información completa para las máquinas. El resultado es un enfoque holístico que aborda las necesidades de mantenimiento de manera eficiente y organizada.

Como primer punto se tuvo que realizar el inventariado de los insumos existentes en el área mediante una revisión integral cuyos detalles se proporcionan en los Anexos. Cada máquina se evalúa según su tipo, modelo y características técnicas en base a las fichas técnicas proporcionadas representadas como una TMD; Esta característica permitió determinar las necesidades específicas de mantenimiento de cada equipo a realizar.

En segundo punto se desarrolló la programación de las actividades de mantenimiento básicas basado en la información que se detalla para cada máquina, así se eligió por usar un sistema de mantenimiento general existente como punto de partida; Éste proporcionó pautas para las tareas básicas de mantenimiento, como la inspección visual, la limpieza y la lubricación.

Para el tercer punto se estableció el planning de mantenimiento continuando con un enfoque proactivo, estableciendo un plan anual de 52 semanas para las cinco máquinas que se adoptan del plan de mantenimiento; donde se proponen las actividades específicas de mantenimiento de frecuencia diaria, semanal, mensual, semestral, entre otros; en base al método LEMI detallado en los anexos adjuntos y proporciona un significado preciso para cualquier tarea de mantenimiento, ya sea de rutina o planificada.

Como quinto paso, se estableció la metodología LEMI, para establecer el tiempo de duración estimada que se tardará en completar la actividad; materiales, herramientas o recursos necesarios para llevar a cabo la actividad; Instrucciones detalladas a seguir para realizar la actividad.

Actividades de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento en el laboratorio se dividen en dos tipos:

Actividades de rutina

Es una acción regular y predefinida que se realiza para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Algunas de estas acciones diarias se enumeran a continuación:

- Limpiezas superficiales
- Inspecciones visuales
- Calibraciones
- Lubricaciones de elementos accesibles

Actividades programadas

Es una acción definida y basada en un cronograma o condiciones específicas, para prevenir averías y maximizar la vida útil de los equipos. Algunas de estas acciones previstas se enumeran a continuación:

- Limpiezas profundas
- Inspecciones y verificaciones
- Reemplazos

En estos dos puntos; las actividades se representan a través del método LEMI, mencionado en el capítulo anterior.

Guías y solicitudes académicas para el laboratorio

Durante la generación de guías de prácticas académicas que abarque el funcionamiento, encendido y apagado de las máquinas rectificadoras de elementos automáticos, mencionadas en los capítulos anteriores y como parte de la mejora continua; estas guías sirven como herramientas educativas esenciales que permiten promover la seguridad, eficiencia y familiaridad.

Las guías académicas se han desarrollado con el objetivo de proporcionar una comprensión profunda y detallada de cada rectificadora proporcionando una descripción general, incluyendo los parámetros básicos como el modelo, características, datos técnicos, etc. Donde se identifica y estructura los componentes, destacando su función y actividades que

se pueden realizar en la misma; Adicionalmente se adjunta los procedimientos de arranque que proporciona las instrucciones y procedimientos para su encendido y apagado, en el cual se explica el proceso de funcionamiento de la máquina rectificadora, desde la preparación de la pieza de trabajo hasta la configuración de parámetros y el control del proceso, detallando los ajustes o configuraciones para lograr resultados óptimos en su proceso de mecanizado.

Implementación de la interfaz digital en el laboratorio.

Para el desarrollo de la implementación de la interfaz digital académica en el laboratorio de motores de combustión interna y rectificación se tuvo en cuenta el factor principal de toda interfaz; El diseño intuitivo, similar a un blog o una web de información especializada en máquinas herramientas relacionadas con el área de rectificación.

Diseño de la interfaz digital

Para el diseño y desarrollo de la interfaz se procedió a usar la herramienta Blogger el cual permite crear y publicar contenidos en línea de manera gratuita sin la necesidad de desarrollar códigos o instalar programas y depender de servicios de alojamiento.

Figura 58

Diseño de la interfaz digital panel general.



Nota. Para el diseño se consideró las características principales del laboratorio mencionadas en la estructuración, así como la autoría y contacto de ser necesario.

Estructuración y creación de entradas para las máquinas herramientas

Debido a que la interfaz pertenece completamente al laboratorio, y ya mencionadas sus áreas con anterioridad, las entradas cuentan con información detallada sobre sus características técnicas, el proceso de encendido - apagado, y las guías prácticas académicas que se pueden realizar en su respectivo equipo.

Figura 59

Entradas de las máquinas herramientas de rectificación en la interfaz digital.



Nota. La estructuración inicial cuenta con todas las máquinas pertenecientes al laboratorio de MCI y rectificación.

Otra parte de la estructuración de las entradas es brindar información académica donde se incluyen las actividades de mantenimiento LEMI. De esta manera, los usuarios del laboratorio pueden acceder a guías y recomendaciones para el correcto cuidado y funcionamiento de cada máquina.

Creación de códigos QR para las máquinas rectificadoras

Para poder generar la codificación única de dirección web para cada entrada se usó el generador de códigos QR "qrfy.com" en el que permite diseñar el código QR personalizado; Sin embargo, por motivos de estética y estandarización se respeta el diseño convencional de los códigos QR. Esta codificación permite una navegación rápida y directa a la información específica de cada máquina.

A continuación, se muestran los códigos QR generados para cada rectificadora:

QR - Rectificadora de válvulas**Figura 60**

QR Rectificadora de válvulas.



Nota. La figura muestra el QR para ser escaneado mediante un dispositivo electrónico que cuente con una aplicación para el escaneo de códigos QR y de barras.

QR - Rectificadora de superficies planas**Figura 61**

QR Rectificadora de superficies planas.



Nota. La figura muestra el QR para ser escaneado mediante un dispositivo electrónico que cuente con una aplicación para el escaneo de códigos QR y de barras.

QR - Rectificadora de cilindros**Figura 62**

QR Rectificadora de cilindros.



Nota. La figura muestra el QR para ser escaneado mediante un dispositivo electrónico que cuente con una aplicación para el escaneo de códigos QR y de barras.

QR - Rectificadora de cigüeñales**Figura 63**

QR Rectificadora de cigüeñales.



Nota. La figura muestra el QR para ser escaneado mediante un dispositivo electrónico que cuente con una aplicación para el escaneo de códigos QR y de barras.

QR - Rectificadora de tambores y discos de frenos

Figura 64

QR Rectificadora de discos y tambores de freno.



Nota. La figura muestra el QR para ser escaneado mediante un dispositivo electrónico que cuente con una aplicación para el escaneo de códigos QR y de barras.

Implementación de códigos de registro en maquinaria y equipos

Para facilitar aún más el acceso, cada entrada se identifica con una placa de identificación que ha sido escaneada y enlazada al contenido correspondiente.

La rectificadora de cigüeñal cuenta con un espacio amplio en su cabezal secundario, donde se decidió colocar en esa zona debido a la mayor visibilidad y accesibilidad para el escaneado.

Figura 65

Incorporación de la placa QR en la rectificadora de cigüeñales.



Nota. QR verificado y trabajando a la dirección:

<https://espeabomcir.blogspot.com/2023/07/rectificadora-de-ciguenales.html>

Para la colocación de la placa QR en la rectificadora de válvulas se optó por colocarlo en su parte frontal superior, el cual es una zona visible para el usuario y pueda hacer uso del mismo.

Figura 66

Incorporación de la placa QR en la rectificadora de válvulas.



Nota. QR verificado y trabajando a la dirección:

<https://espeabomcir.blogspot.com/2023/07/rectificadora-de-valorulas.html>

Respecto a la placa de la rectificadora de superficies planas, se colocó en la parte frontal al ingreso del componente, siendo esta una zona de fácil identificación del código QR.

Figura 67

Incorporación de la placa QR en la rectificadora de superficies planas.



Nota. QR verificado y trabajando a la dirección:

<https://espeabomcir.blogspot.com/2023/07/rectificadora-de-superficies-planas.html>

Para la rectificadora de discos y tambores de freno se eligió colocar la placa QR en la parte frontal de la carcasa de protección del disco abrasivo.

Figura 68

Incorporación de la placa QR en la rectificadora de discos y tambores de freno.



Nota. QR verificado y trabajando a la dirección:

<https://espeabomcir.blogspot.com/2023/07/rectificadora-de-discos-y-tambores-de.html>

Por último, la rectificadora de cilindros; debido a que es una máquina de rectificación portable se escogió el lateral izquierdo donde no se encuentra los mandos de control; y ser una zona de fácil visualización para el usuario.

Figura 69

Incorporación de la placa QR en la rectificadora de cilindros



Nota. QR verificado y trabajando a la dirección:

<https://espeabomcir.blogspot.com/2023/07/rectificadora-de-cilindros.html>

Capítulo IV

Marco Administrativo

Recursos

Recursos humanos

Son todas personas que han contribuido al desarrollo del proyecto en diferentes áreas.

Tabla 6

Recursos humanos del proyecto

Nombre	Función
Amanta Aguilar, Gilberth Joel	Estudiante
Mena Navarrete, Luis Antonio	Tutor
Mena Pazmiño, Luis Adrián	Estudiante

Nota. Las mismas personas mencionadas en la tabla contribuyeron con información para el desarrollo de los mantenimientos de las máquinas herramientas.

Recursos tecnológicos

Son todas las herramientas tecnológicas usadas en el proyecto.

Tabla 7

Recursos tecnológicos usados en el proyecto.

Denominación	Aplicación
Blogger	Interfaz digital
Qrfy	Códigos QR
Microsoft Visio	LayOut
Microsoft Excel	Planning

Nota. Son aplicaciones de uso simple; obviando la estructura interna de la plantilla de Blogger para su respectiva modificación en el estilo de la interfaz digital.

Recursos materiales

Son los detalles de los equipos y las herramientas utilizadas durante el desarrollo. de este proyecto

Tabla 8

Recursos materiales usados en el proyecto.

Detalle	Cantidad
Computador	1
Torno	1
Software	4

Nota. Estos recursos materiales son los más principales usados para el desarrollo del mantenimiento de las máquinas rectificadoras.

Recursos económicos

A continuación, se describe los recursos financieros utilizados para desarrollar este proyecto.

Tabla 9

Recursos económicos del proyecto.

Detalle	Cantidad (\$)
Señalética	80,0
Repuestos eléctricos	40,0
Segmentos de bomba de lubricación	8,50
Ejes de regulación	30,0
Cobertores de máquinas	208,81
Torno (acciones generales)	5,70
Insumos mecánicos	5,75
Soluble (Taladrina)	350,0

Detalle	Cantidad (\$)
Dispensador	8,0
Gastos varios	100,0
Infraestructura	2300,0
Total	3.136,76

Nota. Debido al mal estado de la infraestructura del laboratorio, la restauración de la misma es la más costosa a comparación de los demás gastos.

Conclusiones

- Mediante el levantamiento de información del área de rectificación se determinó que la infraestructura presentaba signos de desgaste como grietas y agujeros; las máquinas presentaron fallas en el motor eléctrico, mecanismo de avance automático, lubricación insuficiente de partes internas y pérdida de propiedades del solvente, en el cual fueron de utilidad para asignar acciones de mantenimiento.
- Se efectuó la puesta a punto de las máquinas rectificadoras para la ejecución de diferentes puntos como la lubricación en componentes internos con el fin de reducir el desgaste y la fricción, así como la resolución de los fallos eléctricos en los motores que restableció la funcionalidad del avance automático, y la inspección de piezas mecánicas e instrumentales que restablecen su operatividad y contribuir a la eficiencia de las prácticas académicas.
- Se elaboró un plan de mantenimiento que incluyen las actividades rutinarias y programadas bajo el método LEMI, para gestionar los recursos de forma más eficiente y prevenir interrupciones no planificadas debido a problemas técnicos.
- Se desarrolló una interfaz digital para la gestión de información a fin de disponer de procesos de mantenimiento, guías prácticas, guías de operación y fichas técnicas recopilando la documentación necesaria de cada una de las máquinas rectificadoras.
- Se etiquetó mediante codificación QR a las máquinas rectificadoras para agilizar el acceso a su información como guías prácticas, guías de operación, procesos de mantenimiento y fichas técnicas optimizando el tiempo de los usuarios del laboratorio.

Recomendaciones

- Establecer una programación de monitoreo continuo (mantenimiento predictivo) para las máquinas de rectificación, donde se permita detectar anomalías en su funcionamiento para la temprana identificación de inconvenientes antes de que se conviertan en fallas mayores.
- Implantar una capacitación periódica a los usuarios del laboratorio, dado que esto permitirá garantizar que estén al tanto del funcionamiento y mantenimiento para el manejo más eficiente y seguro de las máquinas de rectificación.
- Formalizar actividades rutinarias de mantenimiento preventivo previo al uso de las máquinas rectificadoras, de modo que ayude a evitar problemas potenciales, reducir el desgaste innecesario y prolongar la vida útil, a su vez que permite reducir los costos generales de mantenimiento.

Bibliografía

- Bama sistemas. (11 de Febrero de 2022). *Claves para entender el mantenimiento overhaul*.
Obtenido de Bama sistemas: <https://bit.ly/3GM8dmM>
- Brendel, A., & Brendel, E. (s.f.). *Werkzeugmaschinenkunde - Spaner* (Primera ed.). Berlin:
Institut für berufliche Entwicklung e.V. Obtenido de <https://bit.ly/43zVDA5>
- CONAUTO. (26 de Julio de 2023). *Soluble D*. Obtenido de CONAUTO:
<https://www.conauto.com.ec/index.php/soluble-d/>
- Corinne, P., & Rolando, L. (2020). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo mediante el software profesional mp9 en una industria alimenticia*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador]. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21990/1/UPS-GT003651.pdf>
- Fractal Tech S.L. (2023). *¿Cómo hacer un plan de mantenimiento?* Obtenido de Fractal:
<https://bit.ly/3GM8dmM>
- García, S. (2009). *Mantenimiento Correctivo. Organización y gestión de la reparación de averías* (Vol. IV). RENOVETEC.
- IntegraMarkets, Grupo América Factorial S.A.C. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial* (Segunda ed.). IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial.
- Mogro Zambrano, A. E., & Ayala Jácome, A. P. (2014). *Implementación de la Metodología de las 9'S de Calidad en el Laboratorio de Rectificación de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/9128>
- Montilla, C. (2016). *Fundamentos de mantenimiento industrial*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control* (Primera ed.). México D.F: Alfaomega Grupo Editor.

- Muñoz, B. (2007). *Mantenimiento Industrial*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Navarro, J. (2007). *Técnicas de mantenimiento Industrial*. Calpe Institute of Technology.
- Novillo, D. (2014). *Elaboración de un manual de procesos y procedimientos bajo estándares de calidad para rectificación de motores de vehículos livianos. [Tesis de pregrado, Universidad Internacional del Ecuador]*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/139>
- Olives, R. (2013). *Mantenimiento Preventivo*. Departamento de Empresa y Empleo.
- Osorio, J., & Restrepo, F. (1994). *Diseño y sistematización del programa de mantenimiento preventivo L.EM. para la sección de tapas metálicas T.O. de la compañía tapón corona de Colombia S.A. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]*. Obtenido de <https://bit.ly/3AtjW69>
- Pérez, A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. (2023). *Guía de aspectos de seguridad a ser considerados en los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE*. Talento Humano; Seguridad Integrada; Seguridad Física. USIN-GUI-V1-2023-042.

Anexos