



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER DE CAD - CAM DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

**LIZETH VIVIANA CISNEROS SILVA
BRYAN GUILLERMO GUANANGA RODRÍGUEZ**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA – ECUADOR
2017**

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-02-03

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**LIZETH VIVIANA CISNEROS SILVA
BRYAN GUILLERMO GUANANGA RODRÍGUEZ**

Titulado:

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE
MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER
DE CAD - CAM DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Guamán Mendoza
DIRECTOR

Ing. Carlos Álvarez Pacheco
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LIZETH VIVIANA CISNEROS SILVA

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER DE CAD - CAM DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2017-02-03

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendáriz P. PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendáriz P.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: BRYAN GUILLERMO GUANANGA RODRÍGUEZ

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO PARA LA MAQUINARIA DEL TALLER DE CAD - CAM DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2017-02-03

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendáriz P. PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Carlos Álvarez Pacheco ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendáriz P.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Lizeth Viviana Cisneros Silva

**Bryan Guillermo Guananga
Rodríguez**

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Lizeth Viviana Cisneros Silva y Bryan Guillermo Guananga Rodríguez, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Lizeth Viviana Cisneros Silva

Cedula de Identidad: 060453216-8

**Bryan Guillermo Guananga
Rodríguez**

Cedula de Identidad: 210021599-1

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Ángel y Olga por su apoyo incondicional y por ser el pilar fundamental en mi formación académica. De igual manera a mis hermanas Stefy y Andrea, quienes son mi ejemplo de superación y siempre han estado conmigo alentándome en todo momento.

Lizeth Viviana Cisneros Silva

Dedico mi logro y todos los que sé que alcanzaré en el futuro, a mi familia, a quienes amo mucho y tengo siempre en mente, pues de ellos no he recibido más que cariño, ejemplo y motivación para alcanzar todas las metas que me he fijado en la vida.

Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por estar presente en cada momento de mi vida y brindarme la sabiduría necesaria para culminar satisfactoriamente esta etapa.

A mi familia quienes son las personas que más quiero y admiro en este mucho. Gracias por su paciencia, por enseñarme a ser una personas humilde, sencilla y agradecida y guiarme siempre por el sendero del bien.

A todos mis profesores, en especial al Ing. Marco Almendáriz, Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, quienes han sabido apoyarme a lo largo de mi carrera profesional ya que gracias a sus consejos y enseñanzas puede alcanzar mis metas y cumplir con mis objetivos.

Lizeth Viviana Cisneros Silva

Agradezco a mis padres Freddy y Dory que con su cariño y apoyo incondicional lograron hacer de mi alguien digno de ser hijo suyo, dos personas tan importantes para mí a los que siempre admiraré y sé que siempre podré contar, no cabe duda de que todos los logros que alcance en el trayecto de mi vida son logros suyos también.

También un agradecimiento especial a mi Tutor y Asesor de Tesis Ing. Ángel Guamán e Ing. Carlos Álvarez, que aportaron favorablemente en mi formación profesional.

Finalmente agradezco a mis amigos que fueron mi compañía en mi recorrido como estudiante.

Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Mantenimiento.....	3
2.2 Tipos de mantenimiento.....	3
2.2.1 Mantenimiento correctivo.....	4
2.2.2 Mantenimiento preventivo.....	4
2.2.3. Mantenimiento programado.....	4
2.3 Procedimientos de mantenimiento de equipos y máquinas.....	5
2.3.1 Plano de situación de equipos y máquinas.....	5
2.3.2 Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento.....	5
2.3.3. Plan de mantenimiento de equipos y máquinas.....	5
2.3.4 Ficha técnica de equipos y máquinas.....	6
2.3.5 Historial de revisiones y reparaciones.....	6
2.4 Departamento de mantenimiento.....	6
2.5 Gestión de mantenimiento.....	7
2.6 Planeación del mantenimiento.....	7
2.7 Programación del mantenimiento.....	7
2.8 Mantenimiento en los talleres.....	8
2.9 Avería.....	8
2.10 Confiabilidad.....	8
2.11 Eficacia.....	8
2.12 Mantenibilidad.....	9
2.13 Control numérico computarizado.....	9
2.14 Centro de mecanizado.....	9
2.15 Sistemas mecánicos.....	9
2.16 Sistema neumático.....	10
2.17 Sistema hidráulico.....	10
2.18 Sistema eléctrico.....	10
2.19 Sistema frigorífico o de refrigeración.....	11
2.20 Panel de control.....	11
2.21 Mecanizado por electroerosión.....	11
2.22 Fichas de registro.....	12
2.22.1 Historial de averías:.....	12
2.22.2 Orden de trabajo:.....	12
2.22.3 Solicitud de materiales y herramientas:.....	12
2.22.4 Solicitud de servicio externo:.....	13
2.22.5 Hoja de inspección:.....	13
2.23 Costo de mantenimiento.....	13
2.23.1 Costos directos:.....	14
2.23.2 Costos indirectos:.....	14
2.23.3 Costos fijos:.....	14
2.23.4 Costos variables:.....	15

2.24	Inspecciones rutinarias de mantenimiento	15
2.25	Programación en Microsoft Excel con Visual Basic	15
2.26	Teoría CBM para cálculo de inspecciones de mantenimiento.....	16
2.27	Fallo de una máquina.....	17
3.	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LOS TALLERES.....	18
3.1	Descripción de la Facultad de Mecánica	18
3.1.1	Misión	18
3.1.2	Visión.....	18
3.1.3	Talleres de la Facultad de Mecánica.....	18
3.1.4	Organigrama de la Facultad de Mecánica.....	19
3.2	Descripción de estado actual del taller de CAD-CAM.....	20
3.2.1	Gestión.....	20
3.2.2	Grado de utilización de la maquinaria del taller de CAD-CAM.....	20
3.2.3	Situación actual de mantenimiento del taller de CAD-CAM.....	21
3.3	MAQUINARIA DEL TALLER DE CAD-CAM.....	22
3.3.1	Torno CNC Smart-Turn/285.....	22
3.3.2	Rectificadora WOTAN.....	23
3.3.3	Centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT VMC 800.....	23
3.3.4	Torno CNC CLK6140D/2.....	24
3.3.5	Centro de mecanizado vertical ROMI D600.....	25
3.3.6	Centro de mecanizado vertical ROMI DCM 620-5X.....	26
3.3.7	Máquina de electroerosión TOP EDM DM-6030.....	27
3.3.8	Troqueladora SMERAL TRNAVA.....	27
3.3.9	Compresor SCHULZ MSV 40.....	28
3.3.10	Compresor ENERGIAR2.....	29
3.3.11	Compresor de tanque vertical CAMPBELL HAUSFEL.....	29
3.3.12	Maquinaria común de la sección de cerrajería.....	30
4.	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO.....	33
4.1	Codificación de documentos, máquinas y equipos.....	33
4.1.1	Codificación de documentos.....	34
4.1.2	Codificación de la facultad.....	35
4.1.3	Codificación del taller de CAD-CAM.....	35
4.1.4	Codificación de las máquinas y equipos.....	35
4.1.4.1	Codificación por tipo de máquina.....	35
4.2	Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento.....	36
4.3	Plano de ubicación de equipos y máquinas.....	37
4.4	Registro de equipo o ficha técnica.....	39
4.5	Ficha de estado técnico.....	46
4.5.1	Parámetros de evaluación.....	46
4.5.2	Calificación de los equipos según su estado técnico.....	46
4.6	Tarjeta de mantenimiento.....	56
4.6.1	Periodicidad de las actividades de mantenimiento.....	56
4.7	Procedimientos de las actividades de mantenimiento.....	62
4.7.1	Costo de las actividades de mantenimiento.....	62
4.7.1.1	Costos variables.....	63
4.7.1.2	Costos fijos.....	66
4.8	Plan anual de mantenimiento programado de equipos y máquinas.....	83

4.8.1	Diseño de un software de planificación programada del mantenimiento.....	85
4.9	Hoja de Lubricación.....	95
4.10	Registro o Historial de actividades.	97
4.11	Orden de trabajo.....	98
4.12	Solicitud de materiales y herramientas	98
4.13	Solicitud de servicios externos	98
4.14	Hoja de inspección.....	98
4.15	Manual de procedimientos de mantenimiento	102
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
5.1	Conclusiones.....	103
5.2	Recomendaciones	104
6.	ANEXOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Documentos asociados a los procedimientos de mantenimiento.....	5
2	Talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica.....	18
3	Codificación de documentos.....	34
4	Codificación por tipo de máquina.....	35
5	Clasificación según estado técnico.....	47
6	Tipo de servicio de mantenimiento requerido.....	53
7	Estado general de la maquinaria.....	55
8	Simbología del software de mantenimiento.....	91

LISTA DE CUADROS

		Pág.
1	Codificación técnica de equipos del taller de CAD-CAM.....	36
2	Lista de equipos y maquinaria bajo mantenimiento.....	37
3	Registro de equipo (Centro de mecanizado vertical ROMI D620).....	40
4	Clasificación BRIDGEPORT.....	47
5	Clasificación torno CNC.....	48
6	Clasificación ROMI D620.....	48
7	Clasificación ROMI D600.....	49
8	Clasificación troqueladora.....	49
9	Clasificación electroerosionadora.....	50
10	Clasificación compresor SCHULZ.....	50
11	Clasificación compresor ENERGAIR2.....	51
12	Clasificación compresor CAMPBELL.....	51
13	Clasificación sierra sensitiva.....	51
14	Clasificación taladro de columna.....	52
15	Clasificación soldadora.....	52
16	Clasificación esmeril.....	52
17	Ficha de estado técnico máquina BRIDGEPORT.....	54
18	Frecuencia de mantenimiento según el tiempo de utilización diaria de la maquinaria del taller de CAD-CAM.....	57
19	Tarjeta de mantenimiento del centro de mecanizado vertical ROMI D620.....	60
20	Estimación de costos de materiales consumidos por actividad.....	63
21	Cálculo del costo por unidad (USD).....	65
22	Cálculo de los costos de las actividades de inspección con probabilidad de reparación (USD).....	66
23	Precio en el mercado de herramientas y EPI (USD).....	66
24	Cálculo del costo fijo por actividad (USD).....	67
25	Procedimientos de las actividades de mantenimientos (ROMI D620)....	68
26	Hoja de lubricación del centro de mecanizado vertical BRODGEPORT	96
27	Formato del historial de averías.....	97
28	Formato de la orden de trabajo.....	99
29	Solicitud de materiales y herramientas.....	100
30	Solicitud de servicio externo de mantenimiento.....	101
31	Hoja de inspección.....	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Tipos de Mantenimiento.....	4
2 Clasificación de los costos de mantenimiento.....	14
3 Teoría clásica CBM.....	17
4 Organigrama de la Facultad de Mecánica.....	19
5 Torno CNC Smart-Turn/285.....	22
6 Rectificadora WOTAN.....	23
7 Centro de mecanizado vertical BRIIDGEPORT VCM 800.....	24
8 Torno CNC CLK6140D/2.....	25
9 Centro de mecanizado vertical ROMI D600.....	25
10 Centro de mecanizado vertical ROMI DCM 620-5X.....	26
11 Máquina de electroerosión TOP EDM-6030.....	27
12 Troqueladora SMERAL TRNAVA.....	28
13 Compresor SCHULZ MSV 40.....	29
14 Compresor ENERG AIR2.....	29
15 Compresor de tanque vertical CAMPBELL HAUSFEL.....	30
16 Esmeril RONG LONG.....	31
17 Taladro vertical GENERAL.....	31
18 Sierra sensitiva.....	32
19 Soldadora LINCOLN ELECTRIC.....	32
20 Estructura de la codificación.....	34
21 Plano de ubicación de equipos.....	38
22 Resultado evaluación técnica.....	55
23 Portada del software de mantenimiento.....	85
24 Interfaz de interacción.....	86
25 Cuadro combinado correspondiente al año.....	86
26 Cuadro combinado correspondiente al año.....	87
27 Botón (Mostrar plan anual).....	87
28 Cuadro selectores.....	88
29 Barra de desplazamiento.....	88
30 Ventana (solicitud de clave de acceso).....	89
31 Formulario de cumplimiento de actividad.....	89
32 Registro de actividades según máquina.....	90
33 Cuadro de observaciones.....	90
34 Funciones del formulario de ingreso de registros.....	91
35 Registro y reprogramación de actividades.....	92
36 Función del botón “Mostrar Historial”.....	92
37 Formulario para fijar punto de partida.....	93
38 Botón “Plano de ubicación.....	93

39	Botón “Ficha técnica”	94
40	Botón “Procedimiento de las actividades”	94
41	Botón “Hoja de lubricación”	95
42	Protección contra escritura.....	95

LISTA DE ABREVIACIONES

A	Amperio
V	Voltio
Hz	Hertz
kW	Kilowatios
kg	Kilogramos
mm	Milímetros
rpm	Revoluciones por minuto
gal	Galones
USD	Dólares Americanos
FM	Facultad de Mecánica
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Organización Internacional de Normalización
CAD	Diseño asistido por computadora
CAM	Manufactura asistida por computadora
TCC	Taller de CAD- CAM
CNC	Control numérico computarizado
NA	No aplica
SN	Sin número
TO	Torno
VMC	Centro de mecanizado vertical
TR	Troqueladora
EL	Electroerosionadora
CO	Compresor
ES	Esmeril
CS	Cortadora Sensitiva
TV	Taladro vertical
SO	Soldadora Eléctrica
PU	Plano de ubicación de equipos y máquinas
RE	Registro de equipo o ficha técnica
FE	Ficha de estado técnico de la maquinaria
LE	Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento
TM	Tarjeta de mantenimiento
PA	Procedimientos de las actividades de mantenimiento
PM	Plan de mantenimiento programado de equipos y máquinas
HL	Hoja de Lubricación
MM	Manual de procedimientos de mantenimiento programado
HA	Historial de averías
OT	Orden de Trabajo
SM	Solicitud de materiales y herramientas
SS	Solicitud de servicios externos
HI	Hoja de inspección

LISTA DE ANEXOS

- 1** Fichas de estado técnico de la maquinaria.
- 2** Manual de procedimientos de mantenimiento programado del taller de CAD-CAM.
- 3** Hojas de Lubricación.
- 4** Contenido del Kit de herramientas
- 5** Nombres comerciales del equipo de protección personal

RESUMEN

El taller de CAD-CAM de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH actualmente cuenta con una variedad de equipos de alta tecnología en cuanto a procesos de manufactura asistida por computadora se refiere. Sin embargo la maquinaria del taller opera sin contemplar procedimientos de mantenimiento preventivo, ni lleva un registro de actividades relacionadas con reparaciones y costos, acortando con ello el tiempo de vida útil que estas poseen. Por este motivo surge la necesidad de elaborar el presente proyecto a partir de un plano de ubicación de equipos y máquinas, de las cuales se detallaron sus especificaciones técnicas y se evaluó su estado técnico actual. A continuación se crearon las actividades de mantenimiento, mediante el método basado en instrucciones del fabricante. Con estas actividades se efectuó el plan de mantenimiento por medio del diseño de un software con la capacidad de reprogramar automáticamente el cronograma de actividades y llevar un registro de cumplimiento de las mismas. Finalmente se realizó un listado de las operaciones a seguir para la correcta ejecución de cada actividad, especificando en conjunto los materiales, herramientas, equipo de protección personal y costos involucrados en la labor. Con la implementación de este proyecto se obtuvo un eficiente sistema de control y gestión de mantenimiento, capaz de llevar la documentación apropiada para sus respectivos registros, garantizando así el buen estado de la maquinaria y un normal desarrollo académico – práctico del taller de CAD – CAM. En tal virtud se recomienda la contratación de un técnico de mantenimiento por parte de la institución para el cumplimiento de los procedimientos establecidos en el presente proyecto.

PALABRAS CLAVES: <MANTENIMIENTO PREVENTIVO>, <PLANO DE UBICACIÓN>, <PROCEDIMIENTOS>, <MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA>, <CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES>, <TALLER DE CAD-CAM>, <MÁQUINAS-HERRAMIENTAS>, <SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO>.

ABSTRACT

The CAD-CAM workshop of the Faculty of Mechanics of the ESPOCH currently has a variety of high-tech equipment assisted by computer for manufacturing processes. However, the workshop machinery operates without preventive maintenance procedures, nor does it keep track of activities related to repairs and costs, thus shortening the useful life of the workshop. For this reason the need to elaborate the present project from a plan of location of equipment and machinery, from which its technical specifications was detailed and its current technical state was evaluated. Maintenance activities were then created using the method based on the manufacturer's instructions. With these activities, the maintenance plan was carried out by means of the design of software with the ability to automatically reprogram the schedule of activities and keep a record of compliance with them. Finally, a list of the operations to be followed for the correct execution of each activity was made, it was specified together the materials, tools, personal protection equipment and costs involved in the work. With the implementation of this project an efficient maintenance control and management system was obtained, it is able to carry the appropriate documentation for its respective records, thus guaranteeing the good state of the machinery and a normal academic-practical development of the CAD-CAM workshop. Therefore, it is recommended that a maintenance technician be hired by the institution to comply with the procedures established in this project.

KEYWORDS: <PREVENTIVE MAINTENANCE, <LOCATION PLAN>, <PROCEDURES>, <COMPUTER-AIDED MANUFACTURING>, <ACTIVITY SCHEDULE>, <CAD-CAM WORKSHOP>, <MACHINES-TOOLS>, <MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La maquinaria del taller CAD - CAM de la facultad de mecánica de la ESPOCH es vital, por la importancia en una asignatura específica de profesionalización, para los estudiantes, que por medio de esta cátedra adquieren conocimientos de manufactura asistida por computadora, en tal virtud impulsa la necesidad de elaborar procedimientos de mantenimiento programado; entendiendo como tal, al conjunto de procesos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento que poseen fechas establecidas con periodicidad fija, asegurando así la confiabilidad del taller y reduciendo el tiempo y costes que puedan generarse por mantenimiento correctivo.

En la actualidad el taller de CAD CAM no cuenta con procedimientos de mantenimiento programado, por tanto se pone en riesgo, no solo a la maquinaria disponible, sino también al recurso humano, que se ve expuesto a sufrir accidentes por mal funcionamiento de los equipos.

1.1 Antecedentes

El taller de CAD-CAM de la ESPOCH, es un taller recientemente implementado, por este motivo, escasamente ha sido objeto de investigación en cuanto a mantenimiento se refiere, y su implementación está conformada por maquinaria moderna recientemente adquirida, como por equipos que ya han cumplido con ciertos años de utilización. Esto implica que en cuanto a material de investigaciones anteriormente realizadas, solo se dispone de los manuales de usuario que los fabricantes han proveído únicamente para la maquinaria adquirida en los últimos años e investigaciones referentes a operación de la maquinaria y mantenimiento correctivo por parte de un pequeño grupo de estudiantes, que sin embargo no han abordado el tema de mantenimiento preventivo.

Adicionalmente se cuenta con normativa que establece la documentación referente a los procedimientos de mantenimiento. (ISO 9001, Procedimientos de Mantenimiento de Equipos y Maquinaria).

1.2 Justificación

El mantenimiento programado de la maquinaria en el taller de CAD - CAM de la ESPOCH se justifica, en torno a que la maquinaria en cuestión posee un alto valor económico, lo cual significa que cualquier reparación o reemplazo que deba efectuarse en base a estas, implicará una gran pérdida económica para la institución, por lo que es indispensable la elaboración de procedimientos de mantenimiento programado que permitan resguardar la integridad de la maquinaria, lo que representa un ahorro significativo por concepto de mantenimiento. Además, que este proyecto busca hacer un aporte adicional a lo tradicionalmente establecido en lo referente a mantenimiento, por medio de un sistema exclusivamente diseñado para las condiciones y realidad del taller, lo cual se pretende lograr mediante el uso de un software.

La importancia de evitar averías y paradas imprevistas no solo tiene impacto en el ámbito económico, también representa un aspecto importante en lo que refiere a seguridad industrial, puesto que un gran porcentaje de accidentes son ocasionados por el mal funcionamiento de los equipos. Así también al tomar en cuenta que la maquinaria es usada como herramienta de enseñanza, el proyecto permite garantizar la disposición de la misma para esta función, lo cual es de suma importancia para una institución de calidad como lo es la ESPOCH.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Elaborar e implementar procedimientos de mantenimiento programado para la maquinaria del taller de CAD - CAM de la facultad de mecánica de la ESPOCH

1.3.2 Objetivos específicos.

- Identificar mediante evaluación el estado técnico actual en que se encuentra cada máquina y equipo.
- Diseñar un software con la capacidad de reprogramar automáticamente el cronograma de actividades de mantenimiento y llevar un registro de cumplimiento de las mismas.
- Elaborar los formatos de la documentación asociada a los procedimientos de mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Mantenimiento

Se entiende por mantenimiento al conjunto de tareas realizadas con la finalidad de conservar el buen estado de un bien, equipo e instalación, esto refiere a su funcionalidad, fiabilidad, confiabilidad e incluso a su aspecto visual. El mantenimiento también se encuentra relacionado con la productividad puesto que un equipo que no opere bajo sus parámetros de diseño, consumirá mayor cantidad de recursos para efectuar su función y esto es reflejado en un aumento en los costos de producción.

El mantenimiento busca garantizar que los equipos lleven a cabo su función, minimizando en lo posible fallas y errores, logrando con esto alargar el tiempo de vida útil del bien. Una importancia del mantenimiento radica en la disminución de riesgos por accidentes, derivados de la interacción hombre – máquina y de malas condiciones en el ambiente de las instalaciones, por tal motivo el mantenimiento no debe ser considerado de carácter opcional.

2.2 Tipos de mantenimiento

La diferencia entre los distintos tipos de mantenimiento viene dada principalmente por la causa que impulsa su ejecución (avería o prevención), de las cuales se derivan los principales tipos de mantenimiento, preventivo y correctivo.

“Esta división de tipos de mantenimiento presenta el inconveniente de que cada equipo necesita una mezcla de cada uno de estos tipos, de manera que no se puede pensar en aplicar uno solo de ellos a un equipo en particular” (Renove Tecnología S.L, 2016).

La subdivisión de estos dos tipos de mantenimiento depende de la estrategia utilizada para su cumplimiento y el tiempo en que se programa efectuar cada una de las actividades de mantenimiento.

Los diferentes tipos de mantenimiento, se encuentran resumidos en la Figura 1.

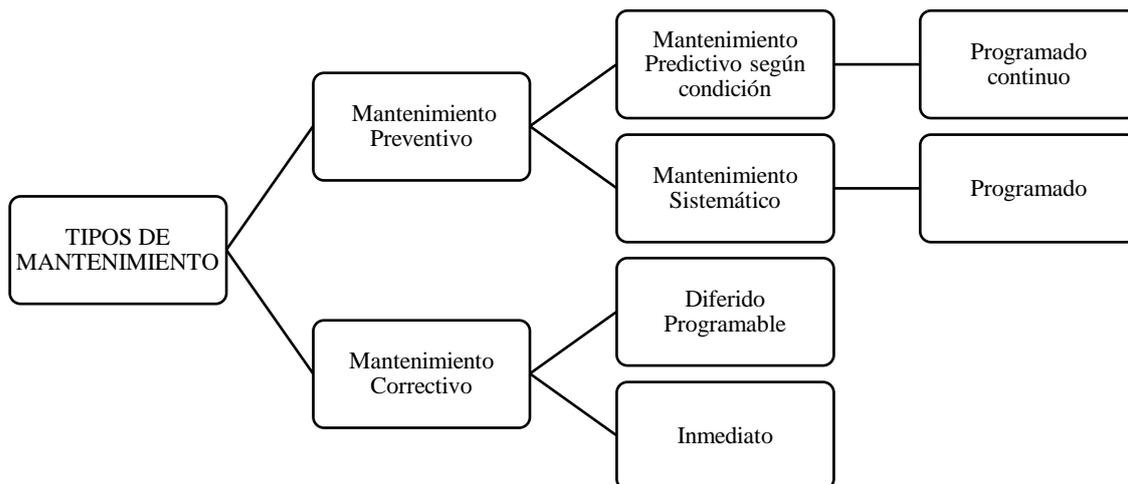


Figura 1. Tipos de Mantenimiento

Fuente: Norma AENOR UNE-EN 13306 (Anexo A p. 20)

2.2.1 Mantenimiento correctivo. Como mantenimiento correctivo se conoce a aquel que se lleva a cabo una vez la falla se haya dado, es decir que el mantenimiento correctivo se fundamenta en la reparación de averías, y según el tiempo que se programe para efectuar dicha reparación, se distingue los dos tipos de mantenimiento correctivo, inmediato o diferido programable.

2.2.2 Mantenimiento preventivo. A diferencia del mantenimiento correctivo este tipo de mantenimiento busca evitar en lo posible averías o fallos de funcionamiento, anticipándose a estos con rutinas planificadas según intervalos de tiempo, esto quiere decir que el mantenimiento preventivo conseguirá disminuir acciones correctivas, representando esto una disminución de costos. Este se divide en mantenimiento predictivo y mantenimiento programado.

2.2.3. Mantenimiento programado. Tipo de mantenimiento preventivo que establece un programa de actividades planificadas cronológicamente y con periodicidad fija, a partir de un estudio investigativo de especificaciones del equipo y recomendaciones del fabricante. Estas actividades deberán ejecutarse sin la necesidad de que exista algún síntoma de avería. Garrido (2012) afirma:

Debemos tener en cuenta que lo que hagamos en mantenimiento no tiene su consecuencia de manera inmediata, sino que los efectos de las acciones que tomamos se revelan con seis meses o con un año de retraso. Hoy pagamos de los errores de ayer, o disfrutamos de los aciertos. (Garrido, 2012 pág. 81)

2.3 Procedimientos de mantenimiento de equipos y máquinas

Se entiende por procedimientos de mantenimiento de equipos y máquinas al modo de actuar ante trabajos de mantenimiento, sean estos de carácter correctivo o preventivo. Para la elaboración de estos procedimientos el responsable de mantenimiento debe disponer de documentación de gestión apropiada. En la Tabla 1. se detalla la documentación asociada a los procedimientos.

Tabla 1. Documentos asociados a los procedimientos de mantenimiento

Número	Documentación Asociada
1	Plano de ubicación de equipos y máquinas
2	Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento
3	Plan de mantenimiento de equipos y máquinas
4	Ficha técnica de equipos y máquinas
5	Historial de revisiones y reparaciones

Fuente: (ISO 9001 - 038, 2003 pág. 331)

2.3.1 Plano de situación de equipos y máquinas. Plano de las instalaciones que indica la ubicación y codificación de equipos y máquinas seleccionadas para las tareas de mantenimiento.

2.3.2 Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento. Es una lista de los equipos y máquinas seleccionadas para las tareas de mantenimiento, en la que se especifica: código, nombre del equipo y el tipo de mantenimiento que se va a planificar.

2.3.3. Plan de mantenimiento de equipos y máquinas. Este documento es realizado una vez que se selecciona el tipo de mantenimiento al que cada máquina deberá regirse. En el caso de aplicar a la maquinaria un mantenimiento preventivo se deberá elaborar un plan que contenga las actividades a realizarse con su respectiva periodicidad, logrando con

esto disminuir las posibles averías o fallas que puedan presentarse. El plan de mantenimiento deberá ser diseñado para cada máquina de forma individual.

No resulta necesario elaborar un plan de mantenimiento para una estrategia de mantenimiento correctivo, porque no se puede predecir el momento exacto en que se presentará una falla en la maquinaria, sin embargo, deberá llevar un registro de las tareas efectuadas, en el historial del equipo.

2.3.4 Ficha técnica de equipos y máquinas. Se conoce como ficha técnica al documento que contiene las especificaciones técnicas de funcionamiento de cada máquina y equipo, así como el número de serie, información de su fabricante y contactos del mismo. También puede incluir un listado de los repuestos necesarios que deben ser almacenados para las actividades de mantenimiento y para solventar eventualidades básicas de la maquinaria. Estos datos pueden ser útiles para consulta en el caso de falla o avería del equipo.

El responsable de mantenimiento es el encargado de llevar toda la documentación pertinente al funcionamiento y operación de la maquinaria, como son manuales del usuario, catálogos, manual de operación, esquemas de funcionamiento, entre otros.

2.3.5 Historial de revisiones y reparaciones. Es una herramienta de control de gastos y repuestos, en la cual se detallan las operaciones realizadas en el equipo o máquina. Este documento registra actividades de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo.

El registro de cada actividad involucra datos con los cuales se especifique las horas de parada, la fecha de cumplimiento, insumos utilizados y costo total de la operación.

2.4 Departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento es un área especializada para realizar trabajos técnicos y administrativos, necesarios para la conservación del buen estado de instalaciones, equipos y maquinaria, tareas que puedan realizarse mediante el personal capacitado de la empresa o a través de contratación externa. Toda la gestión que involucra la realización de estos procesos está a cargo del departamento, con el cumplimiento de normativa y leyes.

2.5 Gestión de mantenimiento

Es un conjunto de acciones coordinadas que se llevan a cabo para dar lugar a un determinado proceso de mantenimiento, tramitando con ello la disposición de recursos necesarios y la documentación pertinente para su control.

2.6 Planeación del mantenimiento

Es la acción de determinar las directrices a seguir para el cumplimiento de determinadas actividades de mantenimiento antes de ser iniciadas. La planeación involucra con ello, la documentación necesaria para dar gestión a este proceso, por ejemplo: requisición de compras, lista de materiales, contratación de servicios externos y todo lo que la empresa o institución, determine pertinente realizar para poder dar ejecución a una orden de trabajo.

Para la realización de una planificación eficaz se deberán efectuar los siguientes pasos:

- Determinación del contenido del trabajo, donde se especifican las operaciones que implican la realización de la actividad.
- Realizar un plan de trabajo que especifique el personal destinado para efectuarlo, ya sea interno o externo.
- Establecer, herramientas y materiales necesarios, estableciendo un procedimiento para solicitud de los mismos
- Incluir en el plan los equipos de protección individual que deberán utilizarse.
- Desarrollar planes o estrategias de control para trabajos pendientes.

2.7 Programación del mantenimiento

La Programación es aquella que establece el momento exacto en el que debe darse cumplimiento de un trabajo determinado, es decir el momento en el que se debe liberar una orden de trabajo, y con ella todos los procedimientos y documentación necesaria para efectuarla, los cuales se especifican en la planificación del mantenimiento.

Lo que involucra tener una programación de mantenimiento, es que se tendrán fechas fijadas para realizar determinadas actividades, siendo que la máquina, equipo o instalación muestren o no síntomas de necesitarlas, es por eso que no se debe realizar la programación al azar, sino que debe estar fundamentada en estudios previos que permitan

hacer estimaciones realistas de lo que probablemente sucederá, mas no lo que el programador espera. A su vez es importante que el programa sea realizado con cierta flexibilidad, para que pueda adaptarse a cambios que puedan surgir.

2.8 Mantenimiento en los talleres

La ejecución del mantenimiento dentro de los talleres es una tarea indispensable a llevarse a cabo por parte del departamento de mantenimiento o la persona responsable del mantenimiento, que permite mantener equipos, maquinaria e instalaciones en óptimas condiciones, facilitando de esta manera la labor de los trabajadores y asegurando el eficaz funcionamiento de los equipos.

Para el cumplimiento de estos propósitos se deben considerar los siguientes aspectos: inspección, mantenimiento de rutina, revisión general (overhaul), diagnóstico de averías, localización de averías, recuperación, reparación, mejora, preparación de las tareas de mantenimiento, programa de mantenimiento.

2.9 Avería

“Es el deterioro, rotura o detención en el funcionamiento de un equipo o sistema, provocado por la acción de factores internos o externos, que interrumpen temporalmente el proceso productivo, ocasionando pérdidas materiales, afectaciones en la producción y que pueden provocar daños en las personas” (Central Termoeléctrica Quevedo II, 2014 pág. 3).

2.10 Confiabilidad

“Probabilidad de que el equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período de tiempo determinado” (Central Termoeléctrica Quevedo II, 2014 pág. 3).

2.11 Eficacia

“Cumplimiento de objetivos con máximo beneficio. EFICIENCIA: Cociente adimensional, resultado de la división de los elementos de salida entre los elementos de entrada” (Central Termoeléctrica Quevedo II, 2014 pág. 3).

2.12 Mantenibilidad

“Probabilidad de que el equipo sea devuelto a un estado en que pueda cumplir su misión en un tiempo dado” (Central Termoeléctrica Quevedo II, 2014 pág. 3).

2.13 Control numérico computarizado

El control numérico computarizado o más comúnmente conocido por sus siglas CNC, es un sistema mediante el cual se logra operar maquinaria por medio de comandos programados y almacenados, facilitando con esto su automatización, tecnología que ha sido posible gracias a la facilidad de adquisición de procesadores relativamente económicos y miniaturizados que se ha dado lugar en la actualidad por medio de la electrónica digital.

El sistema usado para poder especificar posiciones exactas, es el de coordenadas, controlando los movimientos de la herramienta haciendo relación con la dirección y sentido de los ejes de coordenadas. Por medio de la utilización de un software informático que será ejecutado desde un ordenador.

2.14 Centro de mecanizado

Con el objetivo de incrementar la producción y obtener una mayor precisión en los trabajos, se han creado los centros de mecanizado que son máquinas con un nivel tecnológico avanzado, que permiten realizar operaciones de maquinado de piezas por arranque de virutas, a través de un controlador numérico computarizado (CNC).

2.15 Sistemas mecánicos

Se entienden por sistemas mecánicos a los sistemas que están conformados por una combinación de mecanismos, que, a partir de una energía de entrada, y la transformación de la misma, cumplen con la misión de producir, transmitir o controlar movimientos.

2.16 Sistema neumático

Los sistemas neumáticos son aquellos sistemas que, mediante la utilización de la presión de aire generada por un compresor, transmiten o transforman movimientos lineales o giratorios, con la finalidad de automatizar la maquinaria en la mayoría de las industrias.

2.17 Sistema hidráulico

Es un conjunto de elementos que haciendo uso de los principios de mecánica de fluidos e hidráulica, consigue el funcionamiento de dispositivos mediante algún líquido, logrando así la transmisión de grandes fuerzas. Estos sistemas generalmente se encuentran conformados por los siguientes elementos básicos:

- Bomba, encargada de aumentar la presión del fluido convirtiendo la energía mecánica en hidráulica
- Actuadores para la conversión de energía hidráulica en mecánica
- Válvulas para la regulación de la presión o caudal del fluido
- Filtros para la recolección de impurezas
- Tubería, para el transporte del fluido
- Depósito, lugar de almacenamiento del fluido utilizado en el sistema

2.18 Sistema eléctrico

Es el conjunto de elementos de funcionamiento eléctrico o electrónico capaces de conducir, modificar o transformar señales eléctricas.

Tienen la característica de funcionar por medio de un tipo determinado de corriente, continua, alterna o mixta.

La totalidad de circuitos eléctricos están compuestos por una fuente de energía, por conductores y un receptor que es el encargado de transformar la energía eléctrica en algún otro tipo de energía, los dispositivos que permiten la apertura o cierre del paso de corriente en un circuito, se llaman interruptores.

2.19 Sistema frigorífico o de refrigeración

Son arreglos mecánicos producto de la aplicación de la termodinámica, que tienen como principal objetivo, la movilidad de la energía en forma de calor, consiguiendo con esto la disminución de la temperatura de un equipo, fluido o material seleccionado para refrigerar. Pueden lograr este cometido haciendo uso de otros sistemas, ya sean, hidráulico, neumático por compresión, expansión directa, entre otros, según el método o principio en el que se fundamenten. En el caso de hacer uso de sistemas hidráulicos para la movilidad del calor a través de un líquido, se denomina a tal líquido como refrigerante, el cual va a tener alto coeficiente de conducción del calor, bajo punto de congelación entre otras propiedades a convenir según el nivel y eficacia que se desea conseguir en la refrigeración.

2.20 Panel de control

Un panel del control es aquel dispositivo que imprescindiblemente toda máquina o equipo debe poseer, este dispositivo indica al trabajador la función de cada uno de los mandos del equipo o máquina, permitiendo de esta manera un eficiente control y monitoreo del proceso de automatización.

2.21 Mecanizado por electroerosión

Este proceso es posible para materiales conductores de electricidad, por medio de arranque de viruta con la utilización de energía térmica.

En el mecanizado por electroerosión por hilo, un hilo normalmente de latón, pasa a través de un taladro practicado a la pieza, que se erosiona debido a las chispas que ocurren como resultados de la diferencia de potencial que se crea entre dicha pieza y el electrodo, el proceso se realiza bajo un líquido dieléctrico. (Rodríguez Dorado, y otros, 2014 pág. 34)

2.22 Fichas de registro

Las fichas de registro, son aquellos documentos que se crean con la finalidad de llevar un control y respaldar información acerca de las actividades desarrolladas para la gestión de mantenimiento, información que servirá como referencia para solucionar algún tipo de fallo en la maquinaria o cualquier necesidad o requerimiento que pueda surgir al momento de ejecutar cierta tarea de mantenimiento. Con el objetivo de cumplir con estos propósitos las fichas de registro comúnmente utilizadas son:

- Historial de averías
- Orden de trabajo
- Solicitud de materiales y herramientas
- Solicitud de servicio externo
- Hoja de inspección

2.22.1 Historial de averías: Documento en el cual se registran todas las averías ocurridas en la maquinaria o equipo, la fecha en la que se produjo y el tipo de reparación. Esta información es adquirida del registro de las diferentes órdenes de trabajo y determina la incidencia en que se ocurre cada uno de los fallos.

2.22.2 Orden de trabajo: Una orden de trabajo es una herramienta informativa, que se la realiza una vez que se reportado una avería, con la finalidad de recopilar todos los datos necesarios para llevar a cabo cada una de operaciones de mantenimiento, como son: fecha de inicio y finalización, actividad a realizar, personal requerido, costo del trabajo, materiales y herramientas requeridas, persona que ejecutará el trabajo, entre otros.

2.22.3 Solicitud de materiales y herramientas: Para requerir herramientas y materiales que serán utilizados en cada tarea de mantenimiento, una vez que se ha generado una orden de trabajo, es necesario efectuar una solicitud para la adquisición de estos, donde se deberá detallar: el nombre del equipo en el que se realizará la reparación, el número de orden de trabajo, la cantidad y el código de las herramientas y materiales a utilizar, y la fecha en que se genera la solicitud.

2.22.4 Solicitud de servicio externo: En el caso de que ciertas tareas de mantenimiento no puedan ser ejecutadas por el personal de mantenimiento de un taller o instalación, bien sea por: no disponer de las herramientas y materiales necesarios, por no contar con el personal debidamente capacitado, o porque la realización de los trabajos representan un alto grado de complicidad, se deberá generar esta solicitud con el fin de que el departamento de mantenimiento pueda tomar una decisión y gestionar todas las acciones pertinentes para realizar estas actividades.

Este documento debe contener la siguiente información:

- Número y fecha de la solicitud
- Nombre y código del equipo
- Nombre de la persona que solicitan el servicio
- Nombre de la persona que aprueba la solicitud
- Empresa recomendada
- Costo de la proforma
- Descripción del servicio a realizarse
- Fecha de inicio y de finalización

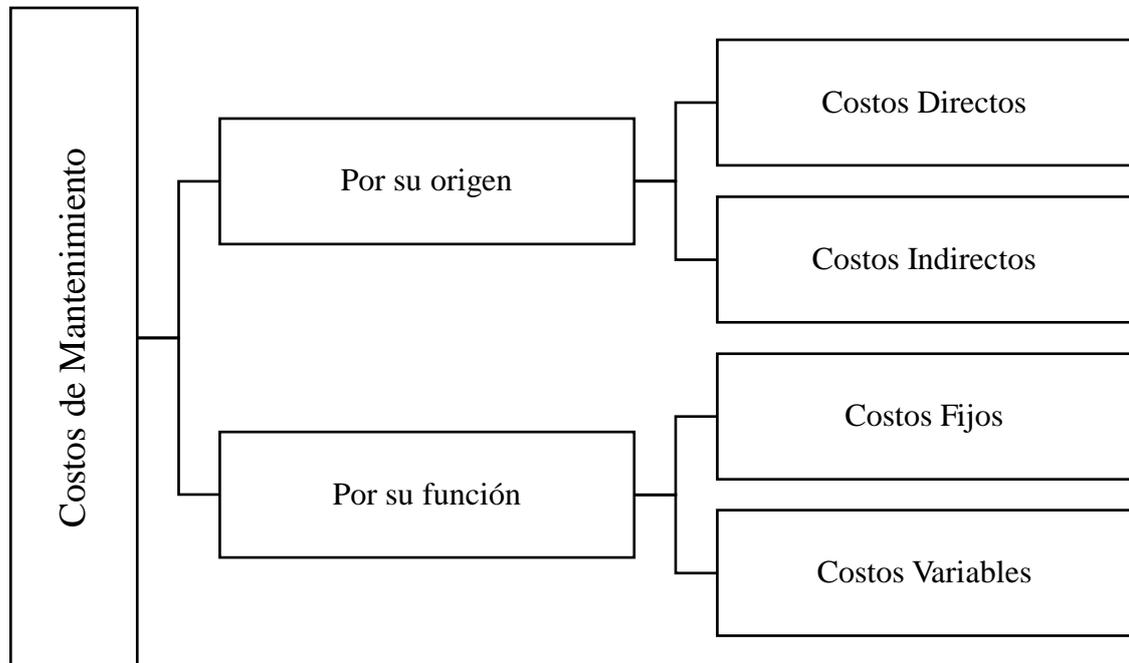
2.22.5 Hoja de inspección: Aquel documento a través del cual se lleva un registro de las actividades de inspección (física y funcional), efectuadas a la maquinaria que un taller o instalación contiene. Este documento se lo realiza con el objetivo de identificar el número de veces que se ha suscitado un evento, así como también para comprobar si se han realizado ciertos trabajos establecidos, debido a esto debe contener la siguiente información: fecha en que se efectuó la inspección, nombre y código del equipo, nombre de la persona que ejecutó la inspección, parámetros o aspectos del equipo o máquina a inspeccionar, etc.

2.23 Costo de mantenimiento

Costo de mantenimiento es el valor monetario necesario para la realización de acciones que permitan conservar un bien o instalación en perfectas condiciones. Este costo es producto de la sumatoria del costo de la mano de obra, y el de los recursos materiales necesarios para la gestión de mantenimiento.

Por lo general los costos de mantenimiento se clasifican como muestra la Figura 2.

Figura 2. Clasificación de los costos de mantenimiento



Fuente: Autores

2.23.1 Costos directos: Se definen como el conjunto de costos provenientes de todos los recursos y bienes requeridos para la ejecución de un trabajo de mantenimiento, comprendido:

- Costos de mano de obra directa
- Costos de materiales y repuestos
- Servicios comprados y otros.

2.23.2 Costos indirectos: Son costos que no puede influenciar de forma directa en un trabajo específico, por tal motivo atribuyen al producto por medio de servicios de mantenimiento.

2.23.3 Costos fijos: Costos que se producen sin la necesidad de realizar una actividad, y sin importar el número de unidades producidas, como pueden ser: costo por seguros, arriendos, servicios, entre otros.

2.23.4 Costos variables: Al contrario de los costos fijos estos costos se generan en función a la cantidad de bienes o servicios producidos, como son: costos de mano de obra indirecta, costos por adquisición de materia prima, costos por el consumo de energía eléctrica, entre otros.

2.24 Inspecciones rutinarias de mantenimiento

En la industria, las inspecciones rutinarias son utilizadas para verificar el buen estado de equipos, maquinaria o instalaciones, evaluando parámetros a convenir, como pueden ser: funcionamiento eficiente y seguro, aspecto físico, consumo de recursos y nivel de deterioro, con el fin de garantizar su seguridad y utilidad.

Las inspecciones rutinarias, generalmente tienen una frecuencia que indica cada cuanto se la debe llevar a cabo dependiendo del nivel de certeza que se necesita tener sobre el buen estado de determinado equipo, máquina o instalación.

2.25 Programación en Microsoft Excel con Visual Basic

Excel siendo una aplicación desarrollada por Microsoft Office, cuenta con una opción de programación, la cual hace uso de Visual Basic para aplicaciones.

Visual Basic para aplicaciones es una combinación de un entorno de programación integrado denominado Editor de Visual Basic y del lenguaje de programación Visual Basic, permitiendo diseñar y desarrollar con facilidad programas en Visual Basic. El término (para aplicaciones) hace referencia al hecho de que el lenguaje de programación y las herramientas de desarrollo están integrados con las aplicaciones del Microsoft Office (en este caso, el Microsoft Excel), de forma que se pueden desarrollar nuevas funcionalidades y soluciones a medida, con el uso de estas aplicaciones. (García Sabater, 2003)

El editor de Visual Basic que es el que posee las herramientas de programación para poder escribir el código en Visual, es una ventana separada de Microsoft Excel sin embargo se encuentran vinculadas y cada cambio efectuado en uno de ellos será reconocido entre sí.

El método de programación utilizado es a través de Macros, que involucra el código de programación que indica las tareas que Excel debe ejecutar en el momento de correr la macro.

Las macros pueden contener una gran diversidad de tareas incluidos en su código, que permite la automatización de distintos procedimientos en los libros de Excel al fusionar dichas tareas en una. La codificación de cada macro es guardada en módulos, que son sub-pestañas de la ventana de Visual Basic vinculada a los libros de Excel.

El uso de Visual Basic en Microsoft Excel es posible solo con una pre-activación de este, mismo que se puede conseguir en las opciones de Excel, personalizar cinta de opciones y activando la opción “Desarrollador”, y con esto se podrá acceder a Visual Basic desde la cinta de opciones para la realización de cualquier programación, sin embargo se debe tener en cuenta que para ejecutar un archivo de Excel con macros no es necesario realizar dicha activación, es decir que un programa realizado con macros podrá ejecutarse en distintas computadoras sea que tengan o no activada esta función, siempre y cuando el archivo se encuentre guardado con el formato de libro de “Libro de Excel habilitado para macros”

2.26 Teoría CBM para cálculo de inspecciones de mantenimiento

Se define CBM como la detección de una falla potencial de manera oportuna. P es el punto inicial en el cual puede ser observada una falla en evolución, utilizando la tecnología actual de detección. El real descubrimiento de la falla potencial ocurre en la siguiente inspección CBM después de P. El “Tiempo de Respuesta” en mantenimiento es el tiempo requerido por el mantenimiento para responder una alerta de “P”. En el peor de los casos, de acuerdo con el gráfico si una inspección antecede la falla potencial por una pequeña cantidad, la siguiente inspección aún podría detectarla a tiempo, siempre y cuando la organización de mantenimiento sea capaz de actuar dentro del intervalo neto PF. Y el intervalo de inspección debe ser la mitad del intervalo PF. (Hoyos Vásquez, 2011)

Figura 3. Teoría clásica CBM



Fuente: (Hoyos Vásquez, 2011)

2.27 Fallo de una máquina

Se considera fallo a la deficiencia del funcionamiento de una máquina, alterando su rendimiento y eficiencia, conllevando pérdidas en la producción y pérdidas económicas para la empresa.

2.28 Falla de una máquina

La falla de una máquina ya sea producida por factores internos o externos, impide que la máquina lleve a cabo su función.

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LOS TALLERES.

3.1 Descripción de la Facultad de Mecánica

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo al momento consta de siete facultades de las cuales una de ellas es la Facultad de Mecánica, cuya función específica es la de crear profesionales capaces y competentes a través del aprendizaje teórico - práctico de ciencias técnicas de la ingeniería, los mismos que serán un aporte fundamental en el desarrollo socio-económico del país, es por ello que la facultad de mecánica con el objetivo de cumplir con estos propósitos crea una misión y se plantea metas y objetivos mediante la visión, mismas que se describen a continuación:

3.1.1 Misión: “Apoyar en la gestión académica y de producción de bienes y servicios especializados en las Escuelas de a las Escuelas de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Mantenimiento e Ingeniería Automotriz”. (ESPOCH, 2014)

3.1.2 Visión: “Ser una unidad productiva eficiente y ágil, cuyo servicio sea de calidad de tal forma que demuestre el profesionalismo de los politécnicos y aporte significativamente al desarrollo de la actividad investigativa y productiva de la Facultad de Mecánica, para lograr el reconocimiento social”. (ESPOCH, 2014)

3.1.3 Talleres de la Facultad de Mecánica. Actualmente cuenta con laboratorios y talleres indispensables para la práctica de conocimientos que los estudiantes van adquiriendo a lo largo de sus años de estudio, talleres y laboratorios que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica (ESPOCH)

LABORATORIOS	TALLERES
Tratamientos térmicos	Soldadura
Metalografía	Fundición
Ensayos destructivos	Automotriz
Resistencia de materiales	CAD - CAM
Automatización de procesos	Máquinas - Herramientas
Electricidad y electrónica	
Computo	
Óleo hidráulica y neumática	
Física	
Transferencia de calor	

Fuente: Autores.

Dentro de los talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica, el taller que será objeto de estudio para la elaboración e implementación de los procedimientos de mantenimiento de la maquinaria, será el taller de CAD – CAM.

3.1.4 *Organigrama de la Facultad de Mecánica.* En la Figura 3. Se muestra como se encuentra organizada la Facultad de Mecánica, sus unidades principales y sus dependencias.

Figura 4. Organigrama de la Facultad de Mecánica



Fuente: (Guamán Zabala, y otros, 2017)

3.2 Descripción de estado actual del taller de CAD-CAM.

El taller de CAD-CAM de la facultad de mecánica de la ESPOCH, es de gran relevancia en la formación académica que la institución proporciona a sus estudiantes, considerando que la tecnología que su maquinaria emplea para su funcionamiento es de última generación en cuanto a lo concerniente a procesos de manufactura asistidos por computadora, misma que ha tenido gran impacto en la industria, justificando así la inserción de este contenido académico en la formación de los profesionales de la ESPOCH.

Actualmente el taller es completamente diferente a lo que era hace tan solo dos años atrás, puesto a que, en este corto período de tiempo, ha incrementado significativamente el número de máquinas de las que el taller dispone, además de algunas modificaciones en su cimentación, con el fin de ajustarse a las exigencias respectivas de instalación para las máquinas que ha adquirido. Mediante las recientes implementaciones en maquinaria el taller ha logrado mejorar significativamente la oferta de servicio CAM dentro del taller.

3.2.1 Gestión. Cabe destacar que no toda la maquinaria presente en el taller de CAD-CAM es de reciente adquisición, por lo que se puede evidenciar el deterioro en algunas de ellas por la falta de procedimientos de mantenimiento establecidos, y es aquí donde se resalta nuevamente la importancia de su creación, pues la maquinaria presente en el taller, no es de fácil sustitución en caso de averías por su elevado costo de adquisición.

Actualmente el taller se encuentra en proceso de implementación como una respuesta a la identificación de debilidades en la autoevaluación y obedece a la implementación del plan de mejoras del año 2015, en tal virtud se hace necesario definir el plan de mantenimiento programado para garantizar el buen funcionamiento de las máquinas recientemente adquiridas, que representan un altísimo potencial de apoyo a la investigación científica, vinculación y docencia.

3.2.2 Grado de utilización de la maquinaria del taller de CAD-CAM. Actualmente la maquinaria del taller de CAD-CAM ha iniciado con las practicas estudiantiles en la cátedras de CAD-CAM de las carreras de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Industrial e Ingeniería Automotriz, inclusive una máquina de cuatro y otra de cinco ejes entrarán en

servicio en los próximos meses. Luego de lo cual se incursionará en investigación y vinculación.

El taller por el momento tiene un grado de utilización completamente aleatorio, es decir que no se puede tener una medida exacta del tiempo de utilización diario, ni tampoco se puede asegurar que todos los días, o incluso que todos los meses, las máquinas se ocupen en la misma medida, esto se debe a que el taller está destinado a ser utilizado en gran medida por estudiantes con fines educativos y no con fines de producción, como sería el caso de cualquier empresa.

Quienes darán una mayor utilidad al taller, serán aquellos estudiantes que se encuentren cursando la materia de CAD-CAM, pues es en este taller donde reforzarán todos los conocimientos adquiridos previamente en las aulas, por lo que hacer un análisis de las horas semanales que esta materia sea impartida por las cuatro escuelas a los estudiantes, será un indicador de gran aporte en el momento de hacer un estimado del tiempo de utilización del taller, sin embargo esto no será suficiente, pues se debe también tomar en cuenta diversos factores que modifican dicho tiempo de utilización, como por ejemplo, se debe considerar que el taller también es utilizado para fines de investigación en tesis, o en cursos, seminarios que la politécnica oferte.

Todos estos aspectos de la situación actual del taller, se tomarán en cuenta para el diseño de su plan de mantenimiento programado, pues para diseñarlo eficazmente, es necesario conocer el momento en el que dicha maquinaria necesita atención, y la mejor manera de conseguirlo es conociendo el tiempo de funcionamiento que se dará a cada máquina por períodos de tiempo determinados.

3.2.3 Situación actual de mantenimiento del taller de CAD-CAM. Como se ha mencionado anteriormente, en la actualidad el taller no cuenta con un plan de mantenimiento, ni existe ayuda de software alguno que detalle un cronograma de actividades con registro de las mismas, por lo que el taller se encuentra en un estado crítico, con la necesidad urgente de la creación de un plan, no solo por resguardar la integridad de la maquinaria, si no aún más importante, resguardar la seguridad de las personas que hacen uso de las mismas, como se sabe, un máquina en mal estado es un peligro para quienes hagan uso de ella, que continuamente correrán el riesgo de sufrir

alguna lesión si no es el de perder su vida, como producto de un mal funcionamiento de la maquinaria que opera.

Toda la labor de mantenimiento hasta ahora realizada en el taller ha sido de carácter correctivo mas no preventivo, las acciones de mantenimiento realizadas a algunas de estas máquinas se han dado lugar únicamente para reparación de averías y nunca por concepto de prevención, o al menos no es posible comprobar que tareas preventivas hayan tenido lugar en el taller, por la inexistencia de documentos de registro. La única evidencia de que un mantenimiento correctivo se haya efectuado en el taller se encuentra en tesis que estudiantes de la facultad han realizado para creación de manuales de operación o para dar un mantenimiento correctivo a cierta maquinaria y sin embargo ni de estas actividades se puede encontrar documentación archivada por el encargado de mantenimiento.

3.3 Maquinaria del taller de CAD-CAM

A continuación, se detalla la totalidad de equipos y máquinas presentes en el taller de CAD-CAM, tomando en cuenta que al poseer este una pequeña sección de cerrajería, no toda la maquinaria presente está relacionada con la tecnología CAM.

3.3.1 Torno CNC Smart-Turn/285. Este torno CNC presente en el taller, proviene de una donación realizada por la empresa SERTECPET S.A, la misma que desde el momento de su donación se encuentra inhabilitada, por no encontrarse en un estado funcional, y al no existir intención hasta el momento por parte de la institución de realizar una reparación de la misma, no será incluida en el diseño del plan de mantenimiento programado, por ende, no se volverá a hacer mención de esta máquina en el presente proyecto.

Figura 5. Torno CNC Smart-Turn/285



Fuente: Autores

3.3.2 *Rectificadora WOTAN*. A igual manera esta máquina desde el momento de su donación por parte de SERTECPET S.A se encuentra en un estado no funcional, y hasta el momento no existen proyectos destinados a repararla, por lo que no será tomada en cuenta en el diseño del plan de mantenimiento y no volverá a ser mencionada en el presente proyecto.

Figura 6. Rectificadora WOTAN



Fuente: Autores.

3.3.3 *Centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT VMC 800*. Este centro de mecanizado vertical, se encuentra en un estado funcional, siendo esta una de las máquinas más utilizadas actualmente por los estudiantes e investigadores en cuanto a la realización de procesos CAM.

El complejo funcionamiento de esta máquina viene dado por la unión de sistemas mecánicos, eléctricos, neumáticos, hidráulicos y de refrigeración, destacando que el control de la misma se lo realiza por medio de tecnología CNC.

El recorrido de esta máquina se lo realiza a través de sus 3 ejes, longitudinal, transversal y vertical.

En cuanto a información disponible de esta máquina, se cuenta con manuales de operación realizados por parte de tesis de la Facultad de Mecánica y manuales de usuario proporcionados por el fabricante.

Figura 7. Centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT VMC 800



Fuente: Autores.

3.3.4 Torno CNC CLK6140D/2. La tecnología que envuelve el funcionamiento de este torno es CNC, es una máquina de gran ayuda para efectuar trabajos de manufactura asistida por computadora por su nivel de automatización programable y precisión, el estado del torno es completamente funcional, por no tener mucho tiempo de adquisición.

A igual que el centro de mecanizado vertical Bridgeport, esta máquina está en óptimas condiciones de funcionamiento y es una de las más usadas en el taller por parte de estudiantes y tesis.

En lo referente a información presente de esta máquina, se encuentran los manuales proporcionados por el fabricante mas no cuenta con planes creados de mantenimiento ni programación alguna de la misma.

Figura 8. Torno CNC CLK6140D/2



Fuente: Autores.

3.3.5 Centro de mecanizado vertical ROMI D600. Este centro de mecanizado funciona por medio de tecnología CNC lo que le da un alto nivel de automatización y precisión para la realización de manufactura asistida por computadora, está compuesto por cuatro ejes y un banco de herramientas que amplían las opciones de mecanizado disponibles para el usuario, esta máquina hace uso de la unión de una gran variedad de sistemas, por lo que amerita una labor extensa en cuanto a actividades de mantenimiento se refiere.

Esta máquina es la nueva adquisición del taller de CAD-CAM por lo que, a pesar de ya encontrarse instalada en el mismo, aún no ha sido utilizada por parte de los estudiantes.

En cuanto a información disponible se tiene los manuales proporcionados por el fabricante, sin embargo, no cuenta con planes creados de mantenimiento ni programación alguna de la misma.

Figura 9. Centro de mecanizado vertical ROMI D600



Fuente: (Interempresas.net, 2014)

3.3.6 Centro de mecanizado vertical ROMI DCM 620-5X. El centro de mecanizado ROMI DCM 620-5X es el más completo de los centros de mecanizado vertical con los que cuenta el taller, gracias a su mesa giratoria en total cuenta con 5 ejes con los cuales crea una gran variedad de posibilidades de mecanizado.

Es una máquina sumamente compleja con sistemas hidráulicos, mecánicos, eléctricos, de refrigeración etc., por lo que exige una labor de mantenimiento que cubra muchas necesidades que la máquina tiene, desde la elección y el control del aceite soluble, para evitar el daño de las tintas, cauchos, cables eléctricos, hasta la comprobación del estado de los elementos de seguridad, por ser una máquina compleja, exige una ardua labor de mantenimiento, con actividades conforme a las indicaciones y recomendaciones proporcionado por el fabricante.

A igual que la ROMI D600, esta es una máquina adquirida recientemente y a pesar de ya encontrarse instalada y lista para iniciar su funcionamiento, la máquina aún no ha sido puesta a disposición de los estudiantes para su utilización, por lo que no se halla síntoma de avería o desgaste alguno en esta máquina.

La información técnica disponible se encuentra en manuales proporcionados por el fabricante, no cuenta con planes creados de mantenimiento ni programación alguna de la misma.

Figura 10. Centro de mecanizado vertical ROMI DCM 620-5X



Fuente: Autores

3.3.7 Máquina de electroerosión TOP EDM DM-6030. Es la única máquina CNC de electroerosión con la que cuenta el taller, esta es una máquina que ya ha prestado varios años de servicio y sin embargo se encuentra en un estado funcional, debido a que tiene poco tiempo de haber sido reparada gracias a un proyecto de mantenimiento correctivo que se ha dado lugar por parte de tesis de la Escuela de Ingeniería Industrial, sin embargo no registra la fecha exacta de realización de esta actividad en documentos guardados por el responsable de mantenimiento.

La información disponible de esta maquinaria es extremadamente limitada, la institución no dispone de ningún documento que especifique características de esta máquina, ni es posible encontrar documentos web referentes a este modelo específico de máquina.

Figura 11. Máquina de electroerosión TOP EDM DM-6030



Fuente: Autores.

3.3.8 Troqueladora SMERAL TRNAVA. También conocida como prensa excéntrica, es una máquina que hace uso de un sistema neumático para la transmisión de fuerzas, contando a su vez con un sistema eléctrico para hacer posible su operación mediante un panel de control. Esta máquina se encuentra en un estado completamente funcional puesto que recientemente fue sometida a un mantenimiento correctivo por parte de tesis de la Escuela de Ingeniería Industrial, quienes se encargaron de repararla y elaborar un manual de operación de la misma, sin embargo, dicha actividad no está registrada en documentación alguna que guarde el responsable de mantenimiento, donde se especifique la fecha exacta de cumplimiento de la actividad.

En cuanto a información existente referente a las actividades de mantenimiento necesarias para mantener la funcionalidad de esta maquinaria, representa una gran dificultad, debido a que la ESPOCH no cuenta con ningún tipo de manual o registro de la misma, incluso la información en sitios web de esta máquina en específico es muy limitada, por ser una máquina con varios años de haber sido lanzada al mercado, dificultando con esto la recopilación de información de la misma.

La única información posible de recopilar en cuanto a esta máquina viene dada de investigación documental de maquinaria similar que utilice iguales sistemas y principios de funcionamiento, así como la asesoría técnica de las personas que realizaron reparaciones en la misma como anteriormente se mencionó.

Figura 12. Troqueladora SMERAL TRNAVA



Fuente: Autores

3.3.9 Compresor SCHULZ MSV 40. A pesar de no encontrarse en un estado 100% óptimo por la falta de mantenimiento, el compresor actualmente se encuentra en funcionamiento. Este compresor recientemente ha sido ubicado en la parte externa del taller y está encargado de proporcionar aire comprimido al sistema neumático del mismo.

Figura 13. Compresor SCHULZ MSV 40



Fuente: Autores.

3.3.10 Compresor ENERGIAR2. Este es otro de los compresores que actualmente el taller de CAD-CAM tiene en uso, con un estado aceptable, sin embargo, no el ideal, sin embargo, al no contar con una planificación de mantenimiento no hay forma de asegurar que el buen estado de la máquina se conserve por mucho tiempo. Este compresor funciona actualmente como suministro de aire comprimido para el funcionamiento de la maquinaria del taller que lo requiere.

Figura 14. Compresor ENERGIAR2



Fuente: Autores.

3.3.11 Compresor de tanque vertical CAMPBELL HAUSFEL. Localizado en el área de cerrajería, se encuentra en funcionamiento, a pesar de no contar con un plan de mantenimiento programado, es el único compresor móvil con el que cuenta el taller de CAD-CAM.

Figura 15. Compresor de tanque vertical CAMPBELL HAUSFEL



Fuente: Autores

3.3.12 Maquinaria común de la sección de cerrajería. El taller de CAD-CAM cuenta con una pequeña sección de cerrajería, en donde se ubica maquinaria relacionada con este tipo de actividad, estas máquinas se encuentran en funcionamiento, sin embargo por el tiempo de uso que ya han brindado en el taller sin contar con un plan de mantenimiento programado, se evidencia deterioro en cada una de ellas, no obstante forman parte del taller y es importante incluirlas en el diseño del plan de mantenimiento, pues con ello se logra mejor su estado y alargar el tiempo de servicio que todavía pueden ofrecer. La información disponible para estas máquinas es proveniente únicamente de investigación documental de maquinaria con principios de funcionamiento compatibles, puesto a que la unidad de control de bienes no guarda manual o ficha técnica alguna sobre esta maquinaria.

Las máquinas ubicadas en la sección de cerrajería son:

- Esmeril RONG LONG 4GS
- Taladro de columna GENERAL GDM - 100 A
- Cortadora sensitiva 14" DEWALT
- Soldadora LINCOLN

Figura 16. Esmeril RONG LONG



Fuente: Autores.

Figura 17. Taladro vertical GENERAL



Fuente: Autores.

Figura 18. Sierra sensitiva



Fuente: Autores.

Figura 19. Soldadora LINCOLN ELECTRIC



Fuente: Autores.

CAPÍTULO IV

4. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO.

El desarrollo de los procedimientos de mantenimiento programado involucra establecer el modo de actuar frente a los diferentes aspectos referentes al tema de mantenimiento, mediante designación de responsabilidades para las actividades previamente planificadas, en conjunto con toda la documentación pertinente para la ejecución y registro de esta labor.

El responsable de mantenimiento es el encargado de dar gestión a las distintas actividades, preventivas o correctivas.

Las averías o labores de mantenimiento, en caso de ser resueltas con medios propios se anotan en la ficha de mantenimiento de la máquina, indicando las horas de paro, los materiales utilizados y su coste. En el caso de que se contrate la reparación, se anota en la ficha del equipo la descripción de la tarea, la referencia del parte de trabajo, albarán o factura de la reparación y las horas de paro de la máquina. (ISO 9001 - 038, 2003)

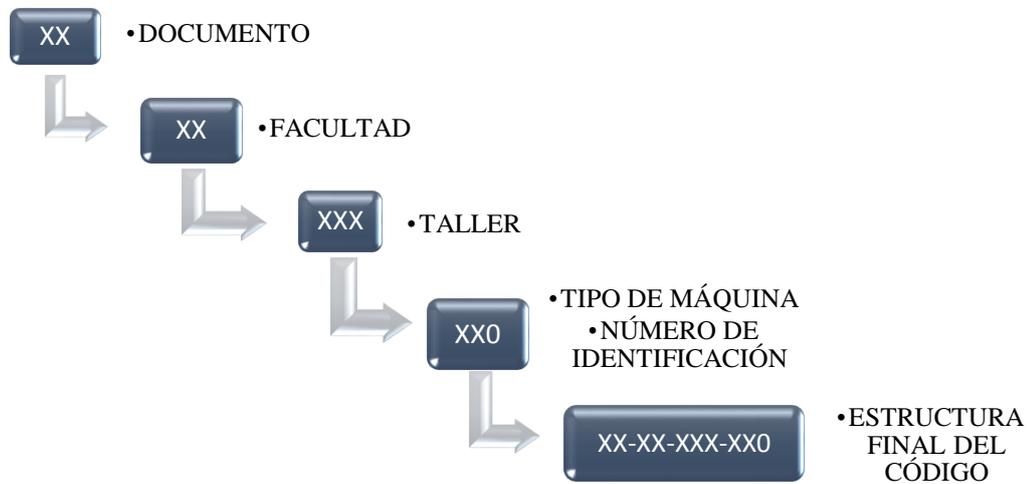
Por tanto el paso inicial para la elaboración de los mencionados procedimientos es la codificación de la maquinaria que se involucrará en el plan de mantenimiento.

4.1 Codificación de documentos, máquinas y equipos

Se realiza una codificación o designación alfa-numérica para la identificación de cada equipo y documento, con la finalidad de identificarlos con mayor facilidad dentro del sistema y a su vez proveer de información rápida que describa características de los mismos, en cuanto a ubicación o área a la que pertenece.

Cabe resaltar que no en todo momento se utilizará la estructura completa del código, pues habrá veces que se necesite identificar solo a la máquina o solo al documento, sin embargo, cuando un documento haga referencia a una máquina en particular, se evidenciará la utilización de la estructura completa del código.

Figura 20. Estructura de la codificación



Fuente: Autores.

4.1.1 *Codificación de documentos.* Se designa un código que identifique todos los documentos asociados a los procedimientos de mantenimiento que se implementarán, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Codificación de documentos.

Documentos asociados a los procedimientos de mantenimiento	Código
Plano de ubicación de equipos y máquinas	PU
Registro de equipo o ficha técnica	RE
Ficha de estado técnico de la maquinaria	FE
Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento	LE
Tarjeta de mantenimiento	TM
Procedimientos de las actividades de mantenimiento	PA
Plan de mantenimiento programado de equipos y máquinas	PM
Hoja de Lubricación	HL
Manual de procedimientos de mantenimiento programado	MM
Historial de averías	HA
Orden de trabajo	OT
Solicitud de materiales y herramientas	SM
Solicitud de servicios externos	SS
Hoja de inspección	HI

Fuente: Autores.

4.1.2 *Codificación de la facultad.* Debido a que los talleres de la ESPOCH no son únicamente los presentes en la Facultad de Mecánica, es necesario incluir la facultad dentro de la codificación, para poder identificar el taller dentro de la institución.

Facultad de Mecánica

FM

4.1.3 *Codificación del taller de CAD-CAM.* La Facultad de Mecánica cuenta con variedad de talleres y laboratorios, por lo que se debe fijar un código que identifique al taller de CAD-CAM.

Taller de CAD-CAM

TCC

4.1.4 *Codificación de las máquinas y equipos.* La codificación establecida para cada equipo, se verá aplicada únicamente en la documentación que el encargado de mantenimiento almacenará, no obstante, en el contenido de este proyecto, se mantendrá el nombre convencional de cada equipo para un mayor entendimiento.

4.1.4.1 *Codificación por tipo de máquina.* Esta parte de la codificación tiene el objetivo de proporcionar una breve información sobre el tipo de máquina de la cual se hace referencia.

Tabla 4. Codificación por tipo de máquina

Tipo de Máquina	Codificación
Centro de mecanizado vertical	VMC
Torno CNC	TO
Troqueladora	TR
Electroerosionadora	EL
Compresor	CO
Cortadora Sensitiva	CS
Esmeril	ES
Taladro vertical	TV
Soldadora	SO

Fuente: Autores.

Finalmente, la codificación dada para cada máquina incluida en la elaboración del plan de mantenimiento se muestra en el Cuadro 1. La cual es la unión de los códigos asignados por el tipo de máquina y un numeral de identificación que las distinga entre sí.

Cuadro 1. Codificación técnica de equipos del taller de CAD-CAM

Número	Equipo	CÓDIGO TÉCNICO
1	Centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT	VMC1
2	Centro de mecanizado vertical ROMI D600	VMC2
3	Centro de mecanizado vertical ROMI D620	VMC3
4	Torno CNC TTMC	TO1
5	Troqueladora SMERAL	TR1
6	Electroerosionadora TOP EDM	EL1
7	Compresor SCHULZ	CO1
8	Compresor ENERGAIR2	CO2
9	Compresor CAMPBELL HAUSFELD	CO3
10	Cortadora Sensitiva DEWALT	CS1
11	Esmeril RONG LONG	ES1
12	Taladro vertical GENERAL GDM	TV1
13	Soldadora LICOLN ELECTRIC	SO1

Fuente: Autores.

4.2 Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento

Tomando en cuenta la recomendación de la norma ISO 9001 (Procedimientos de - Mantenimiento de Equipos y Máquinas) se establece el documento que cumple con el formato fijado por la norma.

Lista de todas las máquinas y equipos que van a ser objeto de este procedimiento. Este Listado de Equipos y Máquinas Bajo Mantenimiento será elaborado por el Responsable de Mantenimiento y aprobado por Gerencia. En esta lista se indica el código de cada máquina, su descripción y también el tipo de mantenimiento que va a tener. Por defecto, el mantenimiento será correctivo (se arregla cuando ocurre avería), hasta que se demuestre y apruebe que un mantenimiento preventivo (se revisa, engrasa, ajusta, etc., antes de que falle, en periodos programados y periódicos) pueda resultar económico para la empresa y permita evitar

deficiencias en el servicio prestado, teniendo en cuenta las horas de paro, personal necesario, pérdidas por no-mantenimiento, etc. (ISO 9001 - 038, 2003)

Cuadro 2. Lista de equipo y maquinaria bajo mantenimiento

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	LE-FM-TCC
	FACULTAD DE MECÁNICA		Versión	2017
	LISTA DE EQUIPO BAJO MANTENIMIENTO		Página	1 de 1
Fecha de aprobación		Fecha de próxima evaluación		
LISTADO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS BAJO MANTENIMIENTO				
Máquina/Equipo	Código	Correctivo	Preventivo	
Centro de mecanizado vertical 3 ejes (BRIDGEPORT)	VMC1		X	
CNC Torno (TTMC)	TO1		X	
Centro de mecanizado vertical 4 ejes (ROMI)	VMC2		X	
Centro de mecanizado vertical 5 ejes (ROMI)	VMC3		X	
Troqueladora (SMERAL TRNAVA)	TR1		X	
Máquina de electroerosión (TOP E.D.M)	EL1		X	
Compresor (SCHULZ)	CO1		X	
Compresor (ENERGAIR2)	CO2		X	
Compresor (CAMPBELL)	CO3		X	
Cortadora sensitiva (DEWALT)	CS1		X	
Soldadora (LINCOLN ELECTRIC)	SO1		X	
Taladro de columna (GENERAL)	TV1		X	
Esmeril (RONG LONG)	ES1		X	

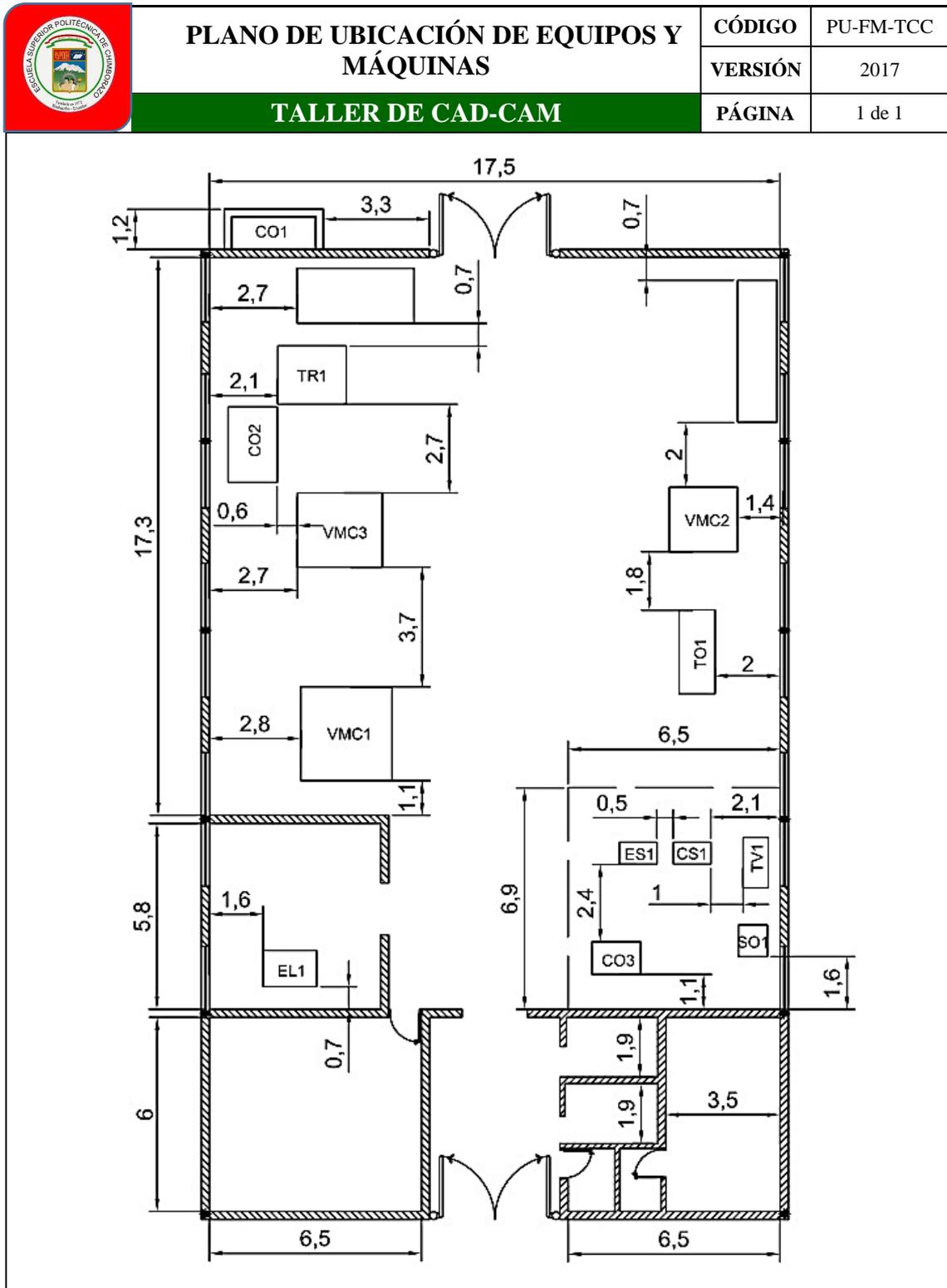
Fuente: Autores

4.3 Plano de ubicación de equipos y máquinas

Este es un documento que posee la función de facilitar la ubicación de cada máquina dentro del taller, mediante un gráfico o plano. Liberar una orden de trabajo en determinada máquina, involucra en primer lugar hacer una identificación y ubicación de

la misma, para lo cual es necesario disponer de este documento, que forma parte de los procedimientos de mantenimiento.

Figura 21. Plano de ubicación de equipos



Fuente: Autores

4.4 Registro de equipo o ficha técnica

Este documento consiste en la especificación de los datos técnicos de cada equipo y contiene un detalle de sus parámetros de funcionamiento, lo cual es de suma importancia si se quiere obtener información sobre el diseño del equipo, capacidad, consumo energético, entre otros. Información que puede ser de ayuda para realizar una evaluación de funcionamiento o para establecer las condiciones bajo las cuales el equipo debe trabajar.

Adicionalmente, contiene un listado de repuestos que es conveniente para el taller disponer para la realización eficiente de las actividades de mantenimiento.

La creación de cada registro que el presente proyecto detalla, fue producto de una recopilación de información proveniente de investigación documental obtenida de especificaciones técnicas de maquinaria con igual principio de funcionamiento y manuales de usuario proveídos por los fabricantes, para el caso de los tres centros de mecanizado y el torno CNC que son los únicos que disponen de estos documentos.

En el Cuadro 3. Se muestra el documento del registro de equipo del centro de mecanizado vertical ROMI D620.

Los registros de equipo referentes al resto de máquinas son apreciables en el ANEXO 2.

Cuadro 3. Registro de equipo (Centro de mecanizado vertical ROMI D620)

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	RE-FM-TCC-VMC3
	TALLER DE CAD - CAM		VERSIÓN	1
	REGISTRO DE EQUIPO		PÁGINA	1 de 1
DATOS GENERALES				
NOMBRE DEL EQUIPO	Centro de Mecanizado Vertical 5 ejes	DIMENSIONES Y PESOS		
MARCA	ROMI	ALTURA	3000 mm	
MODELO	DCM 620 - 5X	ÁREA OCUPADA (FRENTE × LATERAL)	4685 × 2795 mm	
SERIE	016 - 016724 - 41	PESO NETO	8800 kg	
CÓDIGO DE CONTROL DE BIENES	S/N	MESA ROTATIVA		
SERIE (FABRICANTE)	GLUDF 005	SUPERFICIE DE LA MESA	Ø 650/Ø500	
AÑO DE FABRICACIÓN	2015	NÚMERO DE RANURAS "T"	5 mm	
FABRICANTE	INDUSTRIAS ROMI S/A	ANCHO DE RANURAS "T" × DISTANCIA	18 × 100 mm	
ORIGEN	Brasil	AGUJERO DE LA GUÍA CENTRAL	Ø50 H7	
DIRECCIÓN	Avenida Pérola Byington, 56 Centro 13453 -900 Santa Bárbara D' Oeste - SP - Brasil	DIMENSIONES MÁXIMAS DE LAS PIEZAS EN LA MESA	Ø520 × 330 mm altura	
NÚMERO DEL DIAGRAMA	V04362	PESO ADMISIBLE	300 kg	
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	220 V 3Ø 50/60 Hz	CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS CON BRAZO ARTICULADO		
CORRIENTE TOTAL	36 A	CAPACIDAD DE HERRAMIENTAS	32	
CORRIENTE MOTOR PRINCIPAL	131 A	DIÁMETRO MÁXIMO DE LA HERRAMIENTA	76 mm	

Cuadro 3. (Continuación)

DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DE LA MÁQUINA CONTRA CORTOCIRCUITO Y SOBRECARGA DE CORRIENTE	85 KA	DIÁMETRO MÁXIMO DE LA HERRAMIENTA (CON ADYACENTES VACÍOS)	127 mm
CABEZAL VERTICAL		LONGITUD MÁXIMA DE LA HERRAMIENTA	250 mm
CONO DEL HUSILLO	ISO 40	MANDRIL DE LA HERRAMIENTA	Tipo BT/BBT 40
RANGO DE VELOCIDAD	12 a 12000 rpm	POTENCIA	
AVANCES		MOTOR PRINCIPAL CA (RÉGIMEN S6-40% - 10 MIN)	24/18 cv/KW
AVANCE RÁPIDO (EJE X/Y/Z)	36 m/min	MOTOR PRINCIPAL CA (RÉGIMEN CONTINUO)	16/12 cv/KW
AVANCE DE CORTE PROGRAMABLE	1 a 20000 mm/min	POTENCIA TOTAL INSTALADA	25 KVA
ROTACIÓN MÁXIMA DE LOS EJES B Y C	25 rpm		
RECORRIDOS			
RECORRIDO EJE X	620 mm		
RECORRIDO EJE Y	520 mm		
RECORRIDO EJE Z	460 mm		
DISTANCIA ENTRE NARIZ DEL HUSILLO Y MESA	150 ~ 610 mm		
ÁNGULO DE ROTACIÓN EJE B	-50° ~ +110°		
ÁNGULO DE ROTACIÓN EJE C	360°		

Cuadro 3. (Continuación)

DATOS ADICIONALES			
Funciones y Desempeño del CNC:		Funciones gráficas:	Macro:
	ProprogramGuide: ciclo de soporte tecnológico para programas SINUMERIK en código G		
Pantalla 19"	Programación de mecanizado ShopMill: eficiencia en la programación de piezas individuales y piezas de grupos pequeños	Elementos animados - soporte dinámico a ciclos	Programación Paramétrica
Precisión 80bit NANOPP	Intérprete built-in del código ISO	Simulación 3D / Simulación en tiempo real	Variables del Sistema
Advanced Surface para aplicaciones de moldes y matrices	Ciclos de tecnología disponibles para programación de mecanizado ProgramGuide y ShopMill	Detección residual de material	Funciones para Simplificación del programa:
Tiempo para procesamiento del lo que - 0,5	Ciclos de taladrado	Ciclos de medición automática	Ciclos Fijos de Perforado, Mandrilado y Roscado
Bloques del Look Ahead = 250	Ciclos de mecanizado para geometría estándar	Vista rápida Moldes y Matrices	Ciclo Fijo de Roscado con Macho Rígido
Aceleración con Limitación Jerk control	Gran variedad de posiciones estándar para operaciones de taladrado y mecanizado	Simulación 3D para el mecanizado multi eje	Achaflanado y redondeado de esquinas
Compensación de error del segmento	Ciclo de grabación de caracteres	Sistemas de Coordenadas:	Programación en imagen de espejo
Interpolación spline	Configuraciones de alta velocidad para aplicaciones de moldes y matrices	Sistema de Coordenada de Trabajo Local	Interpolación cilíndrica
Acciones síncronas y función de salida auxiliar de alta velocidad	Ciclos de mecanizado para contorno de pockets / spigots con islas	Sistema de Coordenada de Máquina	Formato de programación - serie 828d

Cuadro 3. (Continuación)

Transformación cilíndrica con compensación del radio de herramientas para ranuras paralelas	Número del programa	Sistema de Coordenada de la Pieza	Formato de Programación ISO para el Comando 840D
Interfaz USB	Nombre del programa	Preseado del Sistema de Coordenadas de la Pieza	Operaciones de ejecución:
Interfaz Ethernet	Sub-programa	Rotación del sistema de coordenadas	Modo MDA
Paquete 5 ejes:	Busca de bloque N de programa	Valores de coordenadas y dimensiones:	Modo en Automático
Interpolación 5 ejes simultáneos	Edición expandida	Programación con punto decimal	Modo Bloque a Bloque
Advanced Surface - Step II	Edición de programas en background	Medidas y Velocidad de envío en pulgadas o métricas	Modo Parada del Programa
Memoria de usuario en la tarjeta CF	Número de programas en la memoria = 500	Programación en Modo Absoluto e Incremental	Modo Parada opcional de Programa
Interpolación spline	Espacio de memoria atribuida para el usuario = 3 MB	Coordenada polar	Modo Omisión del Bloque (/)
Llamada de Subprograma	Creación / Edición de Programas	Factos de escala	Modo Reinicio de la ejecución del programa
Transformación cilíndrica / Transmit	Control de Programas	Función Espejo de la Pieza	Selección de bloques de ejecución
Ciclos de medición automática	Función de referencia	Entrada de datos Programable	Funciones de mantenimiento:
Simulación 3D / Simulación en tiempo real	Funciones de avance:	Funciones del husillo:	Parada de Emergencia
ShopMil/ShopTurn - programación por pasos	Avance en mm/min o pol/min	Designación del Husillo en rpm (Código S)	Funciones de Alarma y Diagnósticos

Cuadro 3. (Continuación)

Detección residual de material	Avance en mm/rot o pol/rot	Posicionamiento Angular del husillo	Sistemas de control de potencia:	
Paquete del mecanizado - 5 ejes	Tiempo de Espera	Funciones aplicadas a la herramienta:	Control Energy - Operación eficiente de la máquina	
Compensación de radio 3D	Control del Avance en las esquinas	Compensación del Radio de Punta de la Herramienta		
Medición automática de la cinética de la máquina	Parada Exacta	Corredores de herramienta para la longitud y diámetro		
Programación vía punto de centro de la herramienta - TRAORI	Modo de Parada Exacta	Medición automática programada de longitud de la herramienta		
Atenuante de cambio de orientación - ORISON	Modo de Corte	Medición manual de la longitud de la herramienta		
Funciones de programación:	Modo de Roscado continuo para machos	Administración de Herramientas con Lectura del nombre de las Herramientas		
Programación en código G SINUMERIK con comandos en alto nivel para programación flexible para grupos de piezas grandes y medianas		Función de carga / descarga para simple distribución de magazine		
REPUESTOS				
RESPUESTO		CANTIDAD		
Filtro del Refrigerante ROMI T44687		2		
Filtro de aire ROMI T44689		2		
Filtro electrostáticos ROMID620		2		

Cuadro 3. (Continuación)

Filtro de línea (ROMI R92135 / LUBE 109311)	2
Filtro de succión (ROMI R38059 / LUBE 489010)	2
Husillos de bolas ROMI DCM620	2
Rodamientos de bolas 6205-2RS	2
Correa de Transmisión ROMI S67795	2
Aceite (ISO VG DIN CGLP 68, recomendado: Gulf Way 68, Way Lube 68) especial para guías	1 gal
Aceite Móvil DTE 26 o TEXACO RANDO Oil Hd - C68	2 (110 cm ³ c/u)
Fluido soluble de corte, recomendado: Valvoline Promax Soluble	5 gal
Aceite de reabastecimiento (DIN 51502 HL 32, recomendado: ETC Hidraulic 32, Gulf harmony 32)	5 gal
Aceite (volume 17 cc/oil ISO VG 680)	2 (110 cm ³ c/u)
Aceite (DIN 51502 HLP 32, recomendado: Hydraulic AW 32, Gulf Harmony AW 32)	5 gal
Aceite (DIN 51502 HLP 68, recomendado: Hydraulic AW 68, Gulf Harmony AW 68)	5 gal

Fuente: Autores

4.5 Ficha de estado técnico

Es de gran utilidad para la institución disponer de un documento donde se refleje el estado de la maquinaria que posee, información que es de gran provecho para la realización eficaz del plan de mantenimiento, pues da una idea del tiempo de vida útil que el equipo posee o el tiempo que puede operar antes de necesitar una acción de reparación.

La elaboración de este documento, inicia a partir de una evaluación técnica del estado de determinado equipo, en él se establecen parámetros de evaluación los cuales se determinan mediante una estimación técnica, la cual debe ser realizada por personas capacitadas con conocimientos que les permitan dar una opinión válida sobre el estado de cada parámetro a evaluar.

4.5.1 Parámetros de evaluación. Debido a que el funcionamiento, estructura y capacidad de cada máquina del taller es diferente, se han establecido parámetros de evaluación personalizados para cada una, tomando en cuenta que dichos parámetros deben tener un impacto significativo en cuanto a la funcionalidad y presentación del equipo, es decir que se procura no incluir aspectos poco o nada relevantes en cuanto al funcionamiento y desempeño de la misma.

En el taller existe la presencia de dos centros de mecanizado vertical ROMI que no necesitan por el momento una evaluación técnica de su estado, pues hasta la actualidad no han sido utilizados y todos sus componentes se encuentran cien por ciento óptimos, sin embargo se ha considerado que dejar parámetros de evaluación establecidos para cada equipo será de gran ayuda para el taller en el momento que necesite actualizar su información referente a este aspecto, es por esto que los dos centros de mecanizado han sido incluidos en la elaboración de parámetros para su futura evaluación.

4.5.2 Calificación de los equipos según su estado técnico. Una vez establecidos los parámetros de evaluación, se prosigue a dar una calificación de cada uno de ellos mediante un sistema de porcentajes, de los cuales se obtiene una clasificación de acuerdo al valor que cada parámetro ha recibido.

Tabla 5. Clasificación según estado técnico

PORCENTAJE (%)	CLASIFICACIÓN
93 - 100	BUENO
60 - 93	REGULAR
27 - 60	MALO
Menos de 27	MUY MALO

Fuente: (BATISTA RODRÍGUEZ, 2005)

A continuación, se detallan los parámetros de evaluación establecidos para cada máquina en conjunto con el porcentaje resultado de su evaluación y la clasificación que a este le corresponda según la Tabla 5.

Cuadro 4. Clasificación BRIDGEPORT

CMV BRIDGEPORT	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	80%	REGULAR
Estructura Interna	80%	REGULAR
Estado del Anclaje	70%	REGULAR
Sistema Eléctrico	60%	MALO
Sistema Neumático	80%	REGULAR
Sistema Hidráulico	75%	REGULAR
Sistema de Refrigeración	70%	REGULAR
Mecanismos	80%	REGULAR
Controlador Numérico CNC	70%	REGULAR
Herramientas	75%	REGULAR
Estado de los juegos en los carros de avance	80%	REGULAR
Filtros	90%	REGULAR
Unidades de Mantenimiento	70%	REGULAR
Instrumentos de Medición	80%	REGULAR
Sistema de Lubricación	75%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 5. Clasificación torno CNC

TORNO CNC	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	95%	BUENO
Contrapunto	94%	BUENO
Mandril	82%	REGULAR
Portaherramientas	87%	REGULAR
Mesa Longitudinal	91%	REGULAR
Mesa Transversal	92%	REGULAR
Estado del Anclaje	92%	REGULAR
Sistema Eléctrico	96%	BUENO
Sistema Hidráulico	95%	BUENO
Sistema de Refrigeración	96%	BUENO
Mecanismos	93%	REGULAR
Controlador Numérico CNC	98%	BUENO
Herramientas	85%	REGULAR
Filtros	89%	REGULAR
Unidades de Mantenimiento	90%	REGULAR
Instrumentos de Medición	89%	REGULAR
Sistema de Lubricación	91%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 6. Clasificación ROMI D620

CMV ROMI D620	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	99%	BUENO
Estado de la mesa rotatoria	99%	BUENO
Estado de la mesa inclinada	99%	BUENO
Cabezal	99%	BUENO
Estructura Interna	99%	BUENO
Sistema con brazo articulado ATC	99%	BUENO
Estado del Anclaje	99%	BUENO
Sistema Eléctrico	99%	BUENO
Sistema Neumático	99%	BUENO
Sistema Hidráulico	99%	BUENO
Sistema de Refrigeración	99%	BUENO
Mecanismos	99%	BUENO
Controlador Numérico CNC	99%	BUENO
Herramientas	99%	BUENO
Filtros	99%	BUENO
Unidades de Mantenimiento	99%	BUENO
Sistema de Lubricación	99%	BUENO

Fuente: Autores.

Cuadro 7. Clasificación ROMI D600

CMV ROMI D600	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	99%	BUENO
Cabezal	99%	BUENO
Estructura Interna	99%	BUENO
Sistema con brazo articulado ATC	99%	BUENO
Estado del Anclaje	99%	BUENO
Sistema Eléctrico	99%	BUENO
Sistema Neumático	99%	BUENO
Sistema Hidráulico	99%	BUENO
Sistema de Refrigeración	99%	BUENO
Mecanismos	99%	BUENO
Controlador Numérico CNC	99%	BUENO
Herramientas	99%	BUENO
Filtros	99%	BUENO
Unidades de Mantenimiento	99%	BUENO
Sistema de Lubricación	99%	BUENO

Fuente: Autores.

Cuadro 8. Clasificación troqueladora

TROQUELADORA	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	78%	REGULAR
Estructura	82%	REGULAR
Eje Excéntrico	74%	REGULAR
Panel de Control	76%	REGULAR
Estado del Pistón	82%	REGULAR
Bandas	84%	REGULAR
Estado del Anclaje	93%	REGULAR
Sistema Eléctrico	73%	REGULAR
Sistema Neumático	75%	REGULAR
Mecanismos	83%	REGULAR
Sistema de compresión y almacenamiento de aire	80%	REGULAR
Unidad de Mantenimiento	80%	REGULAR
Lubricación	93%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 9. Clasificación electroerosionadora

ELECTROEROSIONADORA	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	74%	REGULAR
Cabezal	82%	REGULAR
Mesa de Trabajo	85%	REGULAR
Porta-electrodo	85%	REGULAR
Panel de Control	85%	REGULAR
Controlador Numérico CNC	75%	REGULAR
Estado del Anclaje	90%	REGULAR
Sistema Eléctrico	78%	REGULAR
Sistema Hidráulico	72%	REGULAR
Sistema de Refrigeración	89%	REGULAR
Mecanismos	82%	REGULAR
Herramientas	87%	REGULAR
Estado de los juegos en los carros de avance	88%	REGULAR
Unidad de Filtrado	85%	REGULAR
Instrumentos de Medición y calibración	89%	REGULAR
Sistema de Lubricación	91%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 10. Clasificación compresor SCHULZ

COMPRESOR SCHULZ	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	70%	REGULAR
Estado del Anclaje	90%	REGULAR
Sistema Eléctrico	80%	REGULAR
Motor Eléctrico	80%	REGULAR
Filtro de Aire	78%	REGULAR
Polea	79%	REGULAR
Correa	85%	REGULAR
Instrumentos de Regulación	79%	REGULAR
Unidades de Mantenimiento	82%	REGULAR
Instrumentos de Medición	78%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 11. Clasificación compresor ENERGAIR2

COMPRESOR ENERGAIR2	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	60%	MALO
Estado del Anclaje	73%	REGULAR
Sistema Eléctrico	68%	REGULAR
Motor Eléctrico	73%	REGULAR
Filtro de Aire	76%	REGULAR
Polea	75%	REGULAR
Correa	85%	REGULAR
Instrumentos de Regulación	82%	REGULAR
Unidades de Mantenimiento	87%	REGULAR
Instrumentos de Medición	79%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 12. Clasificación compresor CAMPBELL

COMPRESOR CAMPBELL	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	82%	REGULAR
Base Móvil	76%	REGULAR
Sistema Eléctrico	79%	REGULAR
Motor Eléctrico	85%	REGULAR
Filtro de Aire	86%	REGULAR
Polea	75%	REGULAR
Correa	78%	REGULAR
Instrumentos de Regulación	84%	REGULAR
Instrumentos de Medición	63%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 13. Clasificación sierra sensitiva

SIERRA SENSITIVA	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	70%	REGULAR
Mesa base	75%	REGULAR
Guardas de Protección	82%	REGULAR
Disco de Corte	40%	MALO
Sistema Eléctrico	85%	REGULAR
Motor Eléctrico	87%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 14. Clasificación taladro de columna

TALADRO DE COLUMNA	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	70%	REGULAR
Estado de la banda	87%	REGULAR
Mecanismos	82%	REGULAR
Mandril porta-broca	80%	REGULAR
Motor Eléctrico	83%	REGULAR
Palanca Sensitiva	91%	REGULAR
Mesas de trabajo	73%	REGULAR
Estado de los juegos de avance	81%	REGULAR
Lubricación	68%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 15. Clasificación soldadora

SOLDADORA	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	85%	REGULAR
Motor Eléctrico	80%	REGULAR
Estado del porta electrodo	70%	REGULAR
Estado de cables del porta electrodo y tierra	68%	REGULAR
Estado de los instrumentos de Regulación	91%	REGULAR

Fuente: Autores.

Cuadro 16. Clasificación esmeril

ESMERIL	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Estado de la Carcasa	85%	REGULAR
Estado del anclaje	75%	REGULAR
Estado de los discos abrasivos	78%	REGULAR
Mecanismos	82%	REGULAR

Fuente: Autores.

Una vez, realizada la valoración de todos los parámetros asignados para la evaluación, se procede a determinar el estado técnico general de cada máquina mediante el procedimiento detallado a continuación:

- Realizar un conteo de cada clasificación y sumarlas entre sí, determinando el total de aspectos buenos, regulares, malos y muy malos.
- Multiplicar la cantidad de aspectos buenos, regulares, malos y muy malos por un factor de 1; 0,66; 0,33; 0 respectivamente.
- Sumar los resultados de los productos anteriormente calculados y dividirlos por el número de aspectos considerados.

Finalmente, multiplicar el valor obtenido por cien, y clasificar nuevamente según lo establecido en la Tabla 5.

De la clasificación que define el estado técnico de cada máquina, se obtiene el tipo de servicio de mantenimiento que la máquina requiere. Según la Tabla 6.

Tabla 6. Tipo de servicio de mantenimiento requerido

CLASIFICACIÓN	TIPO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO REQUERIDO
BUENO	REVISIÓN
REGULAR	REPARACIÓN PEQUEÑA
MALO	REPARACIÓN MEDIA
MUY MALO	REPARACIÓN GENERAL

Fuente: (BATISTA RODRÍGUEZ, 2005)

Los resultados de las evaluaciones mediante el método anteriormente detallado se muestran en las fichas de estado técnico a continuación.

Cuadro 17. Ficha de estado técnico máquina BRIDGEPORT

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			CÓDIGO	ET-FM-TCC-VMC1	
	TALLER DE CAD - CAM			VERSIÓN	1	
	ESTADO TÉCNICO			PÁGINA	1 de 1	
EQUIPO	Centro de Mecanizado Vertical 3 ejes		MARCA	Bridgeport		
MODELO	VMC 800/22		SERIE	NA		
RESPONSABLE			CÓDIGO DE CONTROL DE BIENES			
INFORMACIÓN	Manuales		Planos		Repuestos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	X		X			X
ESTADO TÉCNICO			MUY MALO	MALO	REGULAR	BUENO
Estado de la Carcasa					X	
Estructura Interna					X	
Estado del Anclaje					X	
Sistema Eléctrico				X		
Sistema Neumático					X	
Sistema Hidráulico					X	
Sistema de Refrigeración					X	
Mecanismos					X	
Controlador Numérico CNC					X	
Herramientas					X	
Estado de los juegos en los carros de avance					X	
Filtros					X	
Unidades de Mantenimiento					X	
Instrumentos de Medición					X	
Sistema de Lubricación					X	
CONCLUSIÓN: 63,8% - Estado Técnico Regular						
MANTENIMIENTO REQUERIDO: Reparación Pequeña						

Fuente: Autores.

Tabla 7. Estado general de la maquinaria

MÁQUINAS	PORCENTAJE	ESTADO TÉCNICO	MANTENIMIENTO REQUERIDO
VMC BRIDGEPORT	63.8	Regular	Reparación pequeña
VMC ROMI D600	99	Bueno	Revisión
VMC ROMI D620	99	Bueno	Revisión
TORNO CNC	78	Regular	Reparación pequeña
ELECTROEROSIONADORA	66	Regular	Reparación pequeña
TROQUELADORA	66	Regular	Reparación pequeña
COMPRESOR SCHULZ	66	Regular	Reparación pequeña
COMPRESOR ENERGAI2	62.7	Regular	Reparación pequeña
COMPRESOR CAMPBELL	66	Regular	Reparación pequeña
SIERRA SENSITIVA	60.5	Regular	Reparación pequeña
TALADRO VERTICAL	66	Regular	Reparación pequeña
SOLDADORA	66	Regular	Reparación pequeña
ESMERIL	66	Regular	Reparación pequeña
ESTADO TÉCNICO PROMEDIO	71.15	Regular	Reparación pequeña

Fuente: Autores.

Figura 22. Resultado evaluación técnica



Fuente: Autores.

Como se puede apreciar en la Tabla 7 y en la Figura 22. El estado general en que se encuentra la maquinaria del taller de CAD-CAM es “Regular”, con un porcentaje promedio de 71,15%, lo que indica que las máquinas están en un estado óptimo y

funcional, al comprobar que ninguna máquina se clasifica en la categoría de malo o muy malo, por lo que no amerita actividades mayores de mantenimiento correctivo, siendo suficiente acatarse a las actividades establecidas por el presente proyecto.

4.6 Tarjeta de mantenimiento

Esta tarjeta establece las actividades de mantenimiento que deben cumplirse en cada equipo, indicando la parte de la máquina en la cual se llevará a cabo y la frecuencia o periodicidad de la actividad.

El primer paso para su desarrollo es escoger un método de recolección de datos, el método utilizado para la elaboración de las actividades de la tarjeta de mantenimiento es el método basado en instrucciones del fabricante, puesto que se dificulta realizar un método por análisis de fallos al no haber la disponibilidad de un historial de averías.

En el encabezado de cada tarjeta se establece la disponibilidad de manuales de usuario, operación o mantenimiento para cada equipo, los cuales son propiedad de la ESPOCH y han sido proporcionadas por la Facultad de Mecánica.

Nuevamente se resalta que para aquella maquinaria que no posee disponibilidad de los mencionados manuales, se elaboraron las actividades de mantenimiento mediante asesoría técnica proporcionada por estudiantes de la institución que realizaron proyectos de reparación en la maquinaria, e investigación documental de maquinaria con principios de funcionamiento compatibles, por este hecho, las actividades de mantenimiento producto de esta tarea son de propiedad intelectual de los Autores.

De esta manera se establecieron un total de 174 actividades de mantenimiento para toda la maquinaria del taller de CAD-CAM, las mismas que pueden ser apreciadas en la tarjeta de mantenimiento ANEXO 2.

4.6.1 Periodicidad de las actividades de mantenimiento. Las actividades establecidas en la tarjeta de mantenimiento, deben estar acompañadas de la frecuencia o periodicidad con que deben ejecutarse, este aspecto definirá las fechas de realización de cada una de ellas en el plan de mantenimiento programado que poseen periodicidad fija.

Un plan de mantenimiento programado, involucra que las actividades aquí establecidas en la tarjeta, deben efectuarse a pesar de que exista o no algún síntoma de avería, por esta

razón con el fin de reducir costos por mantenimiento, se procede a modificar la periodicidad que los fabricantes proponen, teniendo en cuenta que dichos tiempos entre actividades están diseñados para una utilización a jornada completa, es decir 8 horas diarias, sin embargo esa no es la realidad del taller de CAD-CAM por lo que el desgaste que sufra la maquinaria a través del tiempo, no será el mismo del que el fabricante se basó para proponer las mencionadas frecuencias. No obstante se debe aclarar que no todas las actividades deben modificar su frecuencia, por ejemplo algunas operaciones de limpieza, inspección, lubricación, entre otras, deberán efectuarse a pesar de que el equipo haya tenido un uso de una hora como de ocho.

Por este motivo, a continuación, en el Cuadro 18. Se muestran las actividades que se seleccionaron para la modificación de su periodicidad, y el tiempo de utilización medio que se estima como el máximo al que el taller llegará con el uso por servicio académico, tiempo establecido mediante la información del pensum de estudios de las 3 escuelas de la Facultad que hacen uso del taller, más un tiempo estimado de uso por parte de tesis, seminarios y cursos dictados en el mismo.

Cuadro 18. Frecuencia de mantenimiento según el tiempo de utilización diaria de la maquinaria del taller del CAD-CAM

BRIDGEPORT		FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	
		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Motor	Comprobar desgaste de la correa de transmisión del husillo	Mensual	2 Meses
Cambiador de herramientas	Engrasar el brazo cambiador de herramientas	Mensual	3 Meses
Recipiente del filtro neumático	Drenar y limpiar el recipiente del filtro neumático	Semestral	Anual
Sistema de Lubricación	Limpiar el filtro de la bomba del sistema de lubricación	Semestral	Anual

Cuadro 18. (Continuación)

CNC TORNO		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Motor	Ajustar las correas del motor	Semestral	Anual
Brida fija	Ajustar las correas síncronas	Semestral	Anual
Motor	Cambio de rodamientos en el motor	3 años	6 años
ROMI D 600		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Correa del husillo	Comprobar las condiciones de la correa del husillo, cambiar de ser necesario	Semestral	Anual
Sistema de lubricación	Reemplazar las unidades de flujo en el sistema de lubricación	Anual	2 Años
Sistema de lubricación	Sustituir el filtro de línea y el filtro de succión en el sistema de lubricación	Anual	2 Años
ROMI D620		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Máquina	Verificar la precisión y el funcionamiento	Trimestral	Semestral
Correa del husillo	Comprobar las condiciones de la correa del husillo, cambiar de ser necesario	Semestral	Anual
Sección de engranajes de la mesa giratoria	Medir la holgura de la sección de engranajes desgastada	Anual	2 Años
Sección de inclinación de la mesa giratoria	Medir el retroceso de la sección de inclinación	Anual	2 Años
Sección de engranajes de la mesa giratoria	Ajustar la holgura del engranaje helicoidal en la mesa	Anual	2 Años
Sección de inclinación de la mesa giratoria	Ajustar la holgura en el engranaje helicoidal de sección inclinada	Anual	2 Años
Correa de tiempo	Inspeccionar el ajuste de la tensión de la correa de tiempo, ajustar de ser necesario	Anual	2 Años
Polea de la correa de tiempo	Ajustar la posición de la polea	Anual	2 Años
Sistema de lubricación	Reemplazar las unidades de flujo en el sistema de lubricación	Anual	2 Años
Sistema de lubricación	Sustituir el filtro de línea y el filtro de succión en el sistema de lubricación	Anual	2 Años
TROQUELADORA		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Filtro principal de aire	Limpiar el filtro principal de aire	Semanal	2 Semanas
	Purgar la unidad de mantenimiento	Semanal	2 Semanas
	Engrasar el eje de la excéntrica	Mensual	2 Meses
	Verificar el estado de las bandas del motor	Anual	2 Años

Cuadro 18. (Continuación)

ELECTROEROSIONADORA		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Sistema Dieléctrico	Limpiar las mangueras de conducción del dieléctrico	Semestral	Añual
Tanque reservorio del dieléctrico	Limpiar el tanque reservorio del dieléctrico	Semestral	Añual
Filtro hidráulico	Cambiar el filtro hidráulico	Añual	2 Años
COMPRESOR SCHULZ		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Filtro de Aire	Limpiar el filtro de aire	Semanal	2 Semanas
Elemento del filtro de aire	Cambiar el elemento del filtro de aire	Trimestral	Semestral
Bloque Compresor	Reapretar los pernos del bloque compresor	Trimestral	Semestral
Bloque Compresor	Lubricar el rodamiento superior de las bielas	Trimestral	Semestral
Polea	Sustituir los rodamientos del eje de la polea	9 meses	3 Semestres
COMPRESOR ENERGAIR2		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Filtro de Aire	Limpiar el filtro de aire	Semanal	2 Semanas
Banda	Inspeccionar la tensión y alineación de la banda	Mensual	2 Meses
Cabezal	Cambiar el aceite	Trimestral	Semestral
Elemento del filtro de aire	Cambiar el elemento del filtro de aire	Trimestral	Semestral
Polea	Sustituir los rodamientos del eje de la polea	9 meses	3 Semestres
COMPRESOR CAMPBELL		Jornada de 8 h diarias	Jornada de 4 h diarias
Filtro de Aire	Limpiar el filtro de aire	Semanal	2 Semanas
Banda	Inspeccionar la tensión y alineación de la banda	Mensual	2 Meses
Cabezal	Cambiar el aceite	Trimestral	Semestral
Elemento del filtro de aire	Cambiar el elemento del filtro de aire	Trimestral	Semestral
Polea	Sustituir los rodamientos del eje de la polea	9 meses	3 Semestres

Fuente: Autores.

A continuación se presenta la tarjeta de mantenimiento elaborada para el centro de mecanizado ROMI D620. Las tarjetas de mantenimiento del resto de maquinaria se encuentran presentes en el ANEXO 2.

Cuadro 19. Tarjeta de mantenimiento del centro de mecanizado vertical ROMI D620

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	TM-FM- TCC-VMC3		
	TALLER DE CAD - CAM		VERSIÓN	2017		
	TARJETA DE MANTENIMIENTO		PÁGINA	1 de 3		
EQUIPO	Centro de Mecanizado Vertical 5 ejes	MARCA	ROMI			
MODELO	DCM 620 - 5X	SERIE	016 - 016724 - 41			
RESPONSABLE		CÓDIGO DE CONTROL DE BIENES				
INFORMACIÓN	Manuales		Planos		Repuestos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	X		X			X
PARTE	DESCRIPCIÓN				TIEMPO	
Máquina	Inspección de rutina antes de la operación				Diario	
Sistema de lubricación	Revisar el nivel del aceite lubricante				Diario	
Tanque de Refrigerante	Limpiar los filtros y el tanque de refrigerante, cambiar los filtros de ser necesario				Diario	
Sistema Neumático	Inspeccionar las presiones neumáticas				Diario	
Área de Mecanizado	Retire el exceso de virutas en el área de mecanizado				Diario	
Sistema Neumático	Revisar la fuga de aire comprimido				Diario	
Sistema de Lubricación	Comprobar fugas en el sistema de lubricación				Diario	
Sistema de Refrigeración	Comprobar fugas en el sistema de refrigeración				Diario	
Sistema Neumático	Inspeccionar los filtros en el sistema neumático, limpiar o reemplazar si es necesario				Semanal	
Sistema de Refrigeración	Comprobar el nivel del refrigerante, llenar si es necesario				Semanal	
Sistema Neumático	Inspeccionar el lubricador en el sistema neumático (limpieza y reposición)				Semanal	
Protectores de virutas	Inspeccionar los protectores de virutas				Semanal	
Panel de operación	Limpiar el panel de operación externamente				Semanal	
Puerta	Limpiar la ventana de policarbonato de la puerta				Mensual	

Cuadro 19. (Continuación)

Guías ATC	Lubricar las guías ATC	Mensual
Panel Eléctrico	Limpiar los filtros y el aire acondicionado en el panel eléctrico, cambiar los filtros de ser necesario	Mensual
Guías lineales	Limpiar la guías lineales	Mensual
Sistema Hidráulico	Inspeccionar el nivel de aceite en el sistema hidráulico, llenar si es necesario	Mensual
Lubricador	Inspeccionar el lubricador, cambiar de ser necesario	Trimestral
Máquina	Verificar la precisión y el funcionamiento	Semestral
Máquina	Inspeccionar la nivelación de la máquina	Semestral
Mesa y Husillo	Comprobar la ortogonalidad entre la superficie de la mesa y el husillo (Banner)	Semestral
Guías de deslizamiento	Comprobar el paralelismo en el movimiento del eje Y	Semestral
Guías de deslizamiento	Comprobar el paralelismo en el movimiento del eje X	Semestral
Guías de deslizamiento	Comprobar el paralelismo entre la ranura en T y el movimiento del eje X	Semestral
Guías de deslizamiento	Comprobar la ortogonalidad entre la línea central del eje y la superficie de la mesa (Plano "Y" y "Z"),	Semestral
Guías de deslizamiento	Comprobar la ortogonalidad entre los planos "X" y "Y"	Semestral
Panel eléctrico	Realizar la limpieza interna del panel eléctrico	Semestral
Cilindro expulsador de la herramienta	Comprobar el nivel de aceite en el depósito del cilindro expulsor de la herramienta	Semestral
Correa del husillo	Comprobar las condiciones de la correa del husillo, cambiar de ser necesario	Anual
Husillos y rodamientos de bolas	Inspeccionar los husillos y los rodamientos de bolas, reemplazar de ser necesario	Anual
Panel eléctrico	Reajustar el cableado en el panel eléctrico	Anual
Sección de engranajes de la mesa giratoria	Medir la holgura de la sección de engranajes desgastada	2 Años
Sección de inclinación de la mesa giratoria	Medir el retroceso de la sección de inclinación	2 Años

Cuadro 19. (Continuación)

Sección de engranajes de la mesa giratoria	Ajustar la holgura del engranaje helicoidal en la mesa	2 Años
Sección de inclinación de la mesa giratoria	Ajustar la holgura en el engranaje helicoidal de sección inclinada	2 Años
Correa de tiempo	Inspeccionar el ajuste de la tensión de la correa de tiempo, ajustar de ser necesario	2 Años
Polea de la correa de tiempo	Ajustar la posición de la polea	2 Años
Sistema de lubricación	Reemplazar las unidades de flujo en el sistema de lubricación	2 Años
Sistema de lubricación	Sustituir el filtro de línea y el filtro de succión en el sistema de lubricación	2 Años

Fuente: Autores.

4.7 Procedimientos de las actividades de mantenimiento

Se ha procedido a especificar procedimientos ordenados mediante los cuales se puede dar ejecución a cada actividad fijada en la tarjeta de mantenimiento, es decir, la descripción de la secuencia de operaciones que el técnico de mantenimiento deberá efectuar para el cumplimiento de determinada actividad. Y en conjunto a ellas se especifica los materiales, herramientas, equipo de protección individual y los costos necesarios para dar cumplimiento a cada una de las 174 actividades establecidas en este proyecto.

Este documento que se proporcionará al taller de CAD-CAM será de gran ayuda para tener una clara idea de la manera en que se debe llevar a cabo el cumplimiento de las actividades, aumentando así su eficacia y agilitando su realización.

4.7.1 Costo de las actividades de mantenimiento. El costo total por realización de cada actividad está conformado por la suma de varios sub-costos, en los cuales se toma en cuenta distintos factores tales como: materiales, herramientas, equipo de protección y mano de obra.

Tanto los materiales como la mano de obra, son clasificados en la categoría de costos variables, esto se debe a que cada una de las 174 actividades consume materiales diferentes, además el tiempo que involucra la realización de cada una de ellas también

será distinto, produciendo con esto una variación en los costos por mano de obra, que cada actividad tendrá.

Mientras que las herramientas y el equipo de protección individual se catalogan como costos fijos, puesto a que su depreciación será la misma sea que se las ocupe o no.

4.7.1.1 Costos variables. Una vez claro que para este cálculo, se debe sumar los costos de materiales y mano de obra, el primer paso es asignar valores estimados basados en los precios del mercado para todos los materiales recopilados de las 174 actividades de mantenimiento. A continuación en la Cuadro 20 .Se muestra el costo de cada material que se estima será consumido en la realización de una actividad, mas no el precio completo del producto, a pesar de que este último es una referencia clave para realizar la mencionada estimación.

Cuadro 20. Estimación de costos de materiales consumidos por actividad

MATERIALES	COSTO ESTIMADO POR ACTIVIDAD (USD)
Aceite (Chevron 5W - 30, Móbil 15 W - 30 o aceite sintético para motores)	\$ 1,71
Aceite (DIN 51502 HLP 32, recomendado: Hydraulic AW 32, Gulf Harmony AW 32)	\$ 1,79
Aceite (DIN 51502 HLP 68, recomendado: Hydraulic AW 68, Gulf Harmony AW 68)	\$ 1,81
Aceite (ISO VG DIN CGLP 68, recomendado: Gulf Way 68, Way Lube 68) especial para guías	\$ 0,55
Aceite (MÓBIL Met S - 122)	\$ 0,2
Aceite (volumen 17 cc/oil ISO VG 680)	\$ 1,63
Aceite de reabastecimiento (DIN 51502 HL 32, recomendado: ETC Hidraulic 32, Gulf harmony 32) a través del tubo o directamente	\$ 1,79
Aceite móvil Baltra N° 2 o equivalentes	\$ 1,73
Aceite móvil DTE 26 o TEXACO RANDO OIL Hd-C68	\$ 1,66
Aceite N° 20 para maquinaria (Mobil DTE 20)	\$ 1,66
Aislante eléctrico	\$ 0,5
Alcohol isopropílico	\$ 1,4
Cables de alta tensión	\$ 3,85
Correa de Transmisión	\$ 40
Detergente líquido	\$ 2,1

Cuadro 20. Continuación

Detergente neutro	\$ 2,75
Disco abrasivo	\$ 4,9
Dosificadores de lubricante	\$ 17
Escobillas de motor	\$ 5
Filtro (Romi R38059 / LUBE 489010)	\$ 28,5
Filtro de aire (modelo CSL 15 BR - 20 BR)	\$ 10
Filtro de aire electrostático	\$ 4
Filtro hidráulico H- 7911	\$ 60
Fluido soluble de corte, recomendado: Valvoline Promax Soluble	\$ 4,85
Fusibles	\$ 1,25
Grasa a base de litio	\$ 27
Grasa barrierta L 55/3 (Klüber)	\$10,4
Grasa industrial E - P2	\$ 1,41
Guaípe	\$ 0,1
Filtro (ROMI R92135 / LUBE 109311)	\$ 28,5
Guaípe	\$ 0,2
Husillo de bolas	\$ 83
Jabón	\$ 0,5
Lubricante móvil DTE 24 o equivalente directo	\$ 1,69
Paño húmedo	\$ 0,2
Porta electrodos	\$ 15,3
Queroseno	\$ 2,45
Refrigerante (Taladrina)	\$ 0,84
Refrigerante Trim Sol o cualquier aceite de corte equivalente emulsionado antibacterial	\$ 1,23
Rodamiento de bola para motores eléctricos (sistema de lubricación con grasa)	\$ 4,55
Rueda abrasiva	\$ 4,9

Fuente: Autores.

Después de establecidos los costos de los materiales, se procede a hacer el cálculo de mano de obra, el cual está íntimamente relacionado con el tiempo que la actividad necesita para su realización, por tanto es necesario dar una estimación mediante carácter técnico

del tiempo que cada actividad tomará, y así mediante una relación con el salario de la persona que se designará para esta función, calcular el costo de mano de obra por actividad, teniendo en cuenta que según la ley de escalafón del Ecuador, el sueldo mínimo para los profesionales técnicos es de 1200 dólares más beneficios de ley, que corresponden al 12,15% por aporte al seguro más el décimo tercero y décimo cuarto que fijarán un total de 1477,05 dólares lo que representa el costo mensual por mano de obra.

Con este rubro, solo se hace una relación del salario del técnico encargado de cumplir las actividades con el tiempo que cada una de ellas requiere, obteniendo con esto el costo de mano de obra por cada actividad. Tal como se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Cálculo del costo por actividad (USD)

	COSTO POR MATERIALES	TIEMPO POR ACTIVIDAD	COSTO POR MANO DE OBRA	COSTO POR ACTIVIDAD
ACTIVIDAD	X	Y	$Z = (1477 * Y) / 9600$	X+Z

Fuente: Autores

Es necesario entender que tanto el costo de materiales como el de mano de obra serán de carácter variable en actividades de inspección. La explicación de esta afirmación está en que al realizar una inspección, existe la probabilidad de que no se encuentren averías, y con esto se dé por terminada la actividad sin consumir ni materiales ni tiempo extras. No obstante, se debe tener en cuenta que también existe la probabilidad de encontrar averías, lo cual alargará el tiempo de la actividad y requerirá uso de materiales adicionales.

Es decir que las actividades de inspección consumirán tiempo y materiales diferentes dependiendo de si se identifica o no la presencia de anomalías con su realización. Por este motivo, con el fin de dar la mayor precisión posible al cálculo de los costos por actividad, se ha hecho un análisis apoyado en el método CBM “Mantenimiento basado en condiciones” para el cálculo de frecuencias de mantenimiento. Ver (2.26)

El método propone que la posibilidad de encontrar fallas al realizar una inspección está aproximadamente alrededor del 29% siempre y cuando la periodicidad con la que se fije hacer las rutinas de inspección se fundamente en cálculos adecuados basados en métodos de prevención de daños, el cual es el caso de la periodicidad de las actividades

establecidas en el presente proyecto, pues adoptan las recomendaciones del fabricante que con seguridad hizo uso de métodos válidos para la realización de sus propuestas.

Por tanto al adoptar este valor de probabilidad, se procede a calcular el costo de las actividades de inspección, que serán igual al costo en caso de no encontrar averías más el costo adicional en caso de encontrarlas multiplicado por un factor de 0,29, como se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Cálculo de los costos de las actividades de inspección con probabilidad de reparación (USD)

	COSTO POR MATERIALES	TIEMPO POR ACTIVIDAD	COSTO POR MANO DE OBRA	COSTO POR ACTIVIDAD
INSPECCIÓN SIN AVERÍAS	X	Y	$Z = (1477*Y)/9600$	X+Z
ACCIÓN CORRECTORA	A	B	$C = (1477*B)/9601$	A+C
COSTO DE LA ACTIVIDAD	$X+(A*0,29)$	$X+(B*0,29)$	$Z+(C*0,29)$	$X+Z+(A+C)*0,29$

Fuente: Autores

4.7.1.2 *Costos fijos.* La determinación de los costos fijos nace a partir de la recopilación de todas las herramientas y equipo de protección personal para posteriormente establecer su precio individual, tal como se muestra en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Precio en el mercado de herramientas y EPI (USD)

HERRAMIENTAS	COSTO
Cepillo	\$ 4,4
Aspiradora Industrial	\$ 112
Recogedor	\$ 4,15
Kit de herramientas	\$ 24
Brocha	\$ 3,5
Engrasador	\$ 18
Aceitero	\$ 3,5
Extractor de baleros	\$ 1,5

Cuadro 23. Continuación

Compresor	\$ 297
Indicador de cuadrante	\$ 19,5
EQUIPO DE PROTECCIÓN	COSTO
Guantes de protección contra riesgos mecánicos	\$ 1,8
Guantes de protección resistentes a la penetración	\$ 2,5
Calzado de seguridad	\$ 60
Mascarilla autofiltrante	\$ 3,3
Lentes de seguridad	\$ 2,8

Fuente: Autores.

Con estos datos, se ha calculado un costo total en herramientas y equipo de protección personal por 557,95 dólares. Para la asignación del costo fijo a cada actividad, se ha repartido este valor para las 174 actividades, estableciendo un año como tiempo de vida útil de las mismas, por lo que el valor obtenido se divide para la cantidad de veces que se efectúe cada tarea en el año, dando como resultado el costo fijo de la realización de la actividad individual, tal como se muestra en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Cálculo del costo fijo por actividad (USD)

	CANTIDAD DE EJECUCIONES DE LA ACTIVIDAD POR AÑO	COSTO REPARTIDO POR ACTIVIDAD	COSTO FIJO POR REEALIZACIÓN DE ACTIVIDAD
ACTIVIDAD	N	$C = 557,95/174$	C/N

Fuente: Autores.

Finalmente se calcula el costo total por realizar cada actividad, sumando el costo fijo con el costo variable. Costos que se pueden apreciar en el documento de procedimientos de las actividades de mantenimiento del ANEXO 2.

A continuación, se presenta los procedimientos a seguir para la ejecución de cada actividad de mantenimiento correspondiente al centro de mecanizado vertical ROMI D620. Los procedimientos de las actividades de mantenimiento correspondientes al resto de actividades se encuentran en el ANEXO 2.

Cuadro 25. Procedimientos de las actividades de mantenimiento (ROMI D620)

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	PM-FM-TCC-VMC3		
	TALLER DE CAD - CAM		VERSIÓN	2017		
	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO		PÁGINA	1 de 1		
EQUIPO	Centro de Mecanizado Vertical 4 ejes		MARCA		ROMI	
MODELO	DCM 600		SERIE			
RESPONSABLE			CÓDIGO DE CONTROL DE BIENES			
INFORMACIÓN	Manuales		Planos		Repuestos	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	X		X			X
Revisar el nivel de aceite lubricante						
Herramientas: Kit de herramientas			Materiales: Guaípe, aceite (ISO VG DIN CGLP 68, recomendado: Gulf Way 68, Way Lube 68)		Costo: \$1,49	
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Limpiar el indicador del nivel de aceite, para una mejor apreciación 3. Revisar que el nivel del aceite se encuentre entre los límites marcados 4. Si el nivel de aceite se encuentra por debajo del límite inferior, rellenar con aceite (ISO VG DIN CGLP 68, recomendado: Gulf Way 68, Way Lube 68) especial para guías 						
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010						
Precauciones: Evitar derramamientos y exceso de lubricante Tomar las medidas correctas para evitar la combustión de los líquidos inflamables						
Limpiar los filtros y el tanque de refrigerante, cambiar los filtros de ser necesario						
Herramientas: Kit de herramientas			Materiales: Guaípe, filtros, aceite refrigerante		Costo: \$9,38	
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar el tanque de refrigerante de la parte posterior de la máquina 3. Retirar los dos filtros del tanque de refrigerante 						

Cuadro 25. (Continuación)

<ol style="list-style-type: none"> 4. Limpiar los filtros (uno a la vez) 5. Limpiar el tanque de refrigerante 6. Cambiar los filtros cuando se considere que la limpieza no es suficiente para restablecerlos 7. Reensamblar 8. Añadir refrigerante en el recipiente hasta los límites establecidos 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Cuando la máquina está mecanizando materiales como: latón, aluminio, hierro fundido o aleaciones similares, los filtros deben limpiarse cada cuatro horas		
Inspeccionar las presiones neumáticas		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaipe	Costo: \$1,06
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar el indicador de presión (manómetro) para una mejor lectura 2. Verificar que la presión de aire se encuentra en los parámetros establecidos (6 bar) 3. Regular mediante la válvula de filtro del regulador 		
Equipo de Protección Personal: NA		
Precauciones: NA		
Retire el exceso de virutas en el área de mecanizado		
Herramientas: Cepillo y/o aspiradora industrial, recogedor	Materiales: Guaipe, aceite Móvil DTE 26 o TEXACO RANDO Oil Hd - C68	Costo: \$3,62
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar accesorios y herramientas 3. Limpiar virutas y suciedad del área de mecanizado 4. Lubricar el área de mecanizado con aceite Móvil DTE 26 o TEXACO RANDO Oil Hd - C68 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Evitar el contacto con partículas cortopunzantes Desechar adecuadamente el material extraído de la limpieza		

Cuadro 25. (Continuación)

Revisar la fuga de aire comprimido		
Herramientas: NA	Materiales: Guaipe, jabón	Costo: \$2,92
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar agua y jabón alrededor de conductos de aire de comprimido 2. Realizar una inspección visual en busca de fugas (burbujas) 3. Comunicar a la persona encargada del taller en el caso de detectar cualquier anomalía 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Asegurarse de que exista fluidez de aire comprimido en el conducto donde se realiza la inspección		
Comprobar fugas en el sistema de lubricación		
Herramientas: NA	Materiales: Guaipe	Costo: \$0,88
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una inspección visual, en busca de goteo o lubricante derramado en la parte exterior de la máquina, así como en la bomba del sistema de lubricación y la cabina interna de la máquina 2. Comprobar en el tanque de lubricante que no exista un consumo mayor al normalmente requerido por la máquina 3. Comunicar a la persona encargada del taller en el caso de detectar cualquier anomalía 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: NA		
Comprobar fugas en el sistema de enfriamiento		
Herramientas: NA	Materiales: Guaipe	Costo: \$0,88
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una inspección visual, en busca de goteo o refrigerante derramado en la parte exterior de la máquina, así como en la bomba del sistema de refrigeración y la cabina interna de la máquina 2. Comprobar en el tanque de refrigerante que no exista un consumo mayor al normalmente requerido por la máquina 3. Comunicar a la persona encargada del taller en el caso de detectar cualquier anomalía 		

Cuadro 25. (Continuación)

Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: NA		
Inspeccionar los filtros en el sistema neumático, limpiar o reemplazar si es necesario		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, jabón suave, queroseno, filtro regulador	Costo: \$2,46
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Comprobar el estado del filtro/filtro regulador 3. De ser necesario realizar la limpieza o reemplazar en el caso de que la limpieza no sea suficiente para reestablecerlos <p style="margin-left: 20px;">PARA LA LIMPIEZA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar los pernos en la bridas que sujetan el filtro / filtro regulador 2. Girar la protección metálica en el filtro / filtro regulador, en sentido contrario a las agujas del reloj 3. Soltar el elemento filtrante de la taza del filtro / filtro regulador 4. Lavar la copa, el protector y el elemento filtrante con agua y jabón suave, o queroseno 5. Comprobar que el elemento filtrante este en buenas condiciones, sino reemplácelo 6. Sujetar el conjunto del elemento filtrante en la taza y montar la taza y el protector, teniendo cuidado de tener el anillo de sellado bien posicionado 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: <p style="margin-left: 20px;">En situaciones donde el aire de alimentación comprimido está sucio, comprobar el estado del filtro diariamente</p> <p style="margin-left: 20px;">Para la limpieza no utilice otros disolventes químicos</p> <p style="margin-left: 20px;">En el caso de filtros coalescentes (elemento rojo), sustituir el elemento cuando hay signos de saturación</p>		
Comprobar el nivel del refrigerante, llenar si es necesario		
Herramientas: NA	Materiales: Guaípe	Costo: \$2,79
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Limpiar las mirillas niveladas para comprobar el nivel de refrigerante 3. Añadir refrigerante de ser necesario (aceite soluble basado en minerales con 60% de aceite mineral en la formulación) 		

Cuadro 25. (Continuación)

Equipo de Protección Personal: NA		
Precauciones: NA		
Inspeccionar el lubricador en el sistema neumático (limpieza y reposición)		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, aceite de reabastecimiento (ISO VG HLP 32, recomendado: Gulf Harmony AW 32, Hydraulic AW 32) a través del tubo o directamente	Costo: \$2,44
<p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Inspeccionar el lubricante en busca de agua u otras impurezas en el aceite, así como un cambio en las características del aceite 3. Limpiar de ser necesario <p>PARA LA LIMPIEZA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar los tornillos de las bridas que sujetan el lubricador 2. Girar la protección metálica en sentido anti horario 3. Lavar la taza y otros componentes con agua y jabón suave o queroseno 4. Montar la copa y el protector, teniendo cuidado de tener el anillo de sellado de la copa y el tubo de plástico del conductor de aceite bien posicionado 5. Ajustar el lubricador con una gota cada 4 a 6 cambios de herramienta <p>PARA EL REEMPLAZO DEL LUBRICADOR</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar la válvula del latón situada en la parte inferior del cuerpo del lubricador al recipiente con el aceite de reabastecimiento (ISO VG HLP 32, recomendado: Gulf Harmony AW 32, Hydraulic AW 32) a través del tubo o directamente 2. Con la línea de aire presurizada, presionar hacia abajo el botón rojo situado a lado de la caperuza. El aceite en el recipiente será aspirado dentro de la taza 3. Cuando alcance el nivel máximo soltar el botón rojo y desconectar la válvula 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Para la limpieza no utilice otros disolventes químicos		

Cuadro 25. (Continuación)

Inspeccionar los protectores de virutas		
Herramientas: NA	Materiales: Guaipe	Costo: \$0,94
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Inspeccionar que los protectores de viruta se encuentren en buen estado 3. Comunicar a la persona encargada del taller en el caso de detectar cualquier anomalía 		
Equipo de Protección Personal: NA		
Precauciones:		
Limpiar el panel de operación externamente		
Herramientas: Aspiradora industrial húmeda o seca	Materiales: Guaipe	Costo: \$3,09
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar accesorios y herramientas 3. Limpiar la parte exterior de la máquina, eliminando suciedad y virutas 4. Aspirar entradas y escapes, eliminando cualquier obstrucción 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: No utilice aire comprimido bajo la máquina Evitar el contacto con partículas cortopunzantes		
Limpiar la ventana de policarbonato de la puerta		
Herramientas: NA	Materiales: Jabón suave	Costo: \$3,48
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Enjuagar con agua tibia 3. Lavar con jabón suave y agua tibia 4. Utilizar un paño suave y una esponja para eliminar la suciedad y el hollín restantes 5. Repetir el enjuague y secar con un paño suave para evitar manchas de agua 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección bajo la norma UNE-EN 374-2:2004		
Precauciones: No utilizar escobillas o rascadores para la limpieza		

Cuadro 25. (Continuación)

Lubricar las guías ATC (CAMBIADOR AUTOMÁTICO DE HERRAMIENTAS)		
Herramientas: Kit de herramientas, aceitero	Materiales: Guaípe, aceite (DIN 51502 HLP 68, recomendado: Gulf Harmony AW 68, Hydraulic AW 68)	Costo: \$3,54
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Con la ayuda de un aceitero lubricar las guías ATC con aceite (DIN 51502 HLP 68, recomendado: Gulf Harmony AW 68, Hydraulic AW 68) sobre las que se asienta el sillín 3. Mover el sillín de ser necesario para una mejor lubricación de las guías 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Evitar derramamientos y exceso de lubricante		
Limpiar los filtros y el aire acondicionado en el panel eléctrico, cambiar los filtros de ser necesario		
Herramientas: Kit de herramientas, cepillo, compresor	Materiales: Guaípe, filtro de aire acondicionado	Costo: \$3,71
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar el filtro que cubre el panel eléctrico 3. Limpiar el filtro y el aire acondicionado (cepillo, aire comprimido) 4. Cambiar los filtros cuando se considere que la limpieza no es suficiente para restablecerlos 5. Colocar nuevamente el filtro 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Evitar deteriorar el filtro con la limpieza Nunca permita que el panel se encienda sin el filtro de entrada de aire Compruebe que todas las piezas relacionadas con el conjunto del panel eléctrico estén correctamente colocadas y selladas		

Cuadro 25. (Continuación)

Limpiar las guías lineales		
Herramientas: Aceitero, brocha	Materiales: Guaípe, aceite (DIN 51502 HLP 68, recomendado: Gulf Harmony AW 68, Hydraulic AW 68)	Costo: \$2,41
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 3. Limpiar las guías lineales utilizando una brocha 4. Lubricar las guías lineales con aceite (DIN 51502 HLP 68, recomendado: Gulf Harmony AW 68, Hydraulic AW 68), recomendado: Gulf Way 68, Way Lube 68) 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Evitar derramamientos por exceso de lubricante		
Inspeccionar el nivel de aceite en el sistema hidráulico, llenar si es necesario		
Herramientas: NA	Materiales: Guaípe, aceite (DIN 51502 HLP 32, recomendado: Hydraulic AW 32, Gulf Harmony AW 32)	Costo: \$3,37
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 3. Comprobar que el nivel de aceite se encuentre entre los límites establecidos 3. Añadir aceite de ser necesario (DIN 51502 HLP 32, recomendado: Hydraulic AW 32, Gulf Harmony AW 32) 		
Equipo de Protección Personal: NA		
Precauciones: NA		
Inspeccionar la nivelación de la máquina		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, 2 niveles de alcohol - Resolución máxima 0.020 / 1000mm,	Costo: \$10,53
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Posicionar la mesa en el centro del recorrido y colocar los niveles de burbuja sobre la mesa (direcciones transversal y longitudinal), como se indica en la figura. 3. Mover la mesa a un extremo; 4. Marcar puntos de referencia en las graduaciones de nivel 		

Cuadro 25. (Continuación)

<p>5. Mover la mesa al otro extremo</p> <p>6. Comprobar la desviación total leyendo las escalas del nivel de burbuja</p> <p>7. Calcular la desviación, La desviación total es igual a: Longitudinal: Variación de burbujas entre un extremo y el otro, dividido por dos. Transversal: Variación de la burbuja entre un extremo y el otro.</p> <p>8. En el caso de detectar desnivelación, nivele la máquina</p> <p style="text-align: center;">PARA NIVELAR LA MÁQUINA</p> <p>1. Posicionar la mesa en el centro de los recorridos en los ejes X e Y y nivele la máquina con los tornillos de nivelación de los extremos de la máquina (4 esquinas)</p> <p>2. Calcular nuevamente el grado de desnivelación para comprobar que se encuentre con la nivelación ideal</p>		
<p>Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010</p>		
<p>Precauciones: El valor encontrado no debe exceder la desviación máxima de 0.060mm / total.</p> <p>Respecto a los tornillos de nivelación centrales, es importante que permanezcan aflojados durante el ajuste de nivelación, ya que sólo se utilizarán para ajustar el "banner" de la máquina.</p>		
<p>Comprobar la ortogonalidad entre la superficie de la mesa y el husillo (Banner)</p>		
<p>Herramientas: Kit de herramientas, indicador de cuadrante</p>	<p>Materiales: Guaípe</p>	<p>Costo: \$9,39</p>
<p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Colocar la base magnética del dial en la cara del husillo. 3. Con la mesa en el centro de desplazamiento (eje X), coloque el indicador de cuadrante sobre la mesa 4. Leer en el giro del husillo, intervalo 180°, comprobando que el valor no excede el especificado (0.020 / 300mm). 		
<p>Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010</p>		
<p>Precauciones: Para ajustar el "banner" de la máquina, ajuste los pernos de anclaje situados en la parte central de la base de la máquina.</p>		

Cuadro 25. (Continuación)

Comprobar el paralelismo en el movimiento del eje Y		
Herramientas: Kit de herramientas, indicador de cuadrante	Materiales: Guaipe	Costo: \$9,39
<p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Colocar la base magnética del comparador en la cara del husillo 3. Con la mesa en la posición cero (eje Y), colocar el indicador de cuadrante en el extremo de la mesa 4. Realizar la lectura en el movimiento del eje Y verificando que la desviación encontrada no exceda la especificada (0.020 / total) 5. En el caso de que la lectura del movimiento exceda la especificada, comunicar a la persona encargada del taller 		
<p>Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010</p>		
<p>Precauciones:</p> <p>Para ajustar la rectitud entre la superficie de la mesa y el movimiento del eje Y o X, será necesario realizar un ajuste mecánico en la superficie de contacto de la mesa con el zapato guía lineal.</p> <p>Antes de comprobar la rectitud entre la superficie de la mesa y los movimientos de los ejes X e Y, asegúrese de que la máquina esté correctamente nivelada.</p>		
Comprobar el paralelismo en el movimiento del eje X		
Herramientas: Kit de herramientas, indicador de cuadrante	Materiales: Guaipe	Costo: \$9,39
<p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Colocar la base magnética del dial en la cara del husillo 3. Con la mesa en el centro de desplazamiento (eje X), colocar el indicador de cuadrante sobre la mesa 4. Realice la lectura en el movimiento del eje X comprobando que la desviación encontrada no excede la especificada (0.025 / total) 5. Comunicar a la persona encargada del taller en el caso de encontrar cualquier anomalía 		
<p>Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010</p>		
<p>Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010</p>		

Cuadro 25. (Continuación)

Precauciones : Para ajustar la rectitud entre la superficie de la mesa y el movimiento del eje Y o X, será necesario realizar un ajuste mecánico en la superficie de contacto de la mesa con el zapato guía lineal.		
Antes de comprobar la rectitud entre la superficie de la mesa y los movimientos de los ejes X e Y, asegúrese de que la máquina esté correctamente nivelada.		
Comprobar el paralelismo entre la ranura en T y el movimiento del eje X		
Herramientas: Kit de herramientas, indicador de cuadrante	Materiales: Guaípe	Costo: \$9,39
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Colocar la base magnética del comparador en la cara del husillo. 3. Con la mesa en el centro del recorrido (eje X), coloque el comparador que coincida con la cara de la ranura en T. 4. Realice la lectura en el movimiento del eje X comprobando que la desviación encontrada no excede la especificada (0.015 / 300mm). 5. Comunicar a la persona encargada del taller en el caso de encontrar cualquier anomalía 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones : Para ajustar el paralelismo entre la ranura de referencia de la mesa y el movimiento del eje X, es necesario aflojar los tornillos que sujetan la mesa a la zapata de guía lineal en el eje X y ajustar el paralelismo por el espacio de tornillo.		
El ajuste del paralelismo se realiza mediante un ajuste mecánico (gancho de afeitado)		
Comprobar la ortogonalidad entre la línea central del eje y la superficie de la mesa (Plano "Y" y "Z"),		
Herramientas: Kit de herramientas, indicador de cuadrante	Materiales: Guaípe	Costo: \$9,39
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Colocar la base magnética del comparador en la cara del husillo 3. Con la mesa en el centro del recorrido, colocar el cuadrado sobre la mesa 4. Colocar el indicador de cuadrante en el cuadrado 5. Efectuar la lectura en el movimiento del eje Z comprobando que la desviación encontrada no excede la especificada (0.015 / 300mm), 6. En el caso de que la lectura del movimiento exceda la especificada, comunicar a la persona encargada del taller 		

Cuadro 25. (Continuación)

Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones : NA		
Comprobar la ortogonalidad entre los planos "X" y "Y"		
Herramientas: Kit de herramientas, indicador de cuadrante	Materiales: Guaipe	Costo: \$9,39
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Colocar la base magnética del comparador en la cara del husillo. 3. Colocar el cuadrado en el centro de la mesa 4. Alinear el cuadrado en la dirección del eje Y, verificando la desviación máxima de 0.002mm. 5. Realizar la lectura en el movimiento del eje X comprobando que la desviación encontrada no exceda la especificada (0.015 / 300mm). 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones : Para ajustar el cuadrado de la máquina, es necesario aflojar los tornillos de fijación de la mesa inferior y moverlos hasta que el cuadrado esté dentro de la tolerancia especificada. El ajuste cuadrado de la máquina se realiza mediante ajuste mecánico (shave hook).		
Realizar la limpieza interna del panel eléctrico		
Herramientas: Kit de herramientas, brocha	Materiales: Guaipe	Costo: \$5,55
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar la cubierta del panel eléctrico 3. Limpiar la parte interna del panel eléctrico 4. Colocar nuevamente la cubierta del panel eléctrico 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Nunca permita que el panel se encienda sin el filtro de entrada de aire Compruebe que todas las piezas relacionadas con el conjunto del panel eléctrico estén correctamente colocadas y selladas		

Cuadro 25. (Continuación)

Comprobar el nivel de aceite en el depósito del cilindro expulsor de la herramienta		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, aceite (DIN 51502 HLP 68, recomendado: Gulf Harmony AW 68, Hydraulic AW 68)	Costo: \$3,90
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar la cubierta para tener acceso al depósito 3. Comprobar el nivel de aceite en el depósito 4. Añadir aceite (DIN 51502 HLP 68) en el caso de ser necesario 5. Colocar nuevamente la cubierta del depósito 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones: Evitar derramamientos y exceso de lubricante Tomar las medidas correctas para evitar la combustión de los líquidos inflamables		
Comprobar las condiciones de la correa del husillo, cambiar de ser necesario		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, correa	Costo: \$24,62
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar la placa que cubre el cartucho 3. Retirar la placa que cubre el motor del husillo 4. Inspeccionar la correa en busca de desgaste, grietas o daños 5. Si la correa parece gusano, sustituirla <p>PARA EL REEMPLAZO DE LA CORREA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar la brida y el conjunto flotante, quitando así el cilindro de la parte superior del cartucho 2. Retirar el soporte del conjunto de barra de tracción. El acceso a la correa debe estar libre 3. Aflojar los cuatro pernos de la brida del motor 4. Aflojar los tornillos de los dispositivos tensores de la correa del motor (la correa se aflojará) 5. Retirar la correa vieja 6. Instalar la nueva correa 7. Ajustar la tensión de la correa utilizando los dispositivos tensores 		

Cuadro 25. (Continuación)

Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010, calzado de seguridad ARMON bajo norma NTE INEN 1926		
Precauciones: Para una velocidad de 8000 rpm, ajustar la correa a una frecuencia de 50 a 55 Hz y para una velocidad de 1000 rpm, ajustar a una frecuencia de 55 a 65 Hz Comprobar la frecuencia utilizando el equipo TT3 optibelt		
Inspeccionar los husillos y los rodamientos de bolas, reemplazar de ser necesario		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, husillo de bolas	Costo: \$48,51
Procedimiento: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar las protecciones telescópicas para acceder a los cojinetes del tornillo de bolas 3. Retirar la extensión de tope 4. Retirar los pernos de fijación de la tuerca en el husillo de bolas, situado debajo de la mesa, accesible por el lado del motor 5. Mover manualmente la mesa hasta que la tuerca del tornillo de bolas salga del cojinete 6. Retirar los pernos y los pasadores cónicos del cojinete 7. Retirar el conjunto del husillo de bolas (con motor) por el lado derecho de la máquina. Observe que el cojinete izquierdo permanecerá en la máquina 8. Inspeccionar que los husillos y los rodamientos de bolas se encuentren en óptimas condiciones 9. Reemplazar los rodamientos de ser necesario <p style="margin-left: 20px;">PARA EL REEMPLAZO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Montar el nuevo husillo de bolas en el eje. No apriete los pernos del cojinete antes de colocar los pasadores 2. Instalar los tornillos de fijación de la tuerca en el tornillo de bolas 3. Montar la extensión de tope en el cojinete izquierdo 4. Montar la protección telescópica 5. Realizar restablecimiento cero del eje 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010, calzado de seguridad ARMON bajo norma NTE INEN 1926		
Precauciones: Asegurarse de que el ajuste sea el apropiado en el ensamble de los componentes Evitar exponer los componentes a un medio corrosivo durante el desmontaje		

Cuadro 25. (Continuación)

Reajustar el cableado en el panel eléctrico		
Herramientas: Kit de herramientas, brocha, multímetro	Materiales: Guaípe	Costo: \$10,59
<p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina 2. Retirar la cubierta del panel eléctrico 3. Verificar que el ajuste de las conexiones eléctricas sea el adecuado 4. De ser necesario reajustar el cableado, utilizando la herramienta adecuada 5. Verificar el estado de los conectores eléctricos 6. Reemplazar de ser necesario 7. Colocar nuevamente la cubierta del panel eléctrico 		
<p>Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010</p>		
<p>Precauciones: Evitar el contacto de elementos metálicos entre los conductores eléctricos para evitar un cortocircuito</p>		
Reemplazar las unidades de flujo en el sistema de lubricación		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, dosificadores del lubricante	Costo: \$35,04
<p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina y liberar la presión del acumulador 2. Retirar los pernos que sujetan el distribuidor de lubricante 3. Retirar los cinco dosificadores 4. Reemplazar los dosificadores 5. Conectar nuevamente al distribuidor de lubricante 6. Colocar los pernos del distribuidor 		
<p>Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010</p>		
<p>Precauciones: Asegurarse de que la conexiones queden adecuadamente selladas para evitar fugas</p>		

Cuadro 25. (Continuación)

Sustituir el filtro de línea y el filtro de succión en el sistema de lubricación		
Herramientas: Kit de herramientas	Materiales: Guaípe, filtro (Romi R38059 / LUBE 489010), filtro (ROMI R92135 / LUBE 109311)	Costo: \$53,46
<p>Procedimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la máquina <p align="center">PARA SUSTITUIR EL FILTRO DE SUCCIÓN</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Desmontar la bomba de lubricación 3. Retirar los tornillos que unen la bomba con el reservorio del lubricante 4. Retirar la bincha que bloquea el filtro de succión 5. Retirar el filtro 6. Sustituir el filtro (Romi R38059 / LUBE 489010) 7. Reensamblar <p align="center">PARA SUSTITUIR EL FILTRO LINEAL</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Desenroscar el filtro lineal que se está unido al distribuidor 3. Sustituir el filtro (ROMI R92135 / LUBE 109311) 		
Equipo de Protección Personal: Guantes de protección M905 bajo la norma UNE-EN 420:2014+A1:2010		
Precauciones:	Asegurarse de que la conexiones queden adecuadamente selladas para evitar fugas	

Fuente: Autores.

4.8 Plan anual de mantenimiento programado de equipos y máquinas

El desarrollo del plan anual de mantenimiento programado se lo consigue a través de la información de la tarjeta de mantenimiento, pues esta contiene las actividades de cada equipo y con la periodicidad que las mismas deben ser efectuadas. El plan de mantenimiento programado no es más que establecer fechas para que se dé cumplimiento a cada una de ellas.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el responsable de mantenimiento debe asegurarse de que se cumpla con el programa sea que exista o no algún síntoma de avería, puesto a que el cronograma de actividades que el plan de mantenimiento establece son hechos mediante información técnica de la maquinaria, con el fin de adelantarse a las averías y evitar que daños más grandes puedan darse a lugar, de ahí el calificativo de “preventivo” (Ver 2.7)

Un plan de mantenimiento programado eficaz, debe tener la particularidad de ser flexible, es decir que pueda sujetarse a cambios sin perder efectividad en lo que propone. La explicación de este aspecto viene del punto de vista de diferenciar la teoría de la realidad. Teóricamente, la maquinaria será sujeta a un funcionamiento de equis horas diarias continuamente, en los que al cumplir cierto tiempo de funcionamiento debe darse ejecución de una actividad de mantenimiento, la cual llegará siempre a tiempo sin dificultad alguna.

La realidad es que no todos los días del año se trabaja en igual medida, bien puede haber semanas o incluso meses que una máquina se pueda encontrar fuera de servicio y cumplir un cronograma fijo a pesar de que por algún percance la maquinaria no haya sido utilizada, puede no ser lo adecuado desde un punto de vista económico.

Otra realidad es en cuanto a la ejecución de las actividades. Existen infinidad de motivos que puedan hacer que una tarea programada no se lleve a cabo, lo cual descuadraría todo el cronograma de un plan de mantenimiento programado en caso de no ser flexible. Es por esta razón que se considera tener una mayor eficacia al disponer de programas que puedan sufrir alteraciones sin perder efectividad en lo que proponen.

Siendo el objetivo de este proyecto entregar al taller de CAD-CAM un plan de mantenimiento programado que cumpla con la característica de ser flexible, y sea capaz de adaptarse a la realidad del taller, se ha desarrollado el plan de mantenimiento programado mediante el diseño de un software capaz de reprogramar automáticamente todo el cronograma de actividades, en caso de que el taller por cualquier motivo no haya cumplido a cabalidad con las tareas que ya están fijadas en el plan, o en su defecto que no hayan sido cumplidas deliberadamente por alguna opinión técnica, que determine que alguna actividad de mantenimiento no amerite llevarse a cabo.

Con esto se consigue que en todo momento el taller cuente con la propuesta de un plan de mantenimiento programado ajustado a su realidad, siendo siempre eficaz y funcional, y no haya situación, inconveniente o dificultad que pueda hacer que el plan de mantenimiento propuesto como producto de este proyecto pueda ser invalidado.

A su vez se le ha adicionado al software la funcionalidad de llevar un registro de cumplimiento de actividades, historial que será una herramienta de gran ayuda para llevar un control del mantenimiento en el taller.

4.8.1 Diseño de un software de planificación programada del mantenimiento. El diseño del software parte de la utilización de Microsoft Excel, mediante su opción de programación del editor de Visual Basic (Ver 2.25). A continuación, se explica el funcionamiento del software.

La portada de apertura se muestra en la Figura 23. La cual muestra un saludo de inicio, solo basta con cerrar la ventana, para dar inicio al programa.

Figura 23. Portada del software de mantenimiento



Fuente: Autores.

Una vez se haya accedido al programa se puede ver una interfaz de interacción, mostrado en la Figura 24. La interfaz está compuesta por tres cuadros combinados para la selección de la fecha, un cuadro combinado para selección de la máquina, cuatro selectores de casilla y siete botones.

Figura 24. Interfaz de interacción



Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la Figura 25. En el cuadro combinado de selección del año, se tiene la opción de escoger entre el año 2015 hasta el 2028, esto quiere decir que el software está diseñado para programar un calendario de actividades de 14 años a partir del 2015.

Figura 25. Cuadro combinado correspondiente al año



Fuente: Autores.

En el cuadro combinado correspondiente a la selección de máquina, se tiene a disposición, los 13 equipos bajo el plan de mantenimiento. Como se presenta en la Figura 26.

Figura 26. Cuadro combinado correspondiente a las máquinas

PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO:

FECHA ESTABLECIDA: **DÍA** 11 **MES** Enero **AÑO** 2015

MÁQUINA: CMV Bridgeport

MOSTRAR PLAN ANUAL

Equipo Parte Actividad Frecuencia

MOS

CNC Torno
Romi D600
Romi D620
Troqueladora
Electroerosionadora
C Schulz
C Energair
C Campbell
Cortadora Sensitiva
Soldadora
Taladro de Columna
Esmeril

INGRESAR CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD

ASESORÍA TÉCNICA

Plano de ubicación Ficha técnica

Procedimientos de las actividades Hoja de lubricación

Fuente: Autores.

En la Figura 27. Se puede apreciar, la acción que efectúa el software en el momento de dar click en el primer botón “Mostrar plan anual”. Hace el llamado del plan anual de mantenimiento programado para visualización del usuario. El plan que el software muestre, dependerá de las opciones seleccionadas en los cuadros combinados, pues mediante estos se permite la visualización de los planes anuales de las 13 máquinas, para los 14 años, es decir que posee una base de datos almacenada de 182 planes anuales.

Figura 27. Botón (Mostrar plan anual)

PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO:

FECHA ESTABLECIDA: **DÍA** 11 **MES** Enero **AÑO** 2015

MÁQUINA: CMV Bridgeport

MOSTRAR PLAN ANUAL

Equipo Parte Actividad Frecuencia

MOSTRAR HISTORIAL

INGRESAR CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD **ESTABLECER PUNTO DE PARTIDA**

ASESORÍA TÉCNICA:

Plano de ubicación Ficha técnica

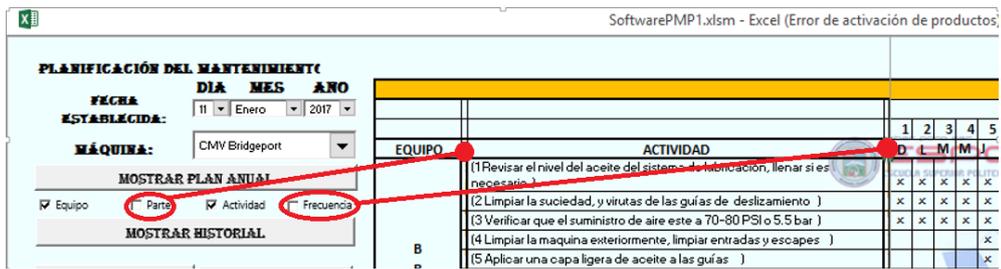
Procedimientos de las actividades Hoja de lubricación

				ENERO																				
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
				J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
B R I D G E P O R T	Equipo	Sistema de Lubricación	(1) Revisar el nivel del aceite del sistema de lubricación, llenar si es necesario.	Diario	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Equipo	Guías de deslizamiento	(2) Limpiar la suciedad, y virutas de las guías de deslizamiento.	Diario	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Equipo	Compresor	(3) Verificar que el suministro de aire este a 70-80 PSI o 5.5 bar.	Diario	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Equipo	Máquina	(4) Limpiar la máquina extensamente, limpiar entradas y escapes.	Semanal																				
	Equipo	Rieles de partes móviles	(5) Aplicar una capsulera de aceite a las guías.	Semanal																				
	Equipo	Sistema de Refrigeración	(6) Revisar el nivel del refrigerante.	Semanal																				
	Equipo	Filtro de aire	(7) Revisar el filtro de aire, cambiar si es necesario.	Semanal																				
	Equipo	Depósito del lubricante	(8) Revisar el nivel de lubricante neumático.	Mensual																				
	Equipo	Motor	(9) Inspeccionar y limpiar el motor del husillo.	Mensual																				
	Equipo	Cabina de control	(10) Limpiar dentro de la cabina de control.	Mensual																				
	Equipo	Guardas entre carros	(11) Limpiar y aplicar aceite en las guardas entre el carro transversal y vertical.	Mensual																				
	Equipo	Motor	(12) Comprobar desgaste de la correa de transmisión del husillo.	2 Meses																				
	Equipo	Cambiador de herramientas	(13) Engrasar el brazo cambiador de herramientas.	3 Meses																				
	Equipo	Recipiente del filtro neumático	(14) Drenar y limpiar el recipiente del filtro neumático.	Anual																				
	Equipo	Sistema de Lubricación	(15) Limpiar el filtro de la bomba del sistema de lubricación.	Anual																				
	Equipo	Guías de deslizamiento	(16) Comprobar el estado de las guías de deslizamiento.	Anual																				
	Equipo	Conductores Eléctricos	(17) Comprobar los conectores eléctricos e inspeccionar las condiciones de aislamiento.	Anual																				

Fuente: Autores.

En cuanto a lo que respecta al funcionamiento de los cuadros selectores, permiten mostrar u ocultar columnas referentes a detalles del plan, opción que facilita la navegación del usuario por el calendario de cada año.

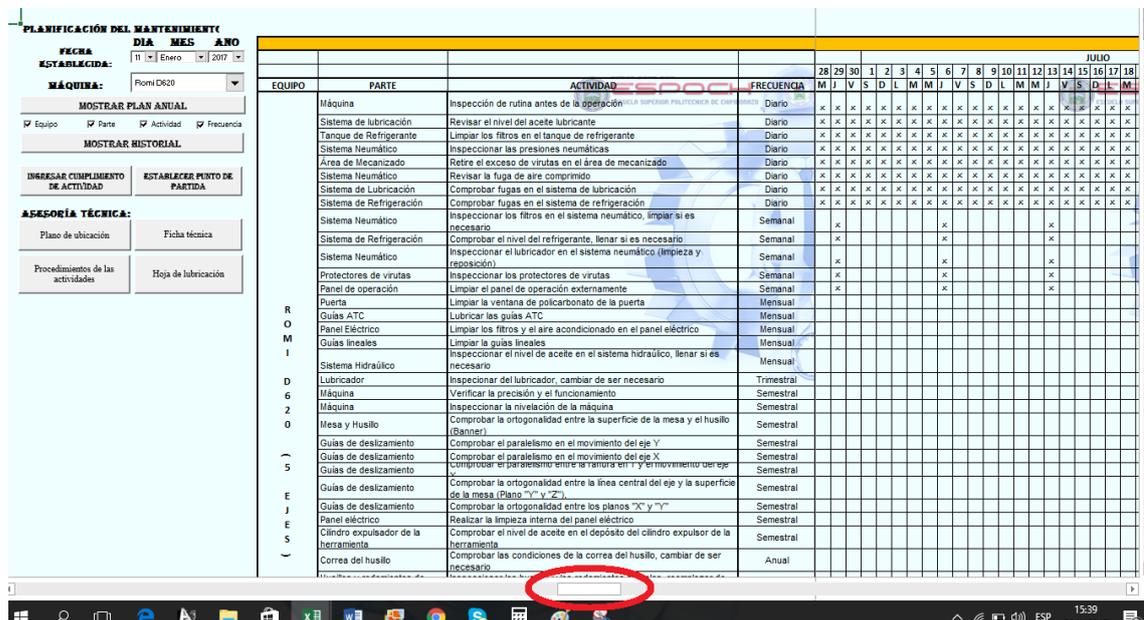
Figura 28. Cuadros selectores



Fuente: Autores

Los paneles de visualización de cada plan anual están compuestos por un panel fijo, en el que se muestra la interfaz de interacción, datos del equipo, parte, actividad y frecuencia y un panel móvil donde se muestra la programación del plan anual. Mediante la barra de desplazamiento inferior es posible la navegación, sin embargo el panel fijo, será siempre visible para facilitar la identificación de las marcas del calendario con las actividades que se relacionan.

Figura 29. Barra de desplazamiento



Fuente: Autores.

El tercer botón de la interfaz de interacción “Ingresar cumplimiento de actividad”, permitirá registrar una actividad cumplida mediante un formulario, Figura 31. Sin embargo antes de acceder al formulario, se abrirá una ventana solicitando clave de autorización para evitar que personas no autorizadas ingresen datos al sistema. Figura 30.

Figura 30. Ventana (solicitud de clave de acceso)

The image shows a software window titled "PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO:". It features several sections: "FECHA ESTABLECIDA:" with dropdowns for "DÍA" (11), "MES" (Enero), and "AÑO" (2017); "MÁQUINA:" with a dropdown menu showing "Romi D620"; "MOSTRAR PLAN ANUAL" and "MOSTRAR HISTORIAL" buttons; a row of checkboxes for "Equipo", "Parte", "Actividad", and "Frecuencia"; "INGRESAR CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD" and "ESTABLECER PUNTO DE PARTIDA" buttons; and an "ASESORÍA TÉCNICA:" section with buttons for "Plano de ubicación", "Ficha técnica", "Procedimientos de las actividades", and "Hoja de lubricación". A "SEGURIDAD" dialog box titled "CLAVE DE AUTORIZACIÓN" is overlaid, containing a masked password field and "INGRESAR" and "CANCELAR" buttons. The background includes the ESPOCH logo and a 3D character holding a wrench.

Fuente: Autores.

Figura 31. Formulario de cumplimiento de actividad

The image shows a "UserForm1" window titled "INGRESAR CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD". It contains: "Fecha de la actividad cumplida:" with "Día", "Mes", and "Año" dropdowns; "Responsable de la actividad cumplida:" with a text input field; "Seleccionar Máquina:" with a list box containing "Bridgeport", "Torno CNC", "Romi D600", "Romi D620", "Troqueladora", and "Electroeros"; "Actividad Cumplida:" with a dropdown menu; "Observaciones de la actividad:" with a text area containing "Sin Observaciones"; and three buttons at the bottom: "INGRESAR REGISTRO DE ACTIVIDAD CUMPLIDA", "Deshacer última actividad", and "Finalizar".

Fuente: Autores.

Mediante los tres primeros cuadros combinados es posible especificar la fecha de cumplimiento de la actividad. Seguido se aprecia un cuadro de texto en el que se ingresará el nombre del responsable, y posteriormente se puede apreciar un cuadro de multiventanas en donde se selecciona la máquina en la cual se desea ingresar el registro de actividad cumplida. Dependiendo de la máquina aquí seleccionada, se mostrará un cuadro combinado que contendrá las actividades de dicha máquina.

Figura 32. Registro de actividades según máquina

Selección de Máquina:

Bridgeport | Torno CNC | Romi D600 | Romi D620 | Troqueladora | Electroeros

Actividad Cumplida:

(6 Revisar el nivel del refrigerante)
(7 Revisar el filtro de aire, cambiar si es necesario)
(8 Revisar el nivel de lubricante neumático)
(9 Inspeccionar y limpiar el motor del husillo)
(10 Limpiar dentro de la cabina de control)
(11 Limpiar y aplicar aceite en las guardas entre el carro transversal y vertical)
(12 Comprobar desgaste de la correa de transmisión del husillo)
(13 Engrasar el brazo cambiador de herramientas)

INGRESAR REGISTRO DE ACTIVIDAD CUMPLIDA

Deshacer última actividad Finalizar

Fuente: Autores.

A continuación, se dispone de un cuadro de texto para ingresar observaciones de la actividad cumplida en el caso de requerirlo, caso contrario se lo puede dejar con su texto por defecto (Sin Observaciones), tal como se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Cuadro de observaciones

Bridgeport | Torno CNC | Romi D600 | Romi D620 | Troqueladora | Electroeros

Actividad Cumplida:

(10 Limpiar dentro de la cabina de control)

Observaciones de la actividad:

Sin Observaciones

Fuente: Autores.

Una vez completados todos los datos del formulario, se puede dar click en el botón “INGRESAR REGISTRO DE ACTIVIDAD CUMPLIDA”, En ese momento el software procederá a mostrar en la parte posterior del formulario una tabla en la cual se encuentran todas las actividades ingresadas por el usuario, sin embargo, esta tabla no se puede modificar directamente dando click en sus casilleros, el software niega este acceso dado que la tabla es simplemente de visualización. Se ha convenido oportuno agregar esta condición, para que la única forma existente de ingresar una actividad sea mediante el formulario, evitando con esto que se realicen registros con información errónea.

Por este motivo el único método para borrar una actividad ingresada en el historial es mediante el botón “Deshacer última actividad”, el cual procederá a borrar de una en una las actividades registradas conforme se de click.

Finalmente, el último botón del formulario “Finalizar” nos permitirá cerrar el formulario y regresar a la interfaz de interacción inicial.

Figura 34. Funciones del formulario de ingreso de registros

Fecha:		Máquina	Actividad	Responsable	Observaciones	
Día	Mes					Año
7	Abril	2019	Bridgeport	(4 Limpiar la maquina exteriormente, limpiar entradas y escapes	Bryan G	Sin Observaciones
5	Abril	2016	Bridgeport	(7 Revisar el filtro de aire, cambiar si es necesario)	Bryan G	Sin Observaciones
2	Abril	2016	Bridgeport	(3 Verificar que el suministro de aire este a 70-80 PSI o 5.5 bar)	Bryan G	Sin Observaciones

INGRESAR CUMPLIMIENTO DE ACTIVIDAD

Fecha de la actividad cumplida: Día [7], Mes [Abril], Año [2019]

Responsable de la actividad cumplida: [Bryan G]

Seleccionar Máquina: [Bridgeport | Torno CNC | Romi D600 | Romi D620 | Troqueladora | Electroeros < | >]

Actividad Cumplida: []

Observaciones de la actividad: [Sin Observaciones]

INGRESAR REGISTRO DE ACTIVIDAD CUMPLIDA

[Deshacer última actividad] [Finalizar]

Fuente: Autores.

Terminado el proceso de ingresar al registro de datos el cumplimiento de una actividad, el programa procederá a ubicar dichas actividades en el plan anual correspondiente a la máquina y año que el usuario haya ingresado, esto se logra mediante el uso de simbología, que se indica en la Tabla 8.

Tabla 8. Simbología del software de mantenimiento

Símbolo	Significado
✘	Fecha programada para dar cumplimiento a una actividad
✓	Registro de actividad cumplida
☑	Registro de la última actividad cumplida para cada actividad

Fuente: Autores.

Después de ingresar en el plan anual el registro de las actividades cumplidas (✓, ☑) el programa procede a borrar las fechas programadas para cumplimiento de las mismas (✘), y posteriormente realiza una reprogramación completa de las fechas fijadas de la actividad, a partir del último registro de cumplimiento, como se aprecia en la Figura 35. Es decir que el plan anual es reprogramado automáticamente adaptándose a la información que este reciba por parte del usuario, reprogramación que el software realiza para los 14 años que se encuentra en su base de datos, es decir que si una actividad

El botón “Establecer punto de partida”, se ha configurado con la función de fijar todas las actividades de una máquina en específico, desde una fecha seleccionada mediante el formulario que se muestra en la Figura 37, Esta herramienta será de gran ayuda para los dos centros de mecanizado ROMI que aún no han entrado en funcionamiento, así se puede establecer la fecha en la que empiezan a operar y se reprogramará todo el plan anual sin la necesidad de fijar actividad por actividad. Realizar esta actividad, será registrada en el historial y requerirá clave de acceso.

Figura 37. Formulario para fijar punto de partida.

FIJAR FECHA DE PARTIDA

Esta acción reestablecerá la fecha de partida para la programación de TODAS las actividades de una máquina en específico, esta modificación será registrada en el historial de actividades.
ESTO PUEDE TARDAR UNOS MINUTOS

Fecha: Día Mes Año

Máquina:

Responsable:

Fuente: Autores.

En la sección de “Asesoría técnica” se tiene 4 botones que permiten visualizar información referente a la maquinaria o actividades de mantenimiento. El botón “Plano de ubicación” muestra el plano del taller de CAD-CAM con la codificación de cada máquina para su fácil identificación.

Figura 38. Botón “Plano de ubicación”

Número	Equipo	CÓDIGO TÉCNICO
1	Centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT	VMC1
2	Centro de mecanizado vertical ROMI D600	VMC2
3	Centro de mecanizado vertical ROMI D620	VMC3
4	Torno CNC TTMC	TG1
5	Troqueladora SMERAL	TR1
6	Electroerosionadora TOP EDM	EL1
7	Compresor SCHULZ	CO1
8	Compresor ENERGAR2	CO2
9	Compresor CAMPELL HAUSFELD	CO3
10	Cortadora Sensitiva DEWALT	CS1
11	Esmeril RONG LONG	ES1
12	Taladro vertical GENERAL GDM	TV1
13	Soldadora LICOLN ELECTRIC	SO1

Fuente: Autores.

Los siguientes tres botones muestran la ficha técnica, los procedimientos de las actividades de mantenimiento o la hoja de lubricación de la máquina que se encuentre seleccionada en el cuadro combinado “Máquina”. Es decir que el programa guarda dicha información para cada una de las trece máquinas y mediante estos botones de la sección “Asesoría técnica” y el cuadro combinado “Máquina” se puede acceder a ellos.

Figura 39. Botón “Ficha técnica”

REGRESAR	 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	RE-FM-TCC-VMC1
	TALLER DE CAD - CAM		VERSIÓN	1
REGISTRO DE EQUIPO			PÁGINA	1 de 1
DATOS GENERALES				
NOMBRE DEL EQUIPO	Centro de Mecanizado	AVANCES RÁPIDOS	32 - 32 - 20 m/min	
MARCA	Bridgeport	RECORRIDO EJE X - Y - Z	800 - 510 - 500 mm	
MODELO	VMC 800/22	TAMAÑO DE LA MESA	1000 x 490 mm	
SERIE	NA			
CÓDIGO DE CONTROL DE BIENES	SN			
AÑO DE FABRICACIÓN	1995			
FABRICANTE				
ORIGEN	EEUU			
DIRECCIÓN				
POTENCIA DEL MOTOR DEL HUSILLO	14,75 HP			
PESO	3500 kg			
VELOCIDAD HUSILLO	40 - 6000 RPM			
DIMENSIONES	2830 x 2160 x 2600 mm			
CARGA MÁXIMA ADMISIBLE	750 KG			
DATOS ADICIONALES				
UNIDAD DE CONTROL	DX 32	ALMACÉN DE HERRAMIENTAS	22 estaciones	
DISTANCIA DEL CENTRO DEL CONO DEL HUSILLO	500 mm	DISTANCIA NARIZ DEL HUSILLO A	120 - 620 mm	
MÁXIMA DIMENSIÓN DE LA CONO DEL HUSILLO	130 x 250 mm	PESO MÁXIMO DE LA HERRAMIENTA	6 Kg	
REPUESTOS				

Fuente: Autores.

Figura 40. Botón “Procedimientos de las actividades”

REGRESAR	 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	PM-FM-TCC-VMC1
	TALLER DE CAD - CAM		VERSIÓN	2017
PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO			PÁGINA	1 de 1
EQUIPO	Centro de Mecanizado Vertical 3 ejes	MARCA	Bridgeport	
MODELO	VMC 800/22	SERIE	NA	
RESPONSABLE	Tec. Mesias Heriberto Freire	CÓDIGO DE CONTROL DE BIENES		
INFORMACIÓN	Manuales		Repuestos	
	SI	NO	SI	NO
	X		X	X
Revisar el nivel del aceite del sistema de lubricación, llenar si es necesario				
Herramientas:	NA	Materiales: Gualpe, aceite móvil Baltra N° 2 o equivalentes	Costo: \$1,83	
Procedimiento:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apagar la alimentación del husillo, mediante el interruptor situado en la base del nivel de aceite 2. Limpiar el indicador del nivel de aceite, para una mejor apreciación 3. Revisar que el nivel del aceite se encuentre entre los límites marcados 4. Si el nivel de aceite se encuentra por debajo del límite inferior, rellenar con aceite móvil Baltra N° 02 o equivalentes (Gulfway 68, Sunco Way Lubricante 1180, Way Lubricante 68 - Texaco, Tonna 68 - Shell) 				
Equipo de Protección Personal: NA				
Precauciones : Evitar derramamientos y exceso de lubricante Tomar las medidas correctas para evitar la combustión de los líquidos inflamables				

Fuente: Autores.

Figura 41. Botón “Hoja de lubricación”

REGRESAR				ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	CÓDIGO	HL-FM-TCC-TD1
				TALLER DE CAD - CAM	VERSION	2017
				HOJA DE LUBRICACIÓN	PÁGINA	1 de 1
EQUIPO	CNC Torno	MARCA	TTCM			
MODELO	CLK6140D 2	SERIE	KCI105177			
 						
LUBRICANTE	EQUIVALENTE	LOCALIZACIÓN	CANTIDAD	FRECUENCIA		
Acete mobil DTE 20	RANDO OIL HD 32, TELLUS 32	Bomba de lubricación	2 lt	2000 horas		
Acete mobil DTE 26	TEXACO RANDO OIL HD-68	Portaherramientas	100 cm ³	1000 horas		

Fuente: Autores.

Finalmente una última característica del software que cabe destacar es que ni el plan anual o el historial que posee, son modificables si no es mediante el formulario de registro de actividad, todas las celdas están protegidas contra escritura, para evitar que datos con información errónea sean ingresados, y peor aún que estos puedan causar conflicto en el funcionamiento del programa, garantizando con esto su protección contra el mal uso.

Figura 42. Protección contra escritura

PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO										
FECHA	DÍA	MESES	AÑO	Dis	Mon	Tue	Miércoles	Actividad	Responsable	Observaciones
5	Febrero	2016	CNC Torno	(2) Revisar el nivel del refrigerante						Sin Observaciones
5	Febrero	2016	Bridgeport							Sin Observaciones
5	Febrero	2016	Bridgeport							Sin Observaciones
5	Febrero	2016	Bridgeport	(2) Limpiar la suciedad, y virutas de las guías de deslizamiento						Sin Observaciones
5	Febrero	2016	Bridgeport	(3) Verificar que el suministro de aire este a 70-80 PSI o 3.5 bar						Sin Observaciones
5	Febrero	2016	Bridgeport							Sin Observaciones

Microsoft Excel

La celda o el gráfico que intenta modificar están en una hoja protegida.

Para hacer cambios, haga clic en Desproteger hoja de la pestaña Revisar (puede que se pida una contraseña).

Fuente: Autores.

4.9 Hoja de Lubricación

Este documento contiene el detalle de los lubricantes requeridos para cada máquina, en conjunto con un equivalente directo que a pesar de tener un diferente nombre en el mercado, cumple con la misma normativa que el especificado por el fabricante. También indica mediante un gráfico el lugar por el cual deberá ingresarse el lubricante, la cantidad requerida y la frecuencia de cambio del mismo.

A continuación se presenta la hoja de lubricación correspondiente al centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT. Las hojas de lubricación del resto de la maquinaria se detallan en el ANEXO 3.

Cuadro 26. Hoja de Lubricación del centro de mecanizado vertical BRIDGEPORT

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	HL-FM-TCC-VMC1
	TALLER DE CAD - CAM		VERSIÓN	2017
	HOJA DE LUBRICACIÓN		PÁGINA	1 de 1
EQUIPO	Centro de Mecanizado Vertical 3 ejes	MARCA	Bridgeport	
MODELO	VMC 800/22	SERIE	NA	
				
LUBRICANTE	EQUIVALENTE	LOCALIZACIÓN	CANTIDAD	FRECUENCIA
Aceite móvil vactra N° 2	Way Lubricant 68, Tonna 68	Sistema de Lubricación	3 lt	1000 horas
Aceite mobil DTE 24	RANDO OIL HD 32, TELLUS 32	Filtro Neumático	500 cm ³	1000 horas
Grasa Industrial E-P2	Alvania EP 2, Litio EP 2	Cambiador de Herramientas	500 cm ³	500 horas

Fuente: Autores

4.11 Orden de trabajo

La ejecución de una actividad en conformidad con los procedimientos de mantenimiento, inicia con la emisión de la orden de trabajo (Ver 2.22.2), por tanto disponer de un formato para la elaboración de este documento, es absolutamente necesario.

En el Cuadro 28. Se muestran todos los campos que la mencionada orden debe contener, los cuales deben ser llenadas por el responsable de mantenimiento. A su vez la orden debe ser aprobada por las autoridades inmediatas superiores que en el mismo formato se detallan.

4.12 Solicitud de materiales y herramientas

Otro documento importante en la elaboración de los procedimientos de mantenimiento es la solicitud de materiales y herramientas, la cual debe ser elaborada en conjunto con la orden de trabajo, en ella se solicita a bodega la entrega de materiales y herramientas necesarios para dar cumplimiento a una actividad (Ver 2.22.3)

Es por este motivo que a continuación en el Cuadro 29. Se detalla el formato del documento que el taller de CAD-CAM deberá disponer para cumplir con esta fase de los procedimientos de mantenimiento.

4.13 Solicitud de servicios externos

En el caso de determinar que una actividad no pueda ser realizada por el técnico de mantenimiento por la dificultad que esta represente o porque no se disponga de las herramientas necesarias, se deberá la contratación de servicio externo mediante la solicitud presentada en el Cuadro 30.

4.14 Hoja de inspección

Para el cumplimiento de las actividades de inspección se ha elaborado el formato del Cuadro 31. Que contiene aspectos a evaluar en cuanto a posibles deficiencias encontradas en la máquina o equipo.

Cuadro 28. Formato de la orden de trabajo

 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO					
TALLER DE CAD - CAM				Código:	
ORDEN DE TRABAJO				OT-FM-TCC	
Orden de Trabajo N°				Fecha de Inicio	
Actividad				Fecha de Finalización	
PRIORIDAD	Normal		Importante		Urgente
REFERENCIAS					
EQUIPO		CÓDIGO		PARTE PRINCIPAL	
SOLICITADA POR			EJECUTADA POR		
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD					
DATOS ADICIONALES					
MATERIALES	CANT.	REPUESTOS	CANT.	HERRAMIENTAS	CANT.
PERSONAL REQUERIDO					
Eléctrico		Electrónico		Mecánico	
MEDIDAS DE SEGURIDAD				OBSERVACIONES	
EMITE		APRUEBA		CIERRA	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		JEFE DE MANTENIMIENTO		DECANO DE LA FACULTAD	

Fuente: Autores

Cuadro 30. Solicitud de servicio externo de mantenimiento

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		
	TALLER DE CAD - CAM	CÓDIGO: SS-FM-TCC	
	SOLICITUD DE SERVICIO EXTERNO DE MANTENIMIENTO		
Solicitud N°		Fecha de la solicitud	
Nombre del Equipo		Código del Equipo	
Solicitante		Empresa Recomendada	
Costo Proforma		Caducidad Proforma	
PRIORIDAD	Normal	Importante	Urgente
Fecha de Inicio deseada			
Fecha de entrega deseada			
SERVICIO SOLICITADO			
PARTE PRINCIPAL	SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	
OBSERVACIONES GENERALES			
SOLICITA		APRUEBA	
Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:	
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO		DECANO	

Fuente: Autores.

Cuadro 31. Hoja de inspección

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		CÓDIGO	HI-FM-TCC
	TALLER DE CAD - CAM		VERSIÓN	
	HOJA DE INSPECCIÓN		FECHA	
Inspección N°		Código del equipo		
Nombre del equipo				
Personal Ejecutador				
Ubicación				
LISTA DE INSPECCIÓN				
PUNTO DE INSPECCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES	
Limpieza general de la máquina				
Limpieza de la mesa de trabajo				
Lubricación General				
Depósito de aceite refrigerante a nivel adecuado				
Depósito de aceite lubricante a nivel adecuado				
Control automático en condiciones operables				
Husillo lubricado				
Portaherramientas en condiciones operables				
Llaves en condiciones operables				
Cables sueltos o desgarrados				
Paro de emergencia funciona				
Cortador de corriente funciona				
Vibraciones excesivas				
Sonidos extraños en algún mecanismo de la máquina				
Ajuste de bandas				
Ajuste de correas				
Filtros en buen estado				
Presiones neumáticas adecuadas				
Observaciones:				
EJECUTOR			ENCARGADO DEL TALLER	

Fuente: Autores.

4.15 Manual de procedimientos de mantenimiento

Una vez establecidos todos los procedimientos y diseñados los formatos de la documentación asociados a estos, se ha elaborado un manual que recopila esta información. Este manual será entregado a la institución como parte de la implementación establecida como tema del presente proyecto. Manual que se puede apreciar en el ANEXO 2.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

El taller de CAD-CAM no cuenta con un plan de mantenimiento debido a que recientemente se encuentra en proceso de implementación y de continuar con el actual sistema de gestión, el tiempo de vida útil de la maquinaria será acortado significativamente, repercutiendo en elevadas pérdidas económicas para la institución, considerando el alto precio de adquisición de la maquinaria del taller.

A través de la evaluación técnica realizada a la maquinaria del taller de CAD-CAM se determinó que a pesar de que no todas se encuentran en las mejores condiciones, están en la capacidad de prestar el servicio para el cual están designadas, encontrándose en un estado general “Regular” según los resultados obtenidos del método de valoración.

Haber realizado la descripción de las operaciones necesarias para dar cumplimiento a las actividades, es de gran aporte para un desarrollo eficaz y seguro de las mismas, pues se establecen procedimientos adecuados, al detallar el equipo de protección y precauciones a considerar en la ejecución de cada tarea.

La especificación de recursos necesarios para la ejecución de las actividades propuestas hace posible la planificación de un presupuesto para mantenimiento, puesto que las actividades establecidas por el presente proyecto, contienen el detalle de los costos por actividad.

La implementación de herramientas informáticas agiliza significativamente el registro y control de las actividades de mantenimiento, pues permite el almacenamiento de información digital, con lo que facilita la clasificación y el acceso a la misma.

La disponibilidad de formatos fijos para los documentos asociados a los procedimientos de mantenimiento, permiten un mejor control de la información, al asegurarse que la misma será registrada adecuadamente.

5.2 Recomendaciones

Retirar el torno CNC Smart-Turn/285 y la rectificadora WOTAN, del taller de CAD-CAM puesto que no se encuentran en un estado funcional y la institución no tiene proyectos destinados a su rehabilitación.

Implementar un espacio adecuado para el almacenamiento de herramientas, equipo de protección personal y materiales requeridos para dar cumplimiento a las labores de mantenimiento.

Contratar un técnico de mantenimiento que esté encargado del cumplimiento de los procedimientos establecidos en el presente proyecto y el registro y control de los mismos.

Una vez se haya puesto en funcionamiento el plan generado por el presente proyecto y se hayan registrado suficientes actividades en un historial de reparaciones, realizar un análisis de fallos, con el fin de mejorar las actividades de mantenimiento establecidas.

BIBLIOGRAFÍA

BATISTA RODRÍGUEZ, Carlos. *Diagnóstico técnico de máquinas rotativas.* Cuba : Holguín, 2005, pp. 25-27

CENTRAL TERMOELÉCTRICA QUEVEDO II. Manual de diagnóstico motores Hyundai. Quevedo, Los Ríos, Ecuador : s.n., 28 de Julio de 2014, p 3.

ESPOCH. oldespoch. *CEDICOM.* [En línea] 17 de junio de 2014. [Consulta: 01 enero 2017]. Disponible en: http://oldwww.espoch.edu.ec/Descargas/facultadlab/CEDICOM_7bb32.pdf.

GARCIA SABATER, José Pedro. Manual de Visual Basic para Excel. [En línea] 2003. [Consulta: 05 enero 2017]. Disponible en: http://cesotolliccu.mdl2.com/pluginfile.php/3101/mod_resource/content/1/MANUAL%20VISUAL%20BASIC.pdf.

GARRIDO, Santiago. *Operación y Mantenimiento de Centrales de Ciclo Combinado .* Madrid : Ediciones Díaz de Santos, 2012, p 81.

GUAMÁN ZABALA, Mariela & MAYORGA VILLACÍS, Juan Pablo. Implementación de señalética y gestión de riesgos en el taller de CAD-CAM de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. (Tesis)(Ingeniería)[En línea].Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad deMecánica, Ingeniería Industrial (Riobamba, Ecuador). 2017, p 37. [Consulta: 01 enero 2017].

HOYOS VÁSQUEZ, Oscar. *El intervalo p-F según la guía RCM de NAVAIR 00-25-403.* México : Living Reability, 2011, p 10

INTEREMPRESAS.NET. Interempresas. *Interempresas.* [En línea] 17 de 06 de 2014. [Consulta: 01 enero 2017]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Centro-de-mecanizado-vertical-Romi-D-600-69348.html>.

ISO 9001 - 038. Procedimientos de mantenimiento de equipos y máquinas. 13 de Noviembre de 2003, p 331.

RENOVE TECNOLOGÍA S.L. RENOVETEC. [En línea] 2016. [Consulta: 01 enero 2017]. Disponible en: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>.

RODRÍGUEZ DORADO; et al. *Especificaciones técnicas en procesos de mecanizado por arranque de viruta*. México : IC Editorial, 2014, p 34.