

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

TÍTULO DEL PROYECTO:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ASISTIDO POR COMPUTADOR
PARA LA EMPRESA CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC S.A.
EN LA PLANTA ESTHELA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

SR. JERSON JAIR RIERA CHAVEZ

DIRECTOR: ING. OSWALDO MARIÑO

CODIRECTOR: ING. JUAN DÍAZ

Sangolquí, 2012-07-13

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ASISTIDO POR COMPUTADOR PARA LA EMPRESA CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC S.A., EN LA PLANTA ESTHELA” fue realizado en su totalidad por Jerson Jair Riera Chávez, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

**Ing. Oswaldo Mariño
DIRECTOR**

**Ing. Juan Díaz
CODIRECTOR**

Sangolquí, 2012-07-13

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL ASISTIDO POR COMPUTADOR
PARA LA EMPRESA CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC S.A.
EN LA PLANTA ESTHELA”**

ELABORADO POR:

Jerson Jair Riera Chávez

CARRERA DE INGENIRÍA MECÁNICA

Ing. Xavier Sánchez
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Sangolquí, 2012-07-13

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primordialmente a
Dios por darme la vida y la inteligencia
para cursar cada etapa de mi vida.

Dedico a todos los docentes de la carrera
de Ingeniería Mecánica que han
contribuido en mi formación profesional en
especial a: Ing. José Pérez, Ing. Adrián
Peña, Ing. Emilio Tumipamba, Ing.
Fernando Montenegro, Lic. Roberto
Buenaño, Físico Marcelo Arias y
principalmente a mi director y codirector
Ing. Oswaldo Mariño e Ing. Juan Díaz.

Jerson Riera

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a mi padre celestial Dios, quien me ha dado su bendición a través de todos los años de mi vida y me ha permitido culminar mi carrera.

Por la labor realizada desde el día en que nací, agradezco a mis padres Ramiro Riera y Rosalía Chávez, porque siempre me han dado lo necesario y lo mejor para mí.

Agradezco a mi hermano Mario que me ha brindado su ayuda en la realización de este proyecto.

A mi abuelita Rosita y a toda mi familia quienes siempre me dieron su apoyo durante todos mis estudios.

A mi esposita Karina por ser baluarte fundamental en el desarrollo de mi vida espiritual y profesional.

Un gran agradecimiento a la empresa KUBIEC, que me ha dado la oportunidad para desarrollarme profesionalmente en especial a: Ing. Henry Yandún, Ing. Reynaldo Pavlica, Ing. Javier López quienes me han llenado de consejos para escalar en mi vida profesional.

Jerson Riera

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO..... | ii |
| LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vi |
| INDICE DE TABLAS | x |
| INDICE DE CUADROS..... | x |
| INDICE DE FIGURAS..... | xii |
| INDICE DE ECUACIONES | xiv |
| RESUMEN | xv |
| CAPITULO 1 GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 3 |
| 1.3.1 GENERAL..... | 3 |
| 1.3.2 ESPECÍFICOS..... | 3 |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 4 |
| 1.4.1 VIABILIDAD TÉCNICA | 4 |
| 1.4.2 VIABILIDAD ECONÓMICA | 4 |
| 1.4.3 VIABILIDAD SOCIAL..... | 5 |
| 1.4.4 VIABILIDAD ECOLÓGICA..... | 5 |
| 1.4.5 VIABILIDAD DE SEGURIDAD..... | 5 |
| 1.5 ALCANCE..... | 5 |
| CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 INGENIERIA DE MANTENIMIENTO | 7 |
| 2.1.1 NIVELES DEL MANTENIMIENTO..... | 8 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2.1.2 | CATEGORIAS DEL MANTENIMIENTO | 9 |
| 2.1.3 | SISTEMAS DE MANTENIMIENTO..... | 16 |
| 2.1.4 | TEORIA DE ENVEJECIMIENTO DE LAS MÁQUINAS | 22 |
| 2.1.5 | TEORÍA DE FALLAS..... | 23 |
| 2.2 | PROCESOS DE MANUFACTURA | 26 |
| 2.2.1 | TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN..... | 26 |
| 2.2.2 | PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN | 28 |
| 2.2.3 | SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD | 28 |
| 2.3 | LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL MANTENIMIENTO..... | 28 |
| 2.3.1 | PROTECCIÓN DE LAS MÁQUINAS | 29 |
| 2.3.2 | LAS SALVAGUARDAS A LAS MÁQUINAS..... | 30 |
| 2.3.3 | FIABILIDAD DEL CONTROL..... | 30 |
| 2.3.4 | BOTONES DE ARRANQUE | 31 |
| 2.3.5 | COBERTURAS..... | 31 |
| 2.4 | FUNDAMENTOS DEL USO DE BASE DE DATOS | 31 |
| | CAPITULO 3 DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE | |
| | MANTENIMIENTO..... | 33 |
| 3.1 | LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO TÉCNICO | 33 |
| 3.2 | CATEGORIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE LAS MÁQUINAS | 40 |
| 3.3 | DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO | 46 |
| 3.4 | DETERMINACIÓN DE LAS PERIODICIDADES DE LAS ACCIONES DE | |
| | MANTENIMIENTO..... | 55 |
| 3.5 | DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL | |
| | MANTENIMIENTO..... | 64 |
| 3.6 | PLANEACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO | 68 |
| 3.7 | COLECCIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO | 69 |
| | CAPITULO 4 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE GESTIÓN DEL | |
| | MANTENIMIENTO..... | 81 |
| 4.1 | CONFIGURACION DEL SOFWARE | 81 |

| | | |
|---|---|------------|
| 4.2 | MÓDULO DE INFORMACIÓN DE ENTRADA | 84 |
| 4.2.1 | INGRESO DE INVENTARIO TÉCNICO | 85 |
| 4.2.2 | FUERZA DE TRABAJO | 87 |
| 4.2.3 | MATERIALES Y REPUESTOS..... | 87 |
| 4.2.4 | LUGAR DE TRABAJO..... | 88 |
| 4.2.5 | PROVEEDORES | 89 |
| 4.2.6 | REGISTRO DE TRABAJOS | 89 |
| 4.3 | MÓDULO DE TRANSACCIONES | 91 |
| 4.3.1 | ACCIONES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO | 91 |
| 4.3.2 | ACCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | 95 |
| 4.4 | MÓDULO DE INFORMACIÓN DE SALIDA..... | 95 |
| 4.4.1 | ÓRDENES DE TRABAJO..... | 95 |
| 4.4.2 | CONSUMO DE BODEGA..... | 96 |
| 4.4.3 | INFORME DE PAROS POR MÁQUINA | 96 |
| 4.4.4 | INFORME DE CONSUMO POR MÁQUINA | 97 |
| CAPITULO 5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN | | |
| | MANTENIMIENTO | 99 |
| 5.1 | PLANEAMIENTO Y GERENCIA DEL PROYECTO | 99 |
| 5.2 | INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA | 100 |
| 5.3 | ENTRENAMIENTO AL PERSONAL | 101 |
| 5.4 | VALIDACIÓN DEL PROYECTO..... | 102 |
| 5.5 | POSTIMPLEMENTACIÓN..... | 102 |
| CAPÍTULO 6 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO | | |
| 6.1 | ANÁLISIS ECONÓMICO | 105 |
| 6.1.1 | COSTOS DE LA FUERZA DE TRABAJO DIRECTA..... | 105 |
| 6.1.2 | COSTOS DE LOS MATERIALES Y REPUESTOS | 107 |
| 6.1.3 | COSTO POR AMORTIZACIÓN..... | 107 |
| 6.1.4 | COSTO DE NO DISPONIBILIDAD | 108 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6.1.5 | COSTOS AMBIENTALES..... | 109 |
| 6.1.6 | COSTOS TOTALES | 109 |
| 6.2 | ANALISIS FINANCIERO | 110 |
| 6.2.1 | PRESUPUESTO ANUAL DE MANTENIMIENTO..... | 110 |
| 6.2.2 | INDICADORES FINANCIEROS | 110 |
| 6.2.2.1 | Tasa interna de retorno TIR | 110 |
| 6.2.2.2 | Valor actual neto VAN..... | 112 |
| | CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 115 |
| 7.1 | CONCLUSIONES | 115 |
| 7.2 | RECOMENDACIONES | 116 |
| | ANEXO A..... | 118 |
| | ANEXO B..... | 119 |
| | ANEXO C..... | 120 |
| | ANEXO D..... | 121 |
| | ANEXO F | 123 |
| | ANEXO G..... | 124 |
| | ANEXO H..... | 125 |
| | REFERENCIAS | 126 |
| | BIBLIOGRÁFICAS:..... | 126 |
| | PAGINAS WEB:..... | 126 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 3. 1 Parámetros de evaluación y Ponderación..... | 40 |
|--|----|

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 2. 1 Niveles del mantenimiento | 8 |
| Cuadro 2. 2 Ejemplo de categorización de una máquina..... | 15 |
| Cuadro 3. 1 Combinex matrix para los parámetros de evaluación..... | 40 |
| Cuadro 3. 2 Evaluación Rollformer 1 | 41 |
| Cuadro 3. 3 Evaluación Rollformer 2 | 41 |
| Cuadro 3. 4 Evaluación Rollformer 3 | 41 |
| Cuadro 3. 5 Evaluación Rollformer 4 | 42 |
| Cuadro 3. 6 Evaluación Inyección PU..... | 42 |
| Cuadro 3. 7 Evaluación Montacargas | 42 |
| Cuadro 3. 8 Evaluación Dobladora | 43 |
| Cuadro 3. 9 Evaluación Plegadora..... | 43 |
| Cuadro 3. 10 Evaluación Cizalla RF-1 | 43 |
| Cuadro 3. 11 Evaluación Cizalla RF-2 | 44 |
| Cuadro 3. 12 Evaluación Premier | 44 |
| Cuadro 3. 13 Evaluación Kubiloc | 44 |
| Cuadro 3. 14 Evaluación Kubipared..... | 45 |
| Cuadro 3. 15 Evaluación Puente grúa 5ton | 45 |
| Cuadro 3. 16 Evaluación Puente grúa 10ton | 45 |
| Cuadro 3. 17 Evaluación Rociado PU..... | 46 |
| Cuadro 3. 18 Resultado de la categorización y diferenciación..... | 46 |
| Cuadro 3. 19 Ejemplo de tarea de mantenimiento..... | 47 |
| Cuadro 3. 20 Acciones de mantenimiento | 47 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 3. 21 Periodicidades de las acciones de mantenimiento | 56 |
| Cuadro 3. 22 Tiempo de realización de trabajos mecánicos..... | 64 |
| Cuadro 3. 23 Tiempo de realización de trabajos eléctricos..... | 67 |
| Cuadro 3. 24 Colección de datos del sistema de mantenimiento | 70 |
| | |
| Cuadro 5. 1 Acciones correctivas frecuentes | 101 |
| Cuadro 5. 2 Índices de disponibilidad | 102 |
| Cuadro 5. 3 Acciones correctivas recurrentes..... | 103 |
| | |
| Cuadro 6. 1 Amortización de equipos de mantenimiento..... | 108 |
| Cuadro 6. 2 Matriz de costos anuales..... | 109 |
| Cuadro 6. 3 Incremento de disponibilidad..... | 111 |
| Cuadro 6. 4 Flujo de caja mensual..... | 112 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. 1 Definición del Problema | 2 |
| Figura 1. 2 Definición del problema aplicado al proyecto..... | 3 |
| Figura 2. 1 Sostenibilidad del proyecto | 8 |
| Figura 2. 2 Relación ente costos preventivos y correctivos al variar la intensidad del mantenimiento preventivo | 10 |
| Figura 2. 3 Evolución de necesidades de la industria | 16 |
| Figura 2. 4 Relación fiabilidad/costo de fabricación de los artículos | 17 |
| Figura 2. 5 Rendimiento de la máquina vs. Horas de vida útil | 22 |
| Figura 3. 1 Esquema del inventario técnico | 34 |
| Figura 3. 2 Esquema de formado 1 | 35 |
| Figura 3. 3 Esquema de formado 2..... | 36 |
| Figura 3. 4 Esquema de formado 3..... | 36 |
| Figura 3. 5 Esquema de formado 4..... | 37 |
| Figura 3. 6 Esquema de doblado | 37 |
| Figura 3. 7 Esquema de Panformers | 38 |
| Figura 3. 8 Esquema de Inyección PU..... | 38 |
| Figura 3. 9 Esquema de Rociado PU..... | 39 |
| Figura 3. 10 Esquema de accesorios..... | 39 |
| Figura 3. 11 Esquema de plegado | 39 |
| Figura 3. 12 Esquema de Puentes grúa..... | 39 |
| Figura 3. 13 Horas de paro | 69 |
| Figura 4. 1 Configuración del Software | 81 |
| Figura 4. 2 Diagrama de correlación de la aplicación del software | 82 |
| Figura 4. 3 Diagrama de procesos de la orden de trabajo | 83 |
| Figura 4. 4 Ingreso al sistema | 84 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4. 5 Ventana principal | 84 |
| Figura 4. 6 Ingreso de secciones | 85 |
| Figura 4. 7 Ingreso de máquinas..... | 86 |
| Figura 4. 8 Ingreso de partes | 86 |
| Figura 4. 9 Ingreso de Operarios | 87 |
| Figura 4. 10 Ingreso de Materiales..... | 88 |
| Figura 4. 11 Ingreso de planta industrial | 88 |
| Figura 4. 12 Ingreso de proveedores | 89 |
| Figura 4. 13 Registro de trabajos | 90 |
| Figura 4. 14 Posición del cursor..... | 90 |
| Figura 4. 15 Material por defecto | 91 |
| Figura 4. 16 Acciones de mantenimiento correctivo..... | 91 |
| Figura 4. 17 Selección de tarea | 92 |
| Figura 4. 18 Selección de sección | 92 |
| Figura 4. 19 Selección de máquina..... | 92 |
| Figura 4. 20 Selección de parte | 93 |
| Figura 4. 21 Calificación..... | 94 |
| Figura 4. 22 Tiempo de trabajo | 94 |
| Figura 4. 23 Consumo de bodega..... | 96 |
| Figura 4. 24 Selección de máquina para emitir informe | 96 |
| Figura 4. 25 Informe paros por máquina | 97 |
| Figura 4. 26 Informe de consumo por máquina..... | 97 |
| | |
| Figura 5. 1 Etapas del mantenimiento preventivo | 99 |
| Figura 5. 2 Etapas del mantenimiento correctivo | 100 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|-----|
| Ecuación 3. 1 Tiempo anual de realización de una tarea..... | 64 |
| Ecuación 3. 2 Disponibilidad genérica | 68 |
| | |
| Ecuación 6. 1 Costo de la fuerza de trabajo directa..... | 105 |
| Ecuación 6. 2 Pérdida por hora..... | 109 |
| Ecuación 6. 3 Tasa interna de retorno | 110 |
| Ecuación 6. 4 Valor actual neto..... | 112 |

RESUMEN

Mediante este proyecto se realizó el diseño y la implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa Cubiertas del Ecuador KUBIEC S.A. en la planta ESTHELA.

La planta industrial ESTHELA no tiene un sistema de mantenimiento planeado, por lo que es indispensable la realización del presente proyecto.

Con el sistema de mantenimiento preventivo y correctivo se logró mejorar la productividad de la planta en un 20%, se disminuyó el tiempo de entrega de los productos de 5 a 3,5 días. Se estableció procedimientos para realizar las acciones de mantenimiento en las diversas maquinarias de la planta. Todo esto se consiguió con la cooperación del personal operario, quienes tienen mucho conocimiento sobre funcionamiento de las maquinarias.

El tiempo de realización de este proyecto fue de 2 años, este período de tiempo era necesario para evidenciar las diversas fallas de las máquinas y así poder establecer acciones preventivas de mantenimiento con sus periodicidades respectivas.

Las personas beneficiadas con este proyecto son todos los colaboradores que trabajan en la planta industrial ESTHELA.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Cubiertas del Ecuador KUBIEC S.A. inició sus actividades hace apenas diecisiete años. En este periodo ha logrado consolidarse como uno de los mejores y más grandes fabricantes de componentes de acero utilizados en la construcción y la metalmecánica, ahora con sus tres plantas ubicadas en Quito, Amaguaña y Guayaquil, es uno de los más completos procesadores de acero del país. Sus logros han excedido las expectativas al convertirse en la mayor exportadora de cubiertas metálicas y al ser pioneros en la fabricación industrial de vigas de acero soldadas.

Algunos de los productos que se procesan en la planta Esthela en Amaguaña, son:

Kubimil.- Techo convencional.

Kubilosa.- Placa colaborante para losas con diseño moderno y fácil de instalar.

Kubiteja.- Teja metálica.

Kubiloc.- Panel estructural para grandes luces.

Kubipared.- Panel para aplicación especializada de paredes.

Premier.- Panel estructural.

Todos estos productos se elaboran bajo un proceso llamado Rollforming, que se lo hace mediante rodillos metálicos que van perfilando la forma del panel a través de los diferentes pasos de conformado hasta lograr la geometría requerida del panel.

El diseño y la implementación del mantenimiento industrial preventivo y correctivo, es una de las bases para garantizar la disponibilidad y eficiencia de

las maquinarias de una planta industrial, esto influye directamente en la calidad y costos de los productos que allí se elaboran. La planta industrial “Esthela” está en funcionamiento desde el año 2008, por lo que es relativamente nueva y no dispone de un plan de mantenimiento estructurado adecuadamente, teniendo serios problemas con la productividad de la planta.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para resolver un problema no es suficiente con formularlo. Hay que llegar a una definición detallada y, para ello, es necesario realizar un análisis pormenorizado de una serie de aspectos fundamentales. Estos aspectos son:

- La entrada (o input), es decir el estado inicial I
- La salida (o output), es decir el estado final F
- Las restricciones R
- Los criterios C
- Las variables de solución
- El uso
- El tamaño del proyecto o volumen de producción.

Con esto se realiza un análisis a profundidad del problema como se indica en la figura 1.1.

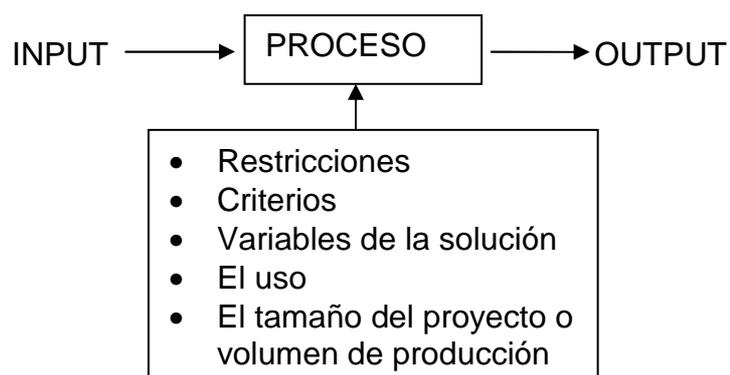


Figura 1. 1 Definición del Problema

El problema en el presente proyecto es que no existe un sistema de mantenimiento planeado mediante el cual se garantice la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.

En la figura 1.2 se puede observar desarrollado el esquema de definición del problema.

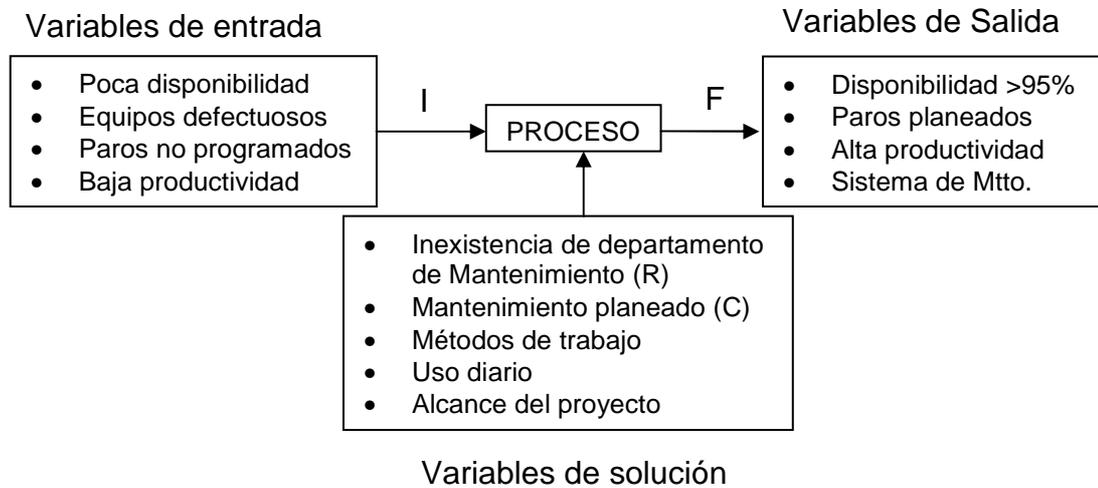


Figura 1. 2 Definición del problema aplicado al proyecto

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa Cubiertas del Ecuador KUBIEC S.A. en la planta ESTHELA, en Amaguaña.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- 1 Levantar un inventario técnico de todas las máquinas y sus respectivas partes.
- 2 Estructurar procedimientos de mantenimiento de los equipos y maquinaria de la planta industrial ESTHELA.
- 3 Diseñar y desarrollar una aplicación de un software para administrar el mantenimiento.
- 4 Capacitar al personal de operadores en las actividades de mantenimiento.

- 5 Realizar un mantenimiento correctivo de las maquinarias que lo requieran.
- 6 Implementar el mantenimiento planeado a todas las máquinas y equipos.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los beneficios ofrecidos por el presente proyecto pueden ser: laborales, productivos como financieros. Aplica en el ámbito laboral debido a que el mantenimiento y seguridad industrial van estrechamente ligados, ya que si se trabaja con una maquinaria en mal estado, es muy probable que haya riesgos de accidentes.

Para sustentar que el proyecto es viable se justificará los siguientes parámetros:

1.4.1 VIABILIDAD TÉCNICA

El proyecto es técnicamente viable ya que al implementar un sistema de mantenimiento planeado se obtendrá los siguientes resultados:

- Se alargará la vida útil de la maquinaria
- Disminución de los paros no programados
- Se disminuye desperdicios

1.4.2 VIABILIDAD ECONÓMICA

El proyecto es económicamente viable debido a las siguientes razones:

- Se reduce el costo de conversión para elaborar un producto.
- El costo de un software para el control del mantenimiento, es de \$6000 (seis mil dólares americanos) y hasta \$20000 (veinte mil dólares americanos) en la implementación del mismo.
- La planta industrial “Esthela” no dispone de un departamento de mantenimiento por lo que se contrata un ingeniero, el cual se encarga de revisar y reparar las maquinarias y equipos que existen en esta planta. Cada visita tiene un costo alrededor de \$900 (novecientos dólares

americanos). La visita se realiza como mínimo una vez por mes y los costos de reparación no están incluidos dentro de la misma.

1.4.3 VIABILIDAD SOCIAL

El proyecto es socialmente viable debido a que la empresa auspiciante está de acuerdo y tiene pleno conocimiento, dando la aprobación del desarrollo del mismo.

1.4.4 VIABILIDAD ECOLÓGICA

El proyecto es ecológicamente viable debido a que se acatará al plan de contingencia de la empresa auspiciante esto lo encaminará a realizar métodos de trabajo limpios.

1.4.5 VIABILIDAD DE SEGURIDAD

El proyecto es viable en el ámbito de seguridad industrial ya que se somete a la norma de seguridad internacional OSHAS (Occupational Health and Safety Management Systems, Sistemas de Gestión de Salud y Seguridad Laboral)

En resumen, la implementación del mantenimiento industrial preventivo y correctivo permitirá:

- Brindar la más alta disponibilidad de las maquinarias y equipos en cada una de las áreas de producción para garantizar la continuidad de los procesos realizados en esta planta.
- Mejorar la calidad y minimizar la generación de desechos y desperdicios.
- Optimizar los recursos de producción.
- Garantizar el alargamiento de la vida útil de las maquinarias y equipos.

El proyecto está dentro de la línea de investigación de la ESPE (Software Aplicado), y del Plan Nacional de desarrollo de la SEMPLADES.

1.5 ALCANCE

Aplicar un plan de Mantenimiento Industrial Planeado a todas las máquinas y equipos de la planta industrial “Esthela” a través de un software desarrollado en

una base de datos con el objeto de garantizar la disponibilidad de la maquinaria superior al 95% y que los productos se fabriquen con altos índices de productividad y calidad.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 INGENIERIA DE MANTENIMIENTO

La ingeniería de mantenimiento es la disciplina y profesión de la aplicación de los conceptos de ingeniería al mantenimiento para la optimización de los equipos, procedimientos y presupuestos. Que tiene por objetivo garantizar la fiabilidad y disponibilidad de los recursos de una organización mediante el mantenimiento mecánico y eléctrico.

La técnica de gestión de los equipos se llevan a cabo siguiendo un detallado cuestionario que, de acuerdo con los criterios de mantenimiento, da lugar a una valoración desglosada por capítulos, que contempla aspectos específicos de la maquinaria.

El estudio sistemático de la documentación así obtenida permitirá la estimación del nivel de conservación y deterioro, así como la incidencia que estos dos aspectos pueden tener sobre el riesgo y grado de protección existente. Por ese motivo, los programas de mantenimiento se deben considerar herramientas de gestión preventiva y predictiva, ya que limitan el riesgo de ocurrencia de accidentes y garantizan la seguridad de las personas y de las instalaciones.

Los objetivos fundamentales de todo tipo de mantenimiento:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Realizar detenciones o paros oportunos a las máquinas.
- Evitar accidentes que pueda resultar como efecto de un mantenimiento no adecuado.

- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

La justificación del presente proyecto se llevará a cabo bajo los lineamientos del siguiente esquema.

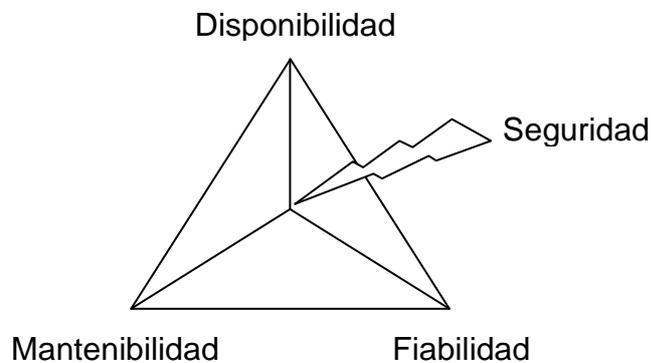


Figura 2. 1 Sostenibilidad del proyecto

2.1.1 NIVELES DEL MANTENIMIENTO

Los niveles de mantenimiento se clasifican por su situación geográfica en escalones, como se indica en el cuadro 2.1

Cuadro 2. 1 Niveles del mantenimiento

| NIVELES | | CATEGORÍAS | | | | Observaciones |
|---------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|-------|--------------------|
| Situación Geográfica | Alcance de las acciones | Predictivo | Preventivo | Correctivo | Otros | |
| Organizacional u Orgánica | I Escalón | | | | | Usuario u operador |
| | II Escalón | | | | | Técnico + Auxiliar |
| Intermedio o de Apoyo | III Escalón | | | | | Equipo de Mtto. |
| | IV Escalón | | | | | |
| Depósito o de Fábrica | V Escalón | | | | | Especialista |

2.1.2 CATEGORIAS DEL MANTENIMIENTO

Modernamente, la acción del mantenimiento sobre las máquinas tiene que poseer un nivel de intensidad racional. Por intensidad se puede entender la cantidad de operaciones que se planifican y la periodicidad con que se ejecutan. No es tarea fácil de determinar la intensidad que debe tener el mantenimiento programado sobre la máquina dada. Han existido tres líneas de trabajo para solucionar este asunto:

- I) La aceptación de las recomendaciones del fabricante para establecer las operaciones y sus periodicidades. Esta es la fórmula más fácil pero puede ser la más alejada de lo racional, toda vez que el fabricante no puede conocer las posibles condiciones de explotación de sus equipos y tiene que limitarse a recomendaciones para condiciones medias. En general estas sugerencias están en exceso con el objetivo de evitar problemas y conservar el prestigio, todo a costa de los costos del explotador.

Otro inconveniente consiste en que el fabricante en ocasiones no ofrece todas las gamas que pueden resultar necesarias para sistemas o partes de la máquina que son de su interés particular.

Algunas recomendaciones del fabricante son de obligatorio cumplimiento durante los períodos de garantía.

- II) Otra línea de trabajo es la búsqueda de puntos óptimos que detectan el nivel adecuado de la intensidad de mantenimiento. En la figura 2.2 se presenta el comportamiento de los costos del accionar preventivo y correctivo para diferentes niveles de intensidad del mantenimiento preventivo.

Resulta evidente que ante incrementos del accionar preventivo, se elevan sus costos pero disminuyen los causados por acciones correctivas. Existe cierto

valor de la abscisa para el cual totales son mínimos. Esta intensidad óptima (I_{opt}) es la que debe ser utilizada en este caso según esta línea de pensamiento.

Una dificultad de éste método radica en lo difícil de obtener la información necesaria. La deficiencia que posee es que trata por igual a todas las máquinas, no considerando sus particularidades en el proceso de producción.

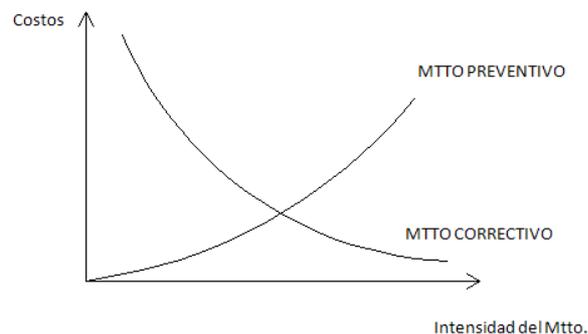


Figura 2. 2 Relación ente costos preventivos y correctivos al variar la intensidad del mantenimiento preventivo

III) Una línea de trabajo que se ha utilizado en los Estados Unidos y Europa desde hace algunos años consiste en la diferenciación y categorización de las máquinas para asignarle la atención necesaria de mantenimiento acorde con sus características. Para caracterizar a las máquinas se pueden emplear diversos parámetros, los cuales se señalan a continuación:

- 1) **Intercambiabilidad.**- Consiste en la posibilidad de ser sustituida la máquina por otros equipos.
 - A) Una máquina se denomina “A” si es irremplazable, o sea, su labor no puede realizarse por ningún otro equipo del taller.
 - B) Se caracteriza como “B” si es reemplazable su producción por una o dos máquinas de la sección.
 - C) Toma categoría “C” si su producción puede ser ejecutada por cualquier otra máquina del lugar.

- 2) **Nivel de utilización** – Se refiere a la forma en que la máquina toma parte en el proceso productivo.
- A) Son aquellas máquinas que participan en una línea de producción continua.
 - B) Asumen esta categoría las que ejecutan producciones seriadas, entre las cuales se pueden requerir modificaciones y ajustes a la máquina.
 - C) Las que participan poco en los procesos productivos trabajando en días alternos, etc.
- 3) **Régimen de Operación** – Este parámetro tiene en cuenta el tiempo y frecuencia que son utilizadas las máquinas durante las jornadas laborales. Esta reconocido como el parámetro de categorización más importante a la hora de tomar decisiones pues refleja la importancia productiva.
- A) Son categoría “A” las máquinas muy utilizadas, aquellas que necesitan del 90-100% de la jornada para realizar la producción exigida y realizarle el mantenimiento preventivo mínimo para que logre producir. Cualquier necesidad de mantenimiento correctivo afectaría la producción pues no hay huelgo libre.
 - B) Son menos utilizados y sólo necesitan de una parte de la jornada para complementar su producción. Existe en ellas un tiempo libre de parada que puede ser utilizado para el mantenimiento correctivo sin afectaciones al trabajo principal.
 - C) Son máquinas poco utilizadas durante la jornada diaria. Se utilizan en general para trabajos complementarios y de apoyo a la producción principal.
- 4) **Parámetro característico.**- Se refiere a un parámetro característico de la máquina que garantiza la cantidad y calidad de su producción. Por ejemplo, en máquinas herramientas la precisión del mecanizado; en un motor de potencia o el consumo energético; en un camión puede ser la capacidad de carga; etc.

- A) Las que poseen el valor más elevado del parámetro. Por ejemplo, para máquinas de precisión aquellas cuyas tolerancias están entre 0,01 – 0,05 mm.
 - B) Las de valor medio del parámetro. Por ejemplo, precisión con tolerancias entre 0,05 – 0,1 mm.
 - C) Las de bajo valor del parámetro. Por ejemplo, precisión con tolerancias mayores a 0,1 mm.
- 5) **Mantenibilidad.**- Es una de las propiedades del diseño de la máquina y corresponde con la facilidad para ejecutarle el mantenimiento, la accesibilidad a sus sistemas y elementos, etc., según sus características constructivas.
- A) Se categorizar en este grupo a máquinas de poca mantenibilidad, de difícil acceso a sus partes, es decir, equipos de alta complejidad.
 - B) Son de complejidad media, donde el acceso no es tan difícil a todos los sistemas.
 - C) Máquinas de poca complejidad y elevada mantenibilidad, donde el acceso es fácil a casi todos los sistemas.
- 6) **Conservabilidad.**- Es otra propiedad de la fiabilidad de la máquina que refleja la sensibilidad de su resistencia al medio ambiente que le rodea pero en este caso incluye los períodos del trabajo.
- A) Son categoría “A” aquellas máquinas que necesitan condiciones especiales de conservación y de trabajo, tales como acondicionamiento de aire, local cerrado, determinada iluminación, etc.
 - B) Son las máquinas que necesitan protección normal tales como techo, paredes, etc.
 - C) Se refiere a las que pueden ser sometidas a condiciones severas como alta humedad, temperatura, lluvia, etc.
- 7) **Grado de automatización.**- Este parámetro evalúa los grados de libertad de la máquina para trabajar sin la acción del hombre.

- A) Las máquinas automatizadas, con control numérico, robotizadas, computarizadas, las cuales prácticamente laboran “sin el hombre”.
 - B) Son equipos semiautomáticos porque algunas de sus funciones son automatizadas y en otras tiene que intervenir el hombre.
 - C) Son máquinas que operan mecánicamente en intercambio constante con el hombre.
- 8) **Valor de la máquina.**- Es el valor en el momento de ejecutar este análisis y tiene en cuenta la depreciación sufrida hasta el momento.
- A) Las máquinas de más alto valor se hallan en esta categoría.
 - B) Las de valor moderado.
 - C) Máquinas baratas.
- 9) **Facilidad de aprovisionamiento físico.**- Se refiere a la facilidad que exista para garantizar los suministros de piezas de repuesto y materiales para el mantenimiento y trabajo de la máquina.
- A) Se categorizan como “A” aquellas con dificultades serias en su aprovisionamiento.
 - B) Las que tienen asegurados el abastecimiento de algunos renglones.
 - C) Las que poseen grandes posibilidades con los suministros de repuestos y materiales.
- 10) **Seguridad operacional.**- consiste en evaluar la medida en que la máquina puede afectar al hombre.
- A) Son máquinas muy peligrosas.
 - B) Serán aquellas que su peligrosidad se reduce a una menor cantidad de hombres o a lesiones menos graves en caso de accidente.
 - C) Son poco peligrosas y no ofrecen inseguridad salvo al propio operario ante su incumplimiento de alguna reglamentación de la protección personal.

11) **Condiciones de explotación.**- Tiene en cuenta las condiciones que caracterizan el trabajo de la máquina, tales como ambientales, geográficas, sobrecargas, calidad de los operarios, regímenes intermitentes y variables de trabajo, etc.

- A) Son máquinas sometidas a severas condiciones de trabajo y que manipulan productos muy agresivos.
- B) Máquinas sometidas a condiciones normales para las cuales han sido concebidas.
- C) Serán las que operan en condiciones más bien favorables en todos los órdenes.

12) **Afectación al medio ambiente.**- Se refiere a la posible afectación al medio que produce tanto el trabajo de la máquina como sus posibles fallos.

- A) Son las máquinas que crean afectaciones severas al medio ambiente.
- B) Las que lo afectan en alguna medida cuando ocurren fallos.
- C) Las que no afectan al medio en ningún momento.

Otros parámetros pueden ser incorporados al análisis siempre que sean efectivos para diferenciar alguna característica de interés de la máquina.

La evaluación de estos parámetros se realiza a cada máquina, pudiendo resultar categorizadas de forma diferente máquinas de igual nomenclatura repetidas. Ese es precisamente el objetivo central de este método.

Para concluir sobre la categoría de una máquina, se tabulan los resultados del análisis de cada parámetro como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. 2 Ejemplo de categorización de una máquina

| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|-----------|---|---|
| | A | B | C |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | X | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | X | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | X | |
| 6. CONSERVABILIDAD | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X |
| 8. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | X | |
| 9. APROVISIONAMIENTO FISICO | | X | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | X |
| $\Sigma=$ | 4 | 5 | 3 |

En el ejemplo se observa un predominio de los parámetros en la categoría “B”. No obstante, la conclusión sobre una categorización debe hacerse teniendo en cuenta dos aspectos:

- a) La importancia relativa que el especialista le asigna a cada parámetro evaluando según el tipo de máquina, el trabajo que ejecuta y el tipo de Empresa que se trata. En general se le da mayor importancia a los tres primeros.
- b) Deben analizarse todas las máquinas para tener idea sobre cómo han sido los resultados en cada una y así lograr un balance en la diferenciación, a la hora de dar las conclusiones en cada máquina.

En un mismo tipo de máquina puede haber diferentes categorías y cada una necesitará de un mantenimiento diferenciado. Esta línea de trabajo es la que mejores resultados ha tenido y tiene la ventaja de que no requiere de una

información exhaustiva sobre el comportamiento de la máquina, la cual a veces no existe.

2.1.3 SISTEMAS DE MANTENIMIENTO

Las necesidades de la industria en el período analizado pueden resumirse en la secuencia que se muestra en la figura 2.3 Véase como desde la simple necesidad de reparar se ha pasado a la de mejorar las instalaciones, es decir, hasta modificar lo mal diseñado o lo diseñado no acorde totalmente con las condiciones de trabajo.

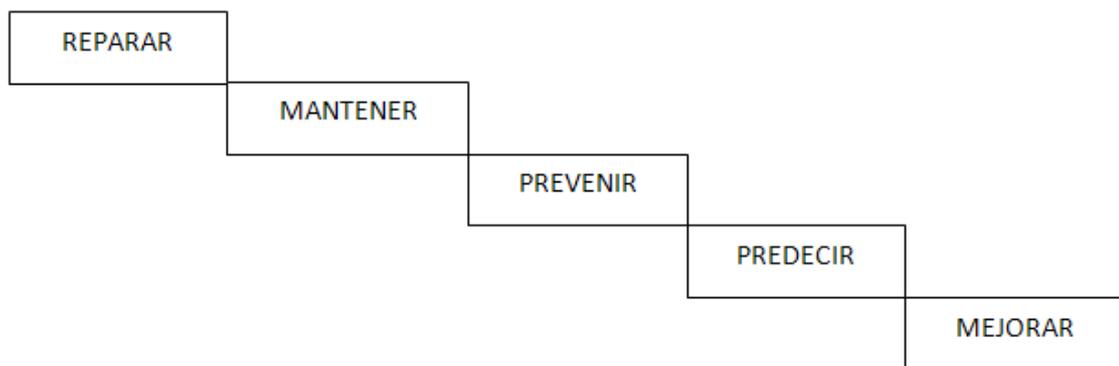


Figura 2. 3 Evolución de necesidades de la industria

Cabe preguntarse ¿por qué es Mantenimiento el único que lleva el mayor peso en el cumplimiento y satisfacción de estas necesidades y no se resuelven estos aspectos desde el punto de vista del diseño?

La respuesta a esta interrogante se tiene al analizar la relación fiabilidad costo que se muestra en la figura 2.4

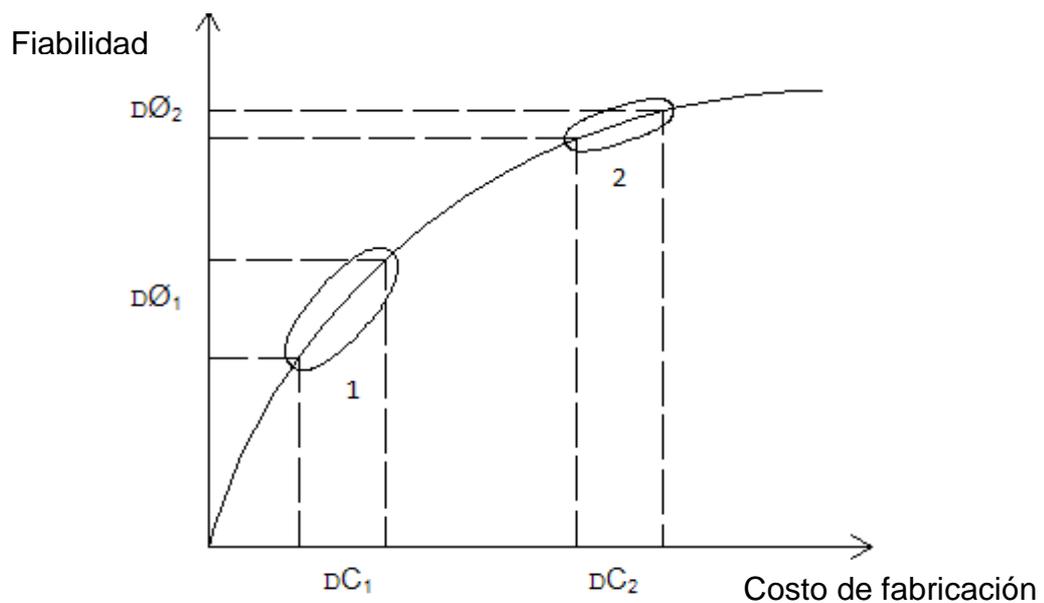


Figura 2. 4 Relación fiabilidad/costo de fabricación de los artículos

Si las máquinas se produjeran con niveles elevadísimos de fiabilidad (zona 2 de la figura 2.4), muchos requisitos estarían satisfechos automáticamente sin necesidad del esfuerzo de Mantenimiento. Sin embargo, estas máquinas serían sumamente costosas para estas condiciones e incluso un incremento de costos de producción (DC_2) no ofrece un incremento significativo de su fiabilidad ($DØ_2$).

La maquinaria en general se concibe y se produce con costos medios (zona 1 del gráfico), donde aún los esfuerzos por incrementar el costo de producción (DC_1) se ven recompensados por un incremento importante de fiabilidad ($DØ_1$). Por ello, la acción del mantenimiento es vital para garantizar la parte de la fiabilidad que se realiza en la explotación y que es de gran magnitud en la mayoría de las máquinas convencionales.

Los sistemas que ha desarrollado Mantenimiento para organizar, ejecutar y controlar sus acciones y responder a las exigencias durante años han sido:

- 1) **El sistema correctivo** – Consiste en intervenir con una acción de reparación cuando el fallo se ha producido, restituyéndole la capacidad de

trabajo a la máquina. Concibe también acciones de limpieza y lubricación con carácter preventivo y acorde en general con recomendaciones y exigencias de los fabricantes. Las acciones de reparación se pueden clasificar en pequeñas, medianas y generales.

Las **reparaciones pequeñas** corresponden con trabajos que se realizan sin desmontar la máquina, pudiendo ser ajustes, regulaciones, limpieza de circuitos hidráulicos obstruidos, cambio de piezas de fácil acceso, etc. Siempre que se exija una pequeña laboriosidad.

Las **reparaciones medias** exigen el desmontaje parcial de la máquina, reparando o cambiando piezas deterioradas y ejecutando otras acciones de las mencionadas para las reparaciones pequeñas pero con una laboriosidad mayor.

Durante las **reparaciones generales** se desmonta y desarma toda la máquina, reparando o cambiando las partes necesarias y devolviendo la capacidad de trabajo a un nivel más cercano al nominal con costos racionales.

El sistema correctivo no requiere estudios e investigaciones que justifiquen su accionar ya que éste no es programado, sino eventual en correspondencia con la aparición de los fallos o deterioros.

Como aspectos positivos se señalan: el máximo aprovechamiento de la vida útil de los elementos, la no necesidad de un personal tan calificado, no hay necesidad de detener las máquinas con ninguna frecuencia prevista ni velar por el cumplimiento de las acciones programadas.

Como aspectos negativos están: la ocurrencia aleatoria del fallo y la estadía (parada) correspondiente en momentos indeseados, la menor durabilidad de las máquinas, su menor disponibilidad (en general ocurrir los fallos los tiempos de estadía son muy elevados) y la posible ocurrencia de fallos catastróficos que afectan la seguridad y el medio ambiente. El sistema correctivo era el más utilizado prácticamente hasta mediados de este siglo.

- 2) **El sistema preventivo** – Concibe la realización de inversiones con carácter profiláctico según una programación con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios. No obstante, éstos no se eliminan totalmente. Con el accionar preventivo se introducen nuevos costos pero se reducen éstos en las reparaciones, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad.

Son intervenciones típicas de este sistema la limpieza, los ajustes, los reaprietes, las regulaciones, la lubricación, los cambios de elementos utilizando el concepto de recurso asignado justificado conveniente y hasta las propias reparaciones de cualquier tipo, siempre que sean planificadas previamente.

El sistema preventivo requiere de un personal de mayor nivel para ejecutar las investigaciones y estudios que justifiquen las acciones que se programan, su periodicidad de cumplimiento y su propia realización.

Este sistema logra una mayor vida útil de las máquinas y les incrementa su eficiencia y calidad de trabajo que realizan. Incrementa la disponibilidad, la seguridad operacional y el cuidado del medio ambiente. También garantiza la planificación de recursos para la ejecución de las operaciones.

Como aspectos negativos se señalan el costo del accionar obligatorio por plan, las afectaciones en mecanismos y sistemas que se deterioran por los continuos desmontajes para garantizar las operaciones profilácticas y la limitación de la vida útil de elementos que se cambian con antelación a su estado límite.

El sistema preventivo nació alrededor de 1910 en la firma Ford en Estados Unidos, se introduce en Europa en 1930 y en Japón en 1952. Sin embargo, su desarrollo más fuerte se alcanza en general después de medio siglo y es el sistema que responde a los requisitos de esa etapa.

Los aspectos técnicos de mayor interés en este sistema son: la definición de las gamas de mantenimiento a programar, su correcto agrupamiento y establecimiento de los tipos de mantenimiento a programar (mantenimiento No. 1, No. 2, etc. y/o clasificados por cantidad de trabajo útil) y el cálculo de la periodicidad más racional para su ejecución.

- 3) **El sistema predictivo** – Se trata de un mantenimiento profiláctico pero que no descansa en el cumplimiento de una programación rígida de acciones como las mencionadas en el preventivo. Aquí lo que se programa y cumple con obligación son las inspecciones cuyo objetivo es la detección del estado técnico del sistema para llegar a su estado límite.

Las inspecciones pueden estar programadas y ser cumplidas con cierta periodicidad (monitoreo discreto) o pueden ejecutarse de forma constante con aparatos situados permanentemente sobre la máquina (monitoreo continuo). El monitoreo continuo tiene la ventaja de indicar la ejecución de la acción correctora lo más cercana al estado límite del elemento o sistema aprovechándose al máximo su vida útil. Sin embargo no siempre es posible técnica y/o económicamente establecer el monitoreo continuo.

Este sistema es el que garantiza el mejor cumplimiento de las exigencias a Mantenimiento en los últimos años pues logra las menores estadías, la mayor calidad y eficiencia en las máquinas, garantiza la seguridad y la protección del medio ambiente, reduce el tiempo de las acciones de mantenimiento al indicar las que son realmente necesarias y otros aspectos.

Como aspectos negativos se señalan: la necesidad de un personal más calificado para las investigaciones y la propia ejecución de las inspecciones y el elevado costo de los equipos para el monitoreo de cualquier tipo.

- 4) **El sistema alterno** – No es un nuevo sistema, sino la aplicación de los sistemas anteriores en una misma industria y hasta en una misma máquina. La proporción en que se aplica cada sistema depende del tipo de máquina y de industria o Empresa.

Es importante destacar lo efectivo que resulta vincular el mantenimiento predictivo con el preventivo, ya que los resultados de las inspecciones, donde el principio es de no desarmar en general, pueden indicar la no necesidad de determinadas acciones preventivas de lo contrario se harían “ciegamente” por plan y sobre la base de resultados de estudios muestrales.

La inspección tiene la misión de individualizar los resultados de la fiabilidad, o sea, señalar realmente al elemento o sistema que marcha con el mayor envejecimiento oportuno.

Los sistemas alternos tratan de materializar todas las ventajas de los tres sistemas estudiados y eliminar en lo posible sus desventajas, elevando a planos superiores la efectividad del mantenimiento.

Desde la década del 80 se desarrolla una nueva forma organizativa del mantenimiento: el Mantenimiento Productivo Total, conocido por las siglas en inglés T.P.M. No constituye un nuevo sistema de mantenimiento, sino una nueva filosofía de trabajo en la Empresa, basada en la desaparición del divorcio legendario entre el mantenimiento y producción. Esta filosofía organiza a los hombres en grupos T.P.M. para realizar por igual labores de producción (operación de máquinas) y labores de mantenimiento de cierto nivel de complejidad acorde con la formación técnica del obrero. Ello logra una unidad de acción que eleva la efectividad del trabajo y aprovecha todas las potencialidades objetivas y subjetivas del hombre.

Con la aplicación del T.P.M., en Japón se logró un incremento de la disponibilidad de las máquinas del 30% sin incrementos de costos.

Esta modalidad organizativa utiliza los tres sistemas de mantenimiento antes expuestos, parte de cuyas acciones son ejecutadas por los propios obreros operadores-mantenedores (las más simples) y otras (las más complejas) por los técnicos y especialistas que quedan en el Departamento

de Mantenimiento o se contratan a entidades externas, buscando en todos los casos la mejor relación calidad/costo.

Modernamente se vuelve a hablar del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad, conocido por las siglas R.C.M., aunque se plantea que tuvo sus orígenes en los Estados Unidos en los años 60. Tampoco es otro sistema de mantenimiento. Constituye realmente el fundamento para el establecimiento de las gamas preventivas y predictivas. Es decir, justificar el accionar programado de operaciones e inspecciones con los resultados de los índices simples y complejos de fiabilidad, logrando con sus combinaciones la máxima efectividad.

2.1.4 TEORIA DE ENVEJECIMIENTO DE LAS MÁQUINAS

Cada máquina tiene un tiempo de vida útil para la cual fue diseñada, pero este tiempo puede acortarse cuando no se realiza el debido mantenimiento. Al realizar mantenimiento preventivo se asegura la disponibilidad de la máquina y cada cierto tiempo se debe realizar un “over-haul” para lo cual se planea un “paro programado” como se indica en la figura 2.5

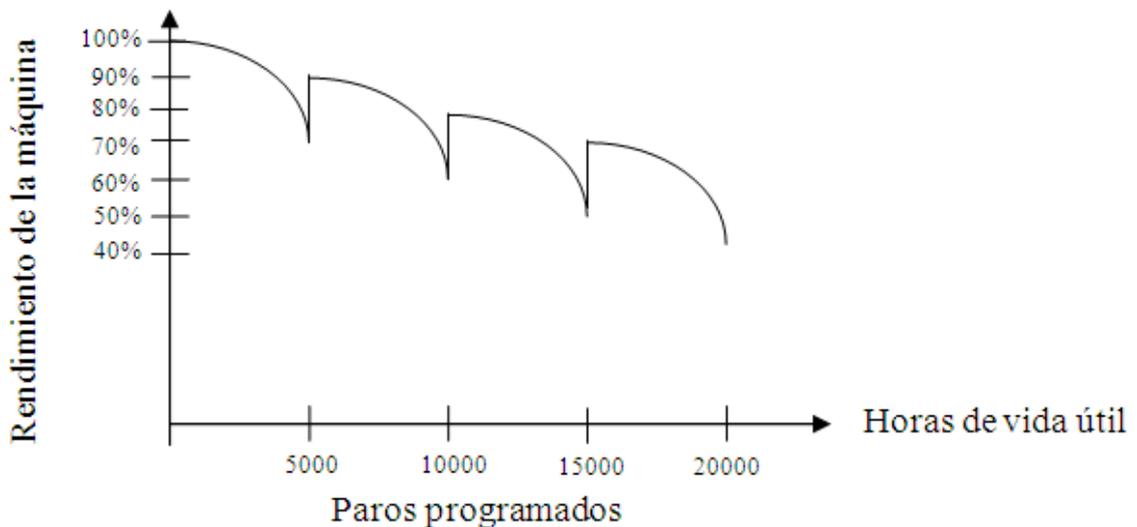


Figura 2. 5 Rendimiento de la máquina vs. Horas de vida útil

Con este gráfico se puede observar que, en cada paro programado en donde se le realiza un mantenimiento general a la máquina, no regresa a su

rendimiento del 100%, debido al desgaste general de la misma. A esto se lo conoce como envejecimiento de las máquinas.

Cada máquina está diseñada con un tiempo de vida útil diferente, lo que se expone en la figura 2.5, es un ejemplo de una máquina cualquiera.

2.1.5 TEORÍA DE FALLAS

¿Cuándo falla un elemento o pieza?

1. Cuando la pieza queda completamente inservible.
2. Cuando a pesar de que funciona no cumple su función satisfactoriamente.
3. Cuando su funcionamiento es poco confiable debido a las fallas y presenta riesgos.

Causas

1. Mal diseño o mala selección del material.
2. Imperfecciones del material, del proceso y/o de su fabricación.
3. Errores en el servicio y en el montaje.
4. Errores en el control de Calidad, mantenimiento y reparación.
5. Factores ambientales, sobrecargas.
6. El uso.

Generalmente una falla es el resultado de uno o más de los anteriores factores.

Tipos de fallas

A continuación se describe algunos de los tipos de fallas:

1. **Fallas por desgaste:** Generalmente se presenta pérdida de material en la superficie del elemento; puede ser abrasivo, adhesivo y corrosivo. Se puede catalogar como una falla de lubricación (tipo de lubricante).

2. **Fallas por fatiga superficial:** Debido a los esfuerzos presentes en la superficie y subsuperficie del material.
3. **Fallas por fractura:** Se puede presentar del tipo frágil o dúctil, su huella debe ser analizada para encontrar el motivo de la falla. La pieza queda inservible, generalmente es causada por el fenómeno de la fatiga.
4. **Fallas por flujo plástico:** Se presenta deformación permanente del material; es causado por presencia de cargas que generan esfuerzos superiores al límite elástico del material.

Inspección de campo

La inspección de falla en campo se debe hacer tan pronto como sea posible. Se deben tomar fotografías (a color) y hacer anotaciones de todos los detalles que se observen.

En una inspección se debe determinar:

- Localización de las piezas rotas respecto a cada una de las otras.
- Identificación del origen de la falla.
- Orientación y magnitud de los esfuerzos.
- Dirección de propagación de la grieta y secuencia de la falla.
- Presencia de oxidación, colores de temperatura o productos de corrosión.
- Presencia de defectos obvios en el material, concentración de esfuerzos, etc.
- Presencia de peligros secundarios no relacionados con la falla principal.

Además es importante hablar con los operarios, ya que pueden suministrar datos o pistas importantes para el posterior análisis, indagar por la presencia de ruidos, vibraciones, o temperaturas anormales.

Es importante escoger las muestras del material y de los fluidos presentes, preservando muy bien las superficies de fractura para hacer pruebas de laboratorio. La recopilación ordenada de los datos y observaciones hechas en el sitio del accidente permitirán hacer un acertado análisis.

Inspección de la falla

Consiste en la observación de la superficie de la fractura y de la pieza fallada en general. Para tratar de hallar el tipo u origen de la falla se debe tener un amplio conocimiento de los tipos de fallas y saber interpretar las pistas que nos puede dar el aspecto de la falla.

Examen macroscópico

Es una observación a simple vista de la superficie de la falla que permitirá en algunos casos identificar el tipo de fractura o el origen de la falla. Se debe observar muy bien la huella, la amplitud de las zonas marcadas en la superficie, la textura de la superficie, la presencia de grietas o focos de fractura y en fin todo aquello que conduzca a la determinación correcta del motivo de la falla.

Examen microscópico

Es una observación al microscopio que permite delinear la microestructura del material. Allí se puede determinar la presencia de elementos extraños, la existencia de discontinuidades en la estructura del material, tratamientos térmicos mal efectuados, la presencia de concentradores de esfuerzos o microgrietas difíciles de detectar a simple vista.

Las observaciones hechas en los casos anteriores se deben anotar complementándolas con mediciones, fotos, esquemas o dibujos. Con frecuencia es necesario efectuar algunos ensayos adicionales para

determinar la causa de una falla. Se aplican los ensayos no destructivos (rayos X, ultrasonido,..), que permitirán acopiar una mayor cantidad de información.

2.2 PROCESOS DE MANUFACTURA

Los procesos de manufactura son los que convierten insumos en bienes o servicios. Los insumos para el sistema son: Energía, materiales, mano de obra, capital e información. Estos se convierten en bienes o servicios mediante la tecnología del proceso. Las operaciones de cada tipo de industria varían dependiendo del ramo, al igual que sus insumos.

Un proceso de manufactura proporciona una estructura que facilita la descripción y la ejecución de un proceso de búsqueda. Un sistema de producción consiste de:

- Un conjunto de facilidades para la definición de reglas.
- Mecanismos para acceder a una o más bases de conocimientos y datos.
- Una estrategia de control que especifica el orden en el que las reglas son procesadas, y la forma de resolver los conflictos que pueden aparecer cuando varias reglas coinciden simultáneamente.
- Un mecanismo que se encarga de ir aplicando las reglas.

2.2.1 TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.

Los sistemas productivos se pueden clasificar tradicionalmente por:

A. **Sistema de producción por encargo:** Este se basa en el encargo o pedido de uno o más productos o servicios. La empresa que lo utiliza sólo produce después de haber recibido el contrato o encargo de un determinado producto o servicio, aquí se llevan a cabo tres actividades:

- Plan de producción: Relación de materia prima, mano de obra y proceso de producción.

- Arreglo físico: Se concentra en el producto.
- Previsibilidad de la producción: Cada producto exige un plan de producción específico.

B. Sistema de producción por lotes: Lo utilizan las empresas que producen una cantidad limitada de un tipo de producto o servicio por vez. También se llevan a cabo las tres actividades que el sistema anterior:

- Plan de producción: Se realiza anticipadamente en relación a las ventas.
- Arreglo físico: se caracterizan por máquinas agrupadas en baterías del mismo tipo.
- Previsibilidad de la producción: Debe ser constantemente re-planeado y actualizado.

C. Sistema de producción continua: Lo utilizan las empresas que producen un determinado producto sin modificaciones por un largo período, el ritmo de producción es rápido y las operaciones se ejecutan sin interrupciones. Dentro de este sistema se realizan los tres pasos:

- Plan de producción: Se elabora generalmente para períodos de un año, con subdivisiones mensuales. Este sistema lo utilizan fabricantes de papel, celulosa, de automóviles, electrodomésticos.
- Arreglo físico: Se caracteriza por máquinas y herramientas altamente especializadas, dispuestas en formación lineal y secuencial.
- Previsibilidad de la producción: El éxito de este sistema depende totalmente del plan detallado de producción, el que debe realizarse antes que se inicie la producción de un nuevo producto.

Para que cualquier sistema de producción funcione correctamente es necesario que todas las máquinas estén disponibles y en buen estado. Esto solo se puede lograr implementando un buen plan de mantenimiento.

2.2.2 PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

En KUBIEC “ LA ESTHELA” se trabaja con dos sistemas de producción que son: Por encargo y por lote, debido a que algunos productos por su costo y complejidad de elaboración solo se venden cuando el cliente realiza el pedido. Pero también hay productos de consumo habitual por lo que se produce stock mínimos.

2.2.3 SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

KUBIEC tiene un sistema de gestión de calidad ISO 9001:2008, el cual garantiza que se cumpla todos los procesos establecidos por la misma empresa. Estos procesos garantizan puntos de control de calidad en las diferentes estaciones de la transformación de los productos.

2.3 LA SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL MANTENIMIENTO

Las operaciones de entrenamiento, reparación, engrasado y limpieza se efectuarán durante la detención de los motores, transmisiones y máquinas, salvo en sus partes totalmente protegidas¹.

En caso de que dichas operaciones u otras tengan que efectuarse con la máquina o los elementos peligrosos en marcha y anulados los sistemas de protección se deberá cumplir:

1. La máquina sólo podrá funcionar a velocidad muy reducida, golpe a golpe, o a esfuerzo reducido.
2. El mando de la puesta en marcha será sensitivo. Siempre que sea posible dicho mando deberá disponerse de forma que permita al operario ver los movimientos mandados.

¹ según art. 92 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo

3. La anulación del sistema de protección y el funcionamiento de la máquina en las condiciones citadas en los incisos a) y b) excluirá cualquier otro tipo de marcha o mando.
4. El o los dispositivos de desconexión de las máquinas deberán ser bloqueados con eficacia inviolable en la posición que aisle y deje sin energía motriz a los elementos de la máquina.

En el caso de que dicha prescripción no fuese técnicamente factible, se advertirán en la máquina los peligros que pudieran originarse e igualmente, en el manual de instrucciones se advertirán tales peligros y se indicarán las precauciones a tomar para evitarlos.

Cuando por las especiales características de la máquina las operaciones a que se refiere este artículo no puedan realizarse en las condiciones a), b), y c) podrá prescindirse de estas, adoptándose las medidas convenientes para que dichas operaciones se lleven a efecto sin peligro para el personal.

En cualquier caso deberán darse al menos en castellano las instrucciones precisas para que las operaciones de reglaje, ajuste, verificación o mantenimiento se puedan efectuar con seguridad. Esta prescripción es particularmente importante en caso de existir peligros de difícil detección o cuando después de la interrupción de la energía existan movimientos debidos a la inercia².

2.3.1 PROTECCIÓN DE LAS MÁQUINAS

Todo el equipo del lugar de trabajo debe de tener guarda. Los reglamentos de OSHA por sus siglas en inglés Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) concerniente a la guarda de las máquinas incluyen todas partes móviles de equipo y herramientas de electricidad. Hay varios tipos de protección para proteger a los empleados de una lesión mientras están usando el equipo. Aunque los siguientes tipos de protección son tipos comunes, debe consultar el reglamento que se aplica a la máquina específica en su lugar de trabajo para requisitos más detallados.

Para todo tipo de máquina:

² según el artículo 44 del Reglamento de Seguridad en las Máquinas

1. El salvaguardar – guarda, artefacto, método
2. Los controles – fiabilidad del control
3. Manera de desconectar
4. Motor de arranque
5. Coberturas

2.3.2 LAS SALVAGUARDAS A LAS MÁQUINAS

Al elegir una guarda o artefacto, primeramente tiene que preguntarse qué tipo de máquina se necesita guardar. Después, haga una evaluación de riesgo en la máquina e implemente controles de ingeniería para reducir la exposición del empleado al riesgo. En fin, hay que considerar la probabilidad de un accidente. Esto incluye la frecuencia de exposición, la probabilidad de lesión y cuan seria tal lesión sería. Ya cuando ha hecho esto, necesita decidir si quiere usar una guarda o artefacto de protección o no. Las guardas previenen el acceso al punto de operación e incluyen guardas movibles, fijas, cerradas.

Estos son todos los artefactos que llegan a ser parte del equipo y no deben ser removidos después de la instalación. Los artefactos controlan el acceso al punto de riesgo de operación al controlar al operador, a las máquinas, o a ambos. Los artefactos incluyen sensores para detectar presencia, protectores, cercas y controles para dos manos. Uno de los puntos principales de operación que tiene el método, guarda o artefacto es que tiene que cumplir con los requisitos de OSHA. Los métodos secundarios de la guarda también se requerirían para que los empleados no entren en un área donde se hacen operaciones peligrosas.

2.3.3 FIABILIDAD DEL CONTROL

La fiabilidad del control es una manera de asegurar la integridad del trabajo de las guardas, artefactos, o sistemas de control. Típicamente, esto se ve cuando las operaciones se detienen si una parte del cuerpo llega a estar en un lugar de peligro. También puede verse cuando un empleado abre la puerta de la máquina mientras está prendida y ésta se detiene automáticamente.

2.3.4 BOTONES DE ARRANQUE

Todos los botones del motor de arranque deben tener sobre sí un anillo para protegerlo de prenderse accidentalmente. Han ocurrido muchas lesiones cuando un empleado toca un control y por accidente enciende una máquina mientras otro empleado realiza su trabajo.

2.3.5 COBERTURAS

Todos los cinturones, ruedas, abanicos, cadenas, poleas, etc., que se muevan deben guardarse hasta 7 pies desde la plataforma de trabajo. Las aberturas en la cobertura no deben permitir que los dedos de los empleados pasen.

2.4 FUNDAMENTOS DEL USO DE BASE DE DATOS

Una base de datos (BDD) es un conjunto de registros de información ordenados de acuerdo a un diseño, es una colección ordenada de datos organizada de tal forma que puede consultarse y actualizarse, de manera eficiente y ordenada, es un modelo que representa al sistema, a través de sus diferentes características y componentes, debidamente simbolizadas por los datos adecuados.

El software en que se va a crear la base de datos (BDD) debe ser actual, tener una interactividad amigable con el usuario y de sencilla programación.

La BDD debe suministrar la información necesaria para que pueda tomarse una decisión operativa, gerencial o estratégica.

La información debe guardarse con una estructura que permita consultarla eficientemente e interrelacionarla para presentar las diferentes vistas o reportes que se requieren, en un formato que asegure la confidencialidad de toda aquella información sensible, de tal manera que prácticamente sea imposible que se altere o degrade por error involuntario o por ataque mal intencionado y que ocupe el mínimo espacio o recursos de cómputo.

Características de una base de datos

- Disponibilidad, precisión y concurrencia.
- Coherencia, versatilidad e interoperabilidad.
- Escalabilidad, integridad y seguridad.
- Minimización, maximización, interfaz gráfica.

CAPITULO 3

DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

3.1 LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO TÉCNICO

Este inventario se constituye como el registro de todas las máquinas usadas en los procesos de producción de la empresa. Simplemente podría decirse que es un listado de las mismas, pero aun más que eso en el puede registrarse información que se considera de importancia para planear el mantenimiento del equipo. La importancia de este protocolo radica en que permite conocer toda la maquinaria de la empresa y tenerla presente al momento de programar el mantenimiento de la misma. En este formato se pueden registrar características importantes o de información técnica de las distintas máquinas como:

- a. código y tipo de máquina, lo que permite llevar un mejor control del inventario así como la de la información que se genera;
- b. marca, modelo y número de serie, que permiten establecer que empresas distribuyen estas marcas y puedan proporcionar asesoría técnica o talleres que reparen estos equipos en caso de dentro de la empresa no se pudiera realizar la reparación. Esta información técnica también será de ayuda para realizar investigaciones de la maquina;
- c. estado del equipo y toda la información que la empresa considere pertinente para el programa de mantenimiento. También permite llevar el historial a cerca de los reemplazos de maquinaria, facilitando el registro de la entrada de nuevo equipo y salida de equipo obsoleto. Igualmente permite conocer la confiabilidad, para determinar en qué estado de funcionamiento se encuentra el equipo de producción en cualquier momento, con lo que se pueden tomar decisiones a cerca de cada máquina. La confiabilidad de los

equipos incluida en el inventario técnico se actualizará con la información obtenida de la ficha histórica, con el tiempo medio entre cada falla.

Para realizar el inventario técnico, se han categorizado los procesos de formado según los productos que se realizan en estos, manteniendo el siguiente esquema:

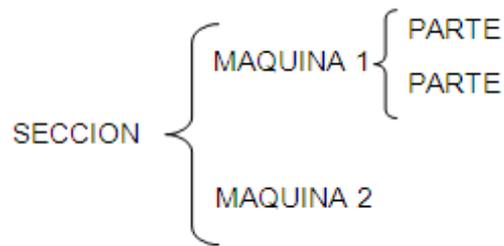


Figura 3. 1 Esquema del inventario técnico

A continuación las Secciones existentes en la planta “ESTHELA”:

Formado 1 – donde se realizan los siguientes productos: KUBIMIL, KUBIMIL PLUS 770, KUBIMIL PLUS 825 CON SIFÓN, ALUTECHO, KUBIWALL.

Formado 2 – donde se realiza los siguientes productos: PLANCHAS LISAS, KUBILOSA.

Formado 3 – donde se realiza los siguientes productos: KUBIONDA, KUBIMIL PLUS 825 SIN SIFÓN.

Formado 4 – donde se realiza el producto KUBITEJA.

Portátiles. –

Kubiloc – donde se realiza el producto KUBILOC.

Kubipared – donde se realiza el producto KUBIPARED.

Premier – donde se realiza el producto PREMIER.

Doblado – donde se realizan los siguientes productos: CUMBREROS y FLASHING.

Inyección PU* – donde se realizan los siguientes productos: KUBITEJA PAPEL, KUBITEJA METAL, KU-TERMICO.

Rociado PU* - .donde se realizan los siguientes productos: KUBITEJA ROCIADA y KUBIMIL ROCIADO.

Accesorios – donde se realizan los siguientes productos: OMEGA SIFON, OMEGA NORMAL, CLIPS.

Plegado - donde se realizan el siguiente producto: KUBIMIL CURVO.

Montacargas – manipula la materia prima y el producto terminado.

Puentes Grúa – manipula la materia prima y el producto terminado.

Una vez seccionado los procesos de formado se procede a esquematizar el inventario, según las partes de cada máquina correspondiente a cada formado.

Descripción de maquinaria según la sección

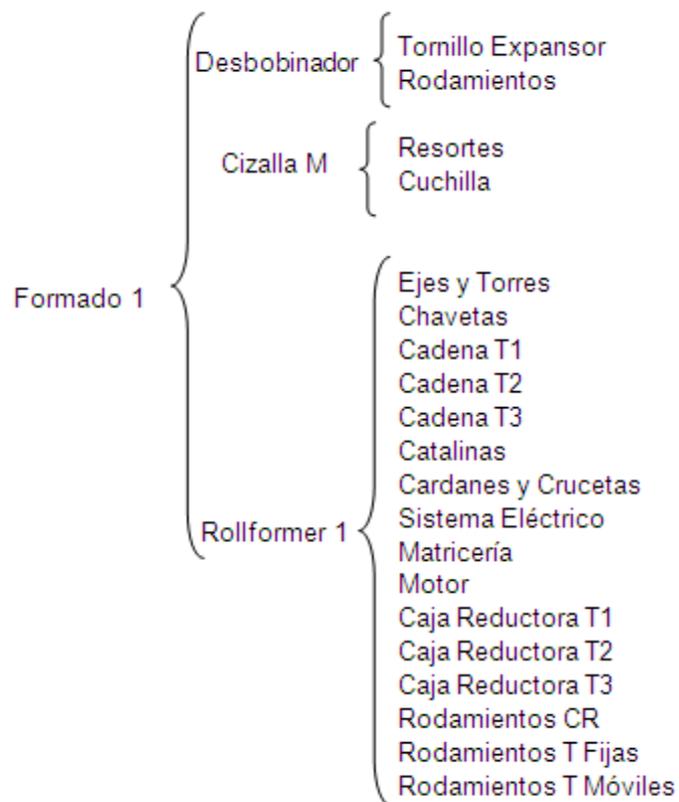


Figura 3. 2 Esquema de formado 1

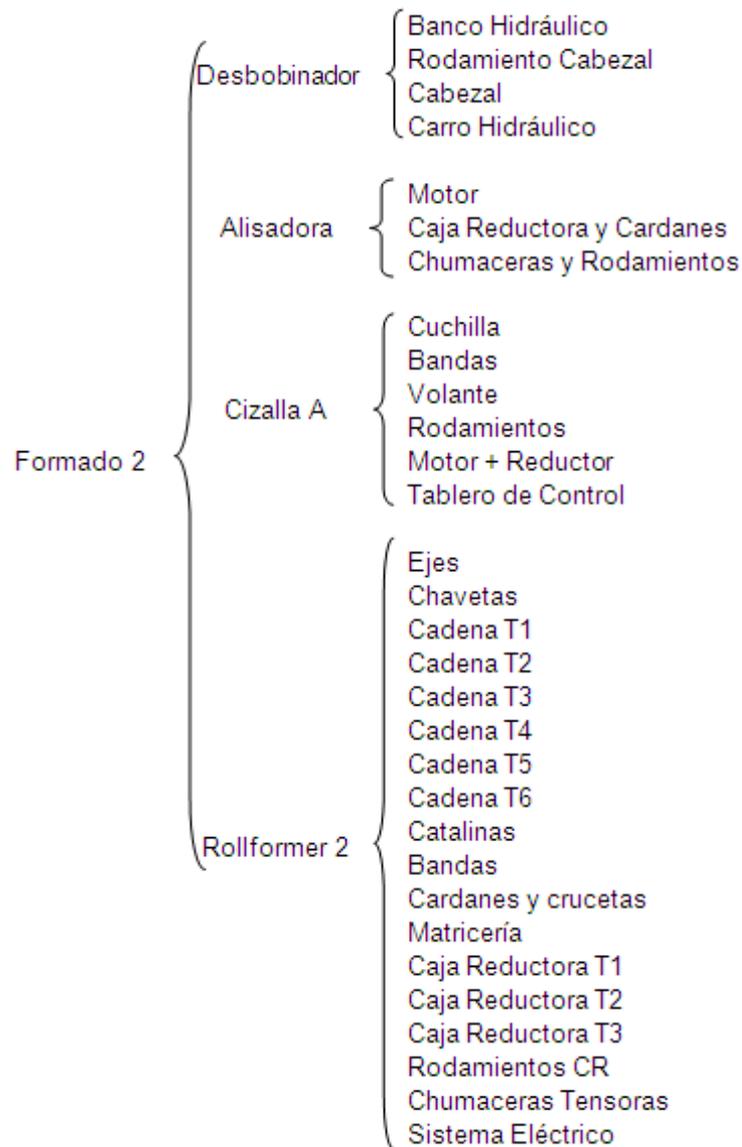


Figura 3. 3 Esquema de formado 2

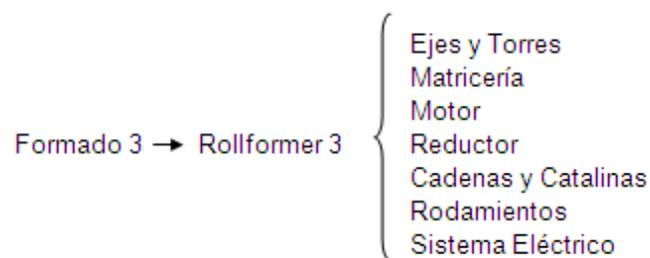


Figura 3. 4 Esquema de formado 3

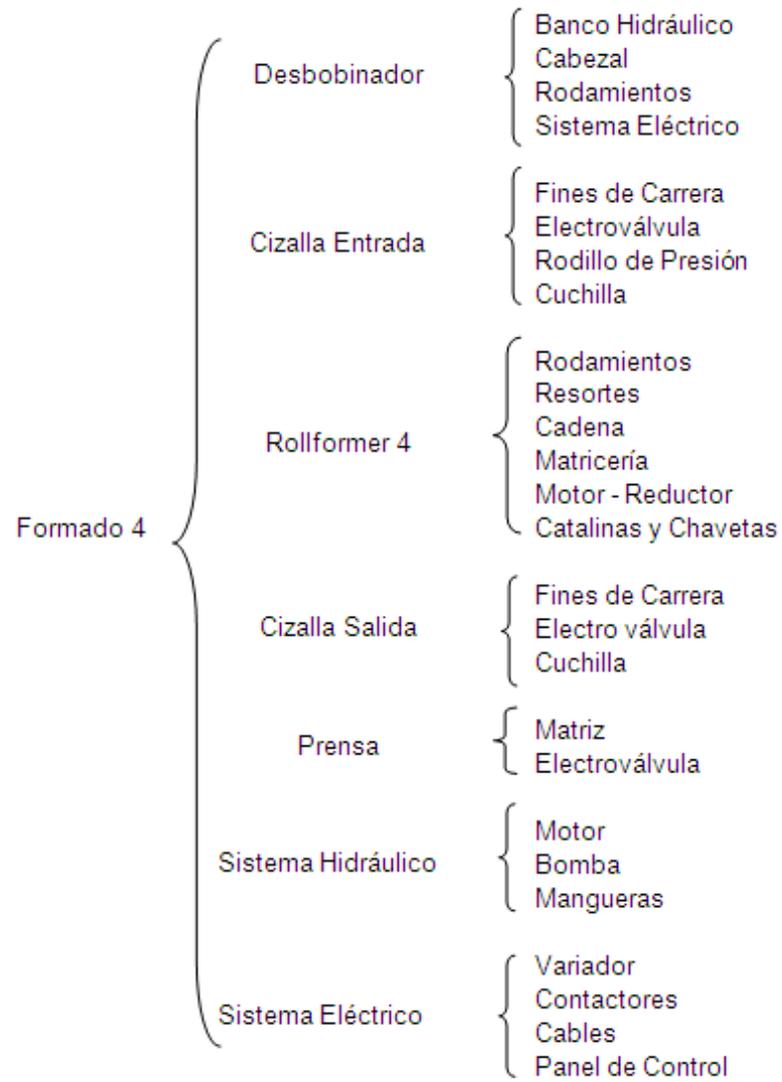


Figura 3. 5 Esquema de formado 4

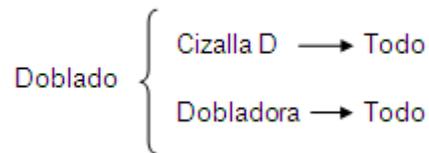


Figura 3. 6 Esquema de doblado

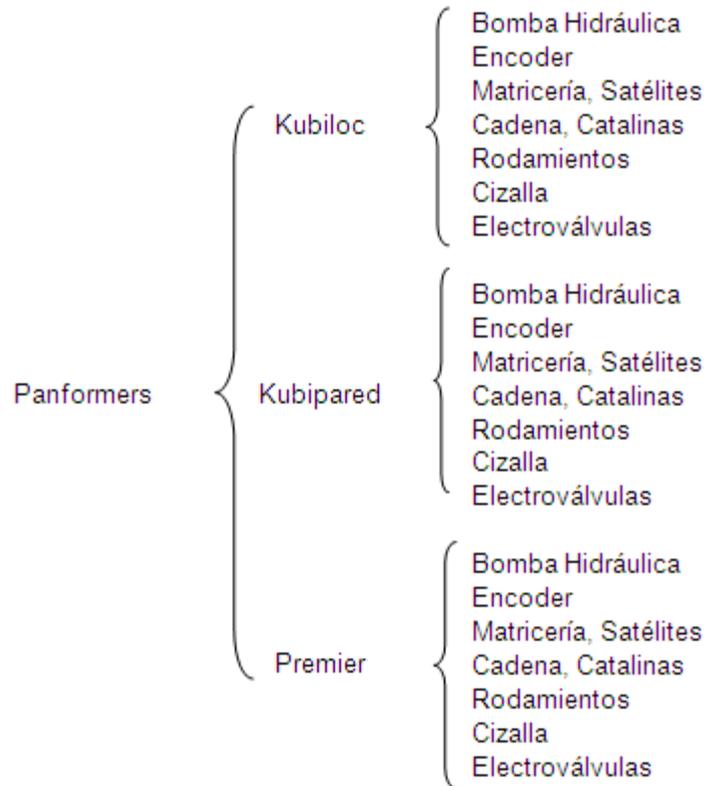


Figura 3. 7 Esquema de Panformers

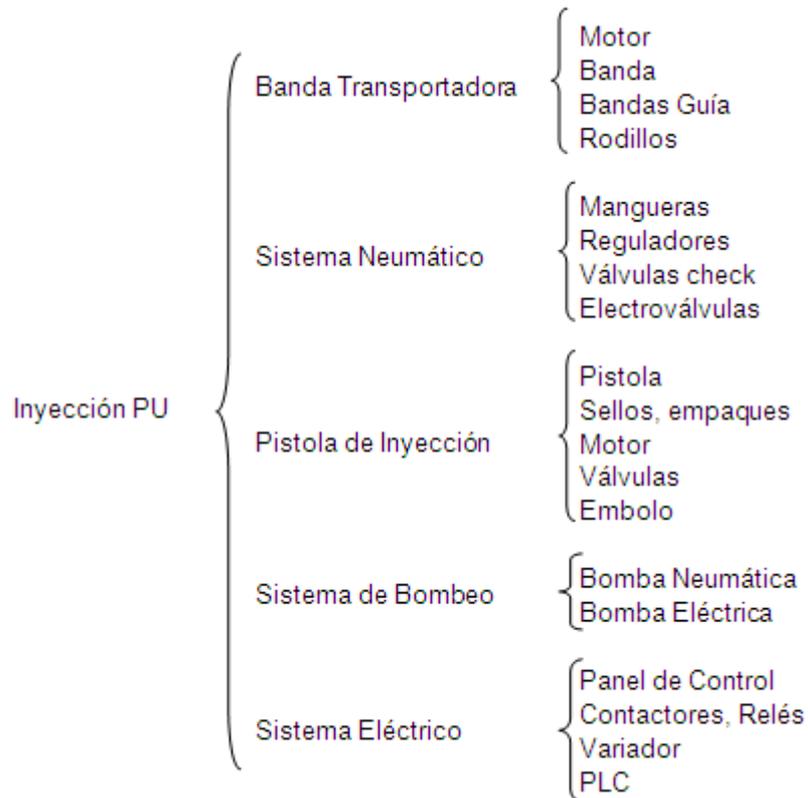


Figura 3. 8 Esquema de Inyección PU

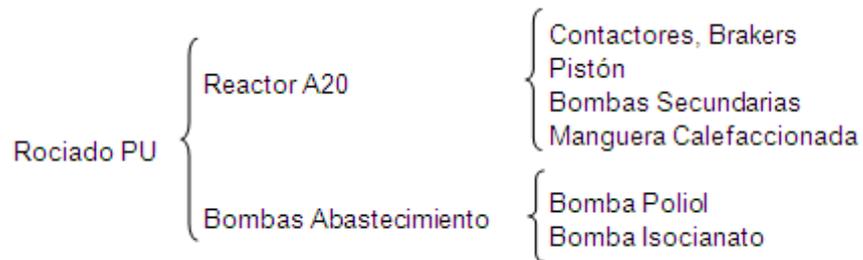


Figura 3. 9 Esquema de Rociado PU

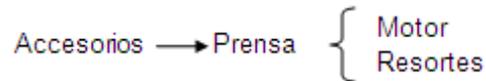


Figura 3. 10 Esquema de accesorios

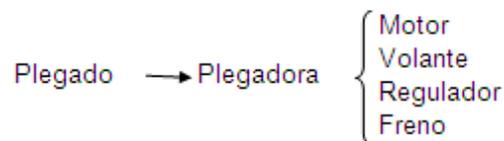


Figura 3. 11 Esquema de plegado

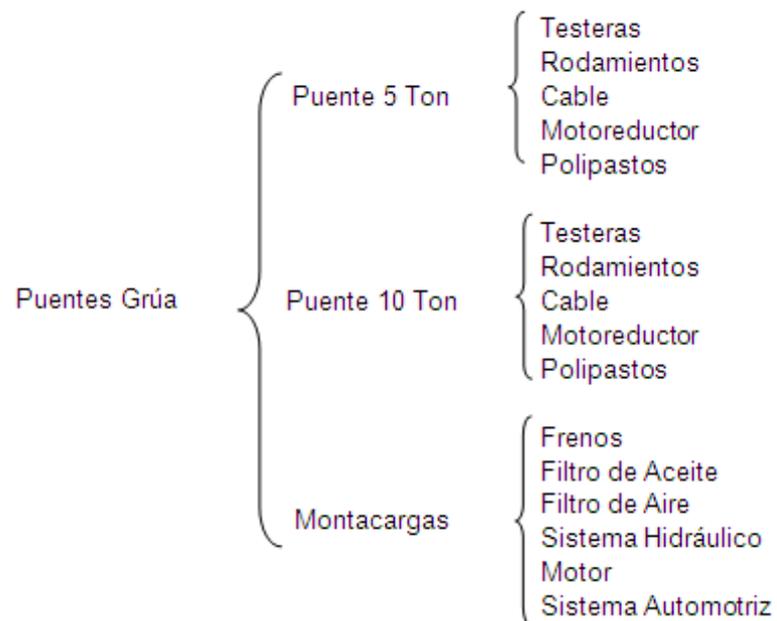


Figura 3. 12 Esquema de Puentes grúa

3.2 CATEGORIZACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE LAS MÁQUINAS

La categorización y diferenciación se ha realizado a las máquinas que se considera de mayor importancia por su nivel de producción y apoyo a la producción.

La ponderación de los parámetros de evaluación de las máquinas se la ha realizado con una combinex matrix:

Cuadro 3. 1 Combinex matrix para los parámetros de evaluación

| ORD | PARAMETRO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | Σ | WF | 12 |
|-----|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|-----|----|----|----|------|------|
| 1 | Interc. Función | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 12 | 0,15 | 1,85 |
| 2 | Niveles Utilización | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 11 | 0,14 | 1,69 |
| 3 | Reg. Operación | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 0,13 | 1,54 |
| 4 | Parámetro Caract. | | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | 0,12 | 1,38 |
| 5 | Mantenibilidad | | | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 0,10 | 1,23 |
| 6 | Aprovis. Repuestos. | | | | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 0,09 | 1,08 |
| 7 | Grado Automatiz. | | | | | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 0,08 | 0,92 |
| 8 | Conservabilidad | | | | | | | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0,06 | 0,77 |
| 9 | Valor Actual | | | | | | | | | 0 | 0,5 | 0,5 | 1 | 1 | 3 | 0,04 | 0,46 |
| 10 | Seguridad Operac. | | | | | | | | | 0,5 | 0 | 0,5 | 1 | 1 | 3 | 0,04 | 0,46 |
| 11 | Condiciones Explot | | | | | | | | | 0,5 | 0,5 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0,04 | 0,46 |
| 12 | Afectacion M. A. | | | | | | | | | | | | 0 | 1 | 1 | 0,01 | 0,15 |
| Σ= | | | | | | | | | | | | | | | 78 | 1,00 | 12 |

Tabla 3. 1 Parámetros de evaluación y Ponderación

| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | Ponderación |
|----------------------------------|-------------|
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | 1,85 |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | 1,69 |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | 1,54 |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | 1,38 |
| 5. MANTENIBILIDAD | 1,23 |
| 6. CONSERVABILIDAD | 1,08 |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | 0,92 |
| 8. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | 0,77 |
| 9. APROVISIONAMIENTO FISICO | 0,46 |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | 0,46 |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | 0,46 |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | 0,15 |
| Total | 12 |

Cuadro 3. 2 Evaluación Rollformer 1

| MÁQ. RF-1 | ROLLFORMER 1 | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|--------------|-----------|---|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | X | | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | X | | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | X | | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | X | | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | X | | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | X | | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | X | | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | X | | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma =$ | | 6,5 | 4 | 1,5 |

Cuadro 3. 3 Evaluación Rollformer 2

| MÁQ. RF-2 | ROLLFORMER 2 | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|--------------|-----------|-----|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | X | | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | X | | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | X | | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | X | | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | X | | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | X | | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | X | | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | X | | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | X | | |
| $\Sigma =$ | | 6,5 | 4,2 | 1,4 |

Cuadro 3. 4 Evaluación Rollformer 3

| MÁQ. RF-3 | ROLLFORMER 3 | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|--------------|-----------|-----|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | X | | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | | X |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | | X |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | X | | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | X | | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | X | | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | X | | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | | X |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma =$ | | 3,2 | 3,5 | 5,2 |

Cuadro 3. 5 Evaluación Rollformer 4

| MÁQ. RF-4 | ROLLFORMER 4 | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|--------------|-----------|-----|-----|
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | A | B | C |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | | X |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | X | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | X | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | X | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma =$ | | 4 | 5,7 | 2,3 |

Cuadro 3. 6 Evaluación Inyección PU

| MÁQ. PT-01 | INYECCIÓN PU | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|--------------|-----------|-----|-----|
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | A | B | C |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | | X |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | X | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | X | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | X | | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | X | |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | X | |
| $\Sigma =$ | | 4,5 | 5,8 | 1,7 |

Cuadro 3. 7 Evaluación Montacargas

| MÁQ. MT-2 | MONTACARGAS | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|-------------|-----------|-----|-----|
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | A | B | C |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | | X | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | X | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | X | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | | X | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | X | |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | X | |
| $\Sigma =$ | | 4 | 5,4 | 2,6 |

Cuadro 3. 8 Evaluación Dobladora

| MÁQ. D-01 | DOBLADORA | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|-----------|---------------|-----|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | X | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | X | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | | X |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | | X |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| | | $\Sigma=$ 6,5 | 1,1 | 4,5 |

Cuadro 3. 9 Evaluación Plegadora

| MÁQ.PS-01 | PLEGADORA | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|-----------|---------------|---|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | | X |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | X | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | X | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | X | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | X | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | X | |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| | | $\Sigma=$ 3,2 | 6 | 2,8 |

Cuadro 3. 10 Evaluación Cizalla RF-1

| MÁQ.CZ-01 | CIZALLA RF-1 | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|--------------|---------------|-----|---|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | | X | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | X | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | X | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | | X | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | | X |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| | | $\Sigma=$ 3,2 | 4,8 | 4 |

Cuadro 3. 11 Evaluación Cizalla RF-2

| MÁQ. CZ-02 | CIZALLA RF-2 | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|--------------|-----------|-----|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | X | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | X | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | | X | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | X | | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | X | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | X | |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma=$ | | 6,3 | 5,1 | 0,6 |

Cuadro 3. 12 Evaluación Premier

| MÁQ.PP-01 | PREMIER | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|---------|-----------|-----|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | | X |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | | X |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | X | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma=$ | | 3,2 | 3,2 | 5,5 |

Cuadro 3. 13 Evaluación Kubiloc

| MÁQ.PL-01 | KUBILOC | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|---------|-----------|-----|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | | X |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | | X |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | X | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma=$ | | 3,2 | 3,2 | 5,5 |

Cuadro 3. 14 Evaluación Kubipared

| MÁQ.PD-01 | KUBIPARED | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----|-----|
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | A | B | C |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | | X |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | | X |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | X | | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | X | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma=$ | | 3,2 | 3,2 | 5,5 |

Cuadro 3. 15 Evaluación Puente grúa 5ton

| MÁQ. | PUENTE GRUA 5TON | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|------------------|-----------|-----|-----|
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | A | B | C |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | | X | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | X | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | X | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | | | X |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma=$ | | 4 | 4,3 | 3,7 |

Cuadro 3. 16 Evaluación Puente grúa 10ton

| MÁQ. | PUENTE GRUA10TON | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|------------------|-----------|-----|-----|
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | A | B | C |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | X | | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | X | | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | | | X |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | | X |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | X | |
| 8. CONSERVABILIDAD | | X | | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | | X |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | | X |
| $\Sigma=$ | | 5,8 | 2,5 | 3,7 |

Cuadro 3. 17 Evaluación Rociado PU

| MÁQ. | ROCIADO PU | CATEGORÍA | | |
|----------------------------------|------------|-----------|-----|-----|
| | | A | B | C |
| PARÁMETROS DE EVALUACIÓN | | | | |
| 1. INTERCAMBIABILIDAD DE FUNCIÓN | | X | | |
| 2. NIVELES DE UTILIZACIÓN | | | X | |
| 3. RÉGIMEN DE OPERACIÓN | | | X | |
| 4. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS | | | X | |
| 5. MANTENIBILIDAD | | | X | |
| 6. APROVISIONAMIENTO FISICO | | | X | |
| 7. GRADO DE AUTOMATIZACIÓN | | | | X |
| 8. CONSERVABILIDAD | | | X | |
| 9. VALOR ACTUAL DEL ACTIVO | | | | X |
| 10. SEGURIDAD OPERACIONAL | | | X | |
| 11. CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN | | | X | |
| 12. AFECTACIÓN AL MEDIO AMBIENTE | | | X | |
| | $\Sigma=$ | 1,8 | 8,8 | 1,4 |

Dando como resultado la siguiente categorización:

Cuadro 3. 18 Resultado de la categorización y diferenciación

| CATEGORÍA | MÁQUINA | MODELO DE MTTQ. |
|-----------|-------------------|-----------------|
| A | ROLLFORMER 1 | PREDICTIVO |
| | ROLLFORMER 2 | |
| | DOBLADORA | |
| | CIZALLA RF-2 | |
| | PUENTE GRUA 10TON | |
| B | ROLLFORMER 4 | PREVENTIVO |
| | INYECCIÓN PU | |
| | MONTACARGAS | |
| | PLEGADORA | |
| | CIZALLA RF-1 | |
| | ROCIADO PU | |
| | PUENTE GRUA 5TON | |
| C | ROLLFORMER 3 | CORRECTIVO |
| | PREMIER | |
| | KUBILOC | |
| | KUBIPARED | |

3.3 DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO

Las acciones de mantenimiento o también llamadas tareas de mantenimiento se han determinado de acuerdo al inventario técnico obtenido en la sección 3.1. Por cada elemento, parte o pieza de cada máquina se genera una tarea de mantenimiento. Como por ejemplo:

Cuadro 3. 19 Ejemplo de tarea de mantenimiento

| Sección | Máquina | Parte | Descripción |
|----------------|----------------|--------------|---|
| Formado 1 | Rollformer 1 | Matricerías | Alineación de Matricería y revisión de desgaste |

Algunos componentes de las máquinas no generan tareas de mantenimiento preventivo, debido a que, hay partes de una máquina en la cual se debe esperar la falla del mismo, para que pueda ser reemplazado. Estas partes o piezas están sujetas a un sistema de mantenimiento correctivo. Sin embargo se debe tener en cuenta que, al llevar un componente hasta la culminación de su vida útil, puede provocar daños colaterales a otras partes de la máquina.

En adelante se formará un código con el cual se reconocerá la tarea de mantenimiento, la parte de la máquina, y la sección a la que pertenece.

Cuadro 3. 20 Acciones de mantenimiento

| Código | Sección | Máquina | Parte | Descripción |
|---------------|----------------|----------------|---------------|---|
| F1CR | Formado 1 | Cizalla M | Resortes | Revisión de resortes |
| F1CC | Formado 1 | Cizalla M | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| F1RE | Formado 1 | Rollformer 1 | Ejes y Torres | Alineación de torres y revisión de ejes |
| F1RCV | Formado 1 | Rollformer 1 | Chavetas | Revisión de chavetas |
| F1RCD | Formado 1 | Rollformer 1 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| F1RCT | Formado 1 | Rollformer 1 | Catalinas | Chequeo de desgaste y revisión de catalinas |

Cuadro 3. 19 Acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|--------------|-----------|--------------|---------------------------|---|
| F1RCC | Formado 1 | Rollformer 1 | Cardanes y crucetas | Revisión, engrasado de cardanes y crucetas |
| F1RM | Formado 1 | Rollformer 1 | Matricerías | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| F1RMO | Formado 1 | Rollformer 1 | Motor | Limpieza y engrasado del motor |
| F1RCR | Formado 1 | Rollformer 1 | Cajas Reductoras | Revisión completa de cajas reductoras y cambio de aceite |
| F1RRF | Formado 1 | Rollformer 1 | Rodamientos T Fijas | Revisión y engrasado de los rodamientos en las torres fijas |
| F1RRM | Formado 1 | Rollformer 1 | Rodamientos T Móviles | Revisión y engrasado de los rodamientos en las torres móviles |
| F2DBH | Formado 2 | Desbobinador | Banco Hidráulico | Revisión de aceite y limpieza del banco hidráulico |
| F2DRC | Formado 2 | Desbobinador | Rodamiento Cbzl | Revisión, limpieza y engrasado del rodamiento |
| F2DCZ | Formado 2 | Desbobinador | Cabezal | Chequeo de la estructura y revisión de partes |
| F2DCH | Formado 2 | Desbobinador | Carro Hidráulico | Revisión del carro hidráulico y su estructura |
| F2AM | Formado 2 | Alizadora | Motor | Revisión y limpieza del motor |
| F2ACC | Formado 2 | Alizadora | Caja Reductora y Cardanes | Limpieza y engrasado de la caja reductora y los cardanes |

Cuadro 3. 19 Acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|--------------|-----------|--------------|------------------------------|--|
| F2ACR | Formado 2 | Alizadora | Chumaceras y Rodamientos | Lubricación de chumaceras y rodamientos |
| F2CC | Formado 2 | Cizalla A | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| F2CR | Formado 2 | Cizalla A | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| F2CMR | Formado 2 | Cizalla A | Motor + Reductor | Revisión y limpieza del motor y reductor |
| F2CTC | Formado 2 | Cizalla A | Tablero de Control + encoder | limpieza y revisión del encoder y tablero de control |
| F2RE | Formado 2 | Rollformer 2 | Ejes | Revisión de desgaste de ejes |
| F2RCV | Formado 2 | Rollformer 2 | Chavetas | Revisión de desgaste de chavetas |
| F2RCD | Formado 2 | Rollformer 2 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| F2RCT | Formado 2 | Rollformer 2 | Catalinas | Chequeo de desgaste y revisión de catalinas |
| F2RCC | Formado 2 | Rollformer 2 | Cardanes y crucetas | Engrasado, revisión de cardanes y crucetas |
| F2RM | Formado 2 | Rollformer 2 | Matricerías | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| F2RCR | Formado 2 | Rollformer 2 | Cajas Reductoras | Revisión completa de cajas reductoras y cambio de aceite |
| F2RCH | Formado 2 | Rollformer 2 | Chumaceras Tensoras | Revisión y engrasado de chumaceras tensoras |

Cuadro 3. 19 Acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|--------------|-----------|-----------------|----------------------|---|
| F3RM | Formado 3 | Rollformer 3 | Matricería | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| F3RMO | Formado 3 | Rollformer 3 | Motor | Limpieza y engrasado del motor |
| F3RCR | Formado 3 | Rollformer 3 | Caja reductora | Revisión y engrasado de la caja reductora |
| F3RCP | Formado 3 | Rollformer 3 | Cadenas y catalinas | Engrasado, revisión de cadena y catalinas |
| F3RR | Formado 3 | Rollformer 3 | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| F4DBH | Formado 4 | Desbobinador | Banco Hidráulico | Revisión y limpieza del banco hidráulico |
| F4DCZ | Formado 4 | Desbobinador | Cabezal | Chequeo de la estructura y revisión de partes |
| F4DSE | Formado 4 | Desbobinador | Sistema Eléctrico | Revisión del sistema eléctrico y variador |
| F4CEF | Formado 4 | Cizalla Entrada | Fines de Carrera | Revisión de funcionamiento de fines de carrera |
| F4CEE | Formado 4 | Cizalla Entrada | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| F4CEC | Formado 4 | Cizalla Entrada | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| F4RR | Formado 4 | Rollformer 4 | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| F4RRS | Formado 4 | Rollformer 4 | Resortes | Chequeo de resortes |
| F4RCD | Formado 4 | Rollformer 4 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| F4RM | Formado 4 | Rollformer 4 | Matricería | Revisión y limpieza de Matricería |
| F4RMR | Formado 4 | Rollformer 4 | Motor - Reductor | Chequeo y engrasado del moto-reductor |
| F4RCC | Formado 4 | Rollformer 4 | Catalinas y Chavetas | Revisión de catalinas y chavetas |

Cuadro 3. 19 Acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|--------------|------------|--------------------|-----------------------|--|
| F4CSF | Formado 4 | Cizalla Salida | Fines de Carrera | Revisión de funcionamiento de fines de carrera |
| F4CSE | Formado 4 | Cizalla Salida | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| F4CSC | Formado 4 | Cizalla Salida | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| F4PE | Formado 4 | Prensa | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| F4SHM | Formado 4 | Sistema Hidráulico | Motor | Chequeo y limpieza del motor |
| F4SHB | Formado 4 | Sistema Hidráulico | Bomba | Chequeo y limpieza de la bomba hidráulica |
| F4SEP | Formado 4 | Sistema Eléctrico | Panel de Control | Revisión del panel de control y partes eléctricas |
| PKLBH | Panformers | Kubiloc | Banco Hidráulico | Revisión y cambio de aceite |
| PKLE | Panformers | Kubiloc | Encoder | Calibración de encoder |
| PKLMS | Panformers | Kubiloc | Matricería, Satélites | Alineación y calibración de Matricería y satélites |
| PKLCC | Panformers | Kubiloc | Cadena, catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| PKLE | Panformers | Kubiloc | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| PKPBH | Panformers | Kubipared | Banco Hidráulico | Revisión y cambio de aceite |
| PKPE | Panformers | Kubipared | Encoder | Calibración de encoder |
| PKPMS | Panformers | Kubipared | Matricería, Satélites | Alineación y calibración de Matricería y satélites |

Cuadro 3. 19 Acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|--------------|--------------|----------------------|-----------------------|---|
| PKPCC | Panformers | Kubipared | Cadena, catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| PKPE | Panformers | Kubipared | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| PPBH | Panformers | Premier | Banco Hidráulico | Revisión y cambio de aceite |
| PPE | Panformers | Premier | Encoder | Calibración de encoder |
| PPMS | Panformers | Premier | Matricería, Satélites | Alineación y calibración de Matricería y satélites |
| PPCC | Panformers | Premier | Cadena, catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| PPE | Panformers | Premier | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| DDT | Doblado | Dobladora | Todo | Revisión de estructura, engrasado de bocines |
| IBTMO | Inyección PU | Banda Transportadora | Motor | Engrasado y Limpieza del motor |
| IBTB | Inyección PU | Banda Transportadora | Banda | Chequeo de alineación de la banda y limpieza |
| IBTBG | Inyección PU | Banda Transportadora | Bandas Guía | Chequeo de desgaste y limpieza de las bandas guía |
| ISNM | Inyección PU | Sistema Neumático | Mangueras | Revisión y limpieza de mangueras |
| ISNV | Inyección PU | Sistema Neumático | Válvulas check | Limpieza de válvulas check |
| ISNE | Inyección PU | Sistema Neumático | Electroválvulas | Revisión y limpieza de electroválvulas |
| IPIP | Inyección PU | Pistola de Inyección | Pistola | Limpieza completa de la pistola, cambio de émbolo en caso de desgaste |

Cuadro 3. 19 Acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|--------------|--------------|-----------------------|-------------------------|--|
| IPISE | Inyección PU | Pistola de Inyección | Sellos, empaques | Revisión de oring's y sellos de la pistola |
| ISBMN | Inyección PU | Sistema de Bombeo | Bomba Neumática | Revisión y comprobación de buen funcionamiento de la bomba neumática |
| ISBBE | Inyección PU | Sistema de Bombeo | Bomba Eléctrica | Revisión de sellos y comprobación de buen funcionamiento de la bomba neumática |
| RRP | Rociado PU | Reactor A20 | Pistón | Revisión y limpieza del pistón |
| RRBS | Rociado PU | Reactor A20 | Bombas Secundarias | Revisión, limpieza y lubricación de las bombas secundarias |
| RRMC | Rociado PU | Reactor A20 | Manguera Calefaccionada | Limpieza y comprobación de que las mangueras no se encuentren obstruidas |
| RBABP | Rociado PU | Bombas Abastecimiento | Bomba Poliol | Limpieza y lubricación de bomba de poliol |
| RBABI | Rociado PU | Bombas Abastecimiento | Bomba Isocianato | Limpieza y lubricación de bomba de isocianato |
| PPV | Plegado | Plegadora | Volante | Revisión y engrasado de bocines del volante |
| PPF | Plegado | Plegadora | Freno | Revisión del freno y regulador de presión |
| PG5T | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Testerías | Chequeo y engrasada de testerías |
| PG5C | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Cable | Revisión del cable tensor y polipastos |
| PG5M | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Motoreductor | Limpieza y engrasado del motoreductor |

Cuadro 3. 19 Acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|--------------|--------------|---------------|--------------|--|
| PG10T | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Testeras | Chequeo y engrasada de testeras |
| PG10C | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Cable | Revisión del cable tensor y polipastos |
| PG10M | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Motoreductor | Limpieza y engrasado del motoreductor |

3.4 DETERMINACIÓN DE LAS PERIODICIDADES DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO.

Las periodicidades de las acciones de mantenimiento se las determinó de acuerdo a la recurrencia con la que suelen presentarse los desperfectos en las partes de cada máquina.

Esta información se la extrae de la experiencia de los operadores de las maquinarias, ya que, son ellos quienes día a día trabajan con ellas. Y conocen los fallos más frecuentes. Por ejemplo:

El operario de la máquina Rollformer 1, indica que las chavetas suelen desgastarse cada nueve o diez semanas, para que lleguen al fallo.

Con esta información se trata de que las chavetas no lleguen al fallo, porque el objetivo es prevenir que la máquina no falle. El tiempo que se demora en cambiar la chaveta y poner en marcha la máquina es de treinta minutos.

Al fallar un elemento de una máquina, generalmente se genera un daño en cadena que puede llegar a magnificar el tamaño de daño ocasionado originalmente, a esto se le suma el desperdicio de tiempo y dinero dependiendo del tipo de daño. Por ejemplo:

Al fallar una chaveta, afecta también al eje y se para la producción lo cual genera pérdida de tiempo y dinero. Ahora no solo hay que cambiar la chaveta sino que también hay que reparar el eje. Esto lleva varias horas dependiendo de la gravedad del daño, que no son comparables con los treinta minutos que se demora en cambiar la chaveta realizando un mantenimiento preventivo.

Con este criterio se ha impuesto las periodicidades de todas las acciones de mantenimiento, pero no son definitivas. Algunas de estas van cambiar con el pasar del tiempo, debido a la teoría de envejecimiento de las maquinarias.

Cuadro 3. 21 Periodicidades de las acciones de mantenimiento

| Frecuencia (Días) | Sección | Máquina | Parte | Descripción |
|------------------------------|----------------|----------------|---------------------|---|
| 60 | Formado 1 | Cizalla | Resortes | Revisión de resortes |
| 180 | Formado 1 | Cizalla | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| 180 | Formado 1 | Rollformer 1 | Ejes y Torres | Alineación de torres y revisión de ejes |
| 60 | Formado 1 | Rollformer 1 | Chavetas | Revisión de chavetas |
| 60 | Formado 1 | Rollformer 1 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| 180 | Formado 1 | Rollformer 1 | Catalinas | Chequeo de desgaste y revisión de catalinas |
| 90 | Formado 1 | Rollformer 1 | Cardanes y crucetas | Revisión, engrasado de cardanes y crucetas |
| 30 | Formado 1 | Rollformer 1 | Matricería | Alineación de Matricería y revisión de desgaste |
| 360 | Formado 1 | Rollformer 1 | Motor | Limpieza y engrasado del motor |
| 180 | Formado 1 | Rollformer 1 | Cajas Reductoras | Revisión completa de cajas reductoras y cambio de aceite |
| 90 | Formado 1 | Rollformer 1 | Rodamientos T Fijas | Revisión y engrasado de los rodamientos en las torres fijas |

Cuadro 3. 20 Periodicidades de las acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|------------|-----------|--------------|---------------------------|---|
| 90 | Formado 1 | Rollformer 1 | Rodamientos T Móviles | Revisión y engrasado de los rodamientos en las torres móviles |
| 45 | Formado 2 | Desbobinador | Banco Hidráulico | Revisión de aceite y limpieza del banco hidráulico |
| 360 | Formado 2 | Desbobinador | Rodamiento Cabezal | Revisión, limpieza y engrasado del rodamiento |
| 270 | Formado 2 | Desbobinador | Cabezal | Chequeo de la estructura y revisión de partes |
| 360 | Formado 2 | Desbobinador | Carro Hidráulico | Revisión del carro hidráulico y su estructura |
| 360 | Formado 2 | Alisadora | Motor | Revisión y limpieza del motor |
| 360 | Formado 2 | Alisadora | Caja Reductora y Cardanes | Limpieza y engrasado de la caja reductora y los cardanes |
| 180 | Formado 2 | Alisadora | Chumaceras y Rodamientos | Lubricación de chumaceras y rodamientos |
| 360 | Formado 2 | Cizalla | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| 180 | Formado 2 | Cizalla | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| 360 | Formado 2 | Cizalla | Motor + Reductor | Revisión y limpieza del motor y reductor |

Cuadro 3. 20 Periodicidades de las acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|------------|-----------|--------------|---------------------------------|---|
| 180 | Formado 2 | Cizalla | Tablero de Control + encoder | limpieza y revisión del encoder y tablero de control |
| 360 | Formado 2 | Rollformer 2 | Ejes | Revisión de desgaste de ejes |
| 180 | Formado 2 | Rollformer 2 | Chavetas | Revisión de desgaste de chavetas |
| 45 | Formado 2 | Rollformer 2 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| 360 | Formado 2 | Rollformer 2 | Catalinas | Chequeo de desgaste y revisión de catalinas |
| 270 | Formado 2 | Rollformer 2 | Cardanes y crucetas | Engrasado, revisión de cardanes y crucetas |
| 30 | Formado 2 | Rollformer 2 | Matricerías | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| 360 | Formado 2 | Rollformer 2 | Cajas Reductoras | Revisión completa de cajas reductoras y cambio de aceite |
| 120 | Formado 2 | Rollformer 2 | Chumaceras Tensoras | Revisión y engrasado de chumaceras tensoras |
| 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Matricería | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Motor | Limpieza y engrasado del motor |

Cuadro 3. 20 Periodicidades de las acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|------------|-----------|-----------------|----------------------|--|
| 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Caja reductora | Revisión y engrasado de la caja reductora |
| 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Cadenas y Catalinas | Engrasado, revisión de cadena y catalinas |
| 180 | Formado 3 | Rollformer 3 | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| 270 | Formado 4 | Desbobinador | Banco Hidráulico | Revisión y limpieza del banco hidráulico |
| 720 | Formado 4 | Desbobinador | Cabezal | Chequeo de la estructura y revisión de partes |
| 360 | Formado 4 | Desbobinador | Sistema Eléctrico | Revisión del sistema eléctrico y variador |
| 360 | Formado 4 | Cizalla Entrada | Fines de Carrera | Revisión de funcionamiento de fines de carrera |
| 90 | Formado 4 | Cizalla Entrada | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| 90 | Formado 4 | Cizalla Entrada | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| 180 | Formado 4 | Rollformer 4 | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| 360 | Formado 4 | Rollformer 4 | Resortes | Chequeo de resortes |
| 360 | Formado 4 | Rollformer 4 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| 90 | Formado 4 | Rollformer 4 | Matricería | Revisión y limpieza de matricería |
| 360 | Formado 4 | Rollformer 4 | Motor - Reductor | Chequeo y engrasado del moto-reductor |
| 270 | Formado 4 | Rollformer 4 | Catalinas y Chavetas | Revisión de catalinas y chavetas |
| 360 | Formado 4 | Cizalla Salida | Fines de Carrera | Revisión de funcionamiento de fines de carrera |

Cuadro 3. 20 Periodicidades de las acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|------------|------------|--------------------|-----------------------|--|
| 90 | Formado 4 | Cizalla Salida | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| 30 | Formado 4 | Cizalla Salida | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| 90 | Formado 4 | Prensa | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| 360 | Formado 4 | Sistema Hidráulico | Motor | Chequeo y limpieza del motor |
| 360 | Formado 4 | Sistema Hidráulico | Bomba | Chequeo y limpieza de la bomba hidráulica |
| 270 | Formado 4 | Sistema Eléctrico | Panel de Control | Revisión del panel de control y partes eléctricas |
| 180 | Panformers | Kubiloc | Banco Hidráulico | Revisión y cambio de aceite |
| 180 | Panformers | Kubiloc | Encoder | Calibración de encoder |
| 180 | Panformers | Kubiloc | Matricería, Satélites | Alineación y calibración de matricería y satélites |
| 180 | Panformers | Kubiloc | Cadena, Catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| 180 | Panformers | Kubiloc | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| 180 | Panformers | Kubipared | Banco Hidráulica | Revisión y cambio de aceite |
| 180 | Panformers | Kubipared | Encoder | Calibración de encoder |
| 180 | Panformers | Kubipared | Matrcería, Satélites | Alineación y calibración de matricería y satélites |

Cuadro 3. 20 Periodicidades de las acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|------------|--------------|----------------------|---------------------|---|
| 180 | Panformers | Kubipared | Cadena, Catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| 180 | Panformers | Kubipared | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| 180 | Panformers | Premier | Banco Hidráulica | Revisión y cambio de aceite |
| 180 | Panformers | Premier | Encoder | Calibración de encoder |
| 360 | Panformers | Premier | Matrcerà, Satélites | Alineación y calibración de matrcerà y satélites |
| 360 | Panformers | Premier | Cadena, Catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| 360 | Panformers | Premier | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| 180 | Doblado | Dobladora | Todo | Revisión de estructura, engrasado de bocines |
| 270 | Inyección PU | Banda Transportadora | Motor | Engrasado y Limpieza del motor |
| 30 | Inyección PU | Banda Transportadora | Banda | Chequeo de alineación de la banda y limpieza |
| 30 | Inyección PU | Banda Transportadora | Bandas Guía | Chequeo de desgaste y limpieza de las bandas guía |
| 60 | Inyección PU | Sistema Neumático | Mangueras | Revisión y limpieza de mangueras |
| 60 | Inyección PU | Sistema Neumático | Válvulas check | Limpieza de válvulas check |

Cuadro 3. 20 Periodicidades de las acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|------------|--------------|-----------------------|-------------------------|--|
| 30 | Inyección PU | Sistema Neumático | Electroválvulas | Revisión y limpieza de electroválvulas |
| 30 | Inyección PU | Pistola de Inyección | Pistola | Limpieza completa de la pistola, cambio de émbolo en caso de desgaste |
| 180 | Inyección PU | Pistola de Inyección | Sellos, empaques | Revisión de oring's y sellos de la pistola |
| 270 | Inyección PU | Sistema de Bombeo | Bomba Neumática | Revisión y comprobación de buen funcionamiento de la bomba neumática |
| 270 | Inyección PU | Sistema de Bombeo | Bomba Eléctrica | Revisión de sellos y comprobación de buen funcionamiento de la bomba neumática |
| 30 | Rociado PU | Reactor A20 | Pistón | Revisión y limpieza del pistón |
| 30 | Rociado PU | Reactor A20 | Bombas Secundarias | Revisión, limpieza y lubricación de las bombas secundarias |
| 30 | Rociado PU | Reactor A20 | Manguera Calefaccionada | Limpieza y comprobación de que las mangueras no se encuentren obstruidas |
| 30 | Rociado PU | Bombas Abastecimiento | Bomba Polioliol | Limpieza y lubricación de bomba de polioliol |
| 30 | Rociado PU | Bombas Abastecimiento | Bomba Isocianato | Limpieza y lubricación de bomba de isocianato |

Cuadro 3. 20 Periodicidades de las acciones de mantenimiento (continuación)

| | | | | |
|------------|--------------|---------------|--------------|---|
| 360 | Plegado | Plegadora | Volante | Revisión y engrasado de bocines del volante |
| 360 | Plegado | Plegadora | Freno | Revisión del freno y regulador de presión |
| 90 | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Testeras | Chequeo y engrasada de testeras |
| 90 | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Cable | Revisión del cable tensor y polipastos |
| 90 | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Motoreductor | Limpieza y engrasado del motoreductor |
| 60 | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Testeras | Chequeo y engrasada de testeras |
| 60 | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Cable | Revisión del cable tensor y polipastos |
| 60 | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Motoreductor | Limpieza y engrasado del motoreductor |

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL MANTENIMIENTO

Para determinar los Recursos Humanos del mantenimiento, primero se debe conocer el tiempo total anual y mensual necesario para realizar todas las acciones de mantenimiento. También se debe clasificar las acciones por el tipo de trabajo, es decir, si es de tipo mecánico o eléctrico.

El cuadro 3.21 clasifica el tipo de trabajo y determina el tiempo que se demora en realizar cada tarea o acción de mantenimiento.

Para obtener el tiempo anual de realización de una tarea se divide 365 días “un año” para la frecuencia de las acciones y se multiplica por el tiempo necesario para realizar cada tarea, como lo indica la ecuación 3.1

$$\frac{\text{Tiempo}}{\text{año}} = \frac{365}{\text{Frecuencia}} * \text{tiempo de tarea}$$

Ecuación 3. 1 Tiempo anual de realización de una tarea

Ejemplo:

$$\text{F1CR} \quad \frac{\text{Tiempo}}{\text{año}} = \frac{365}{60} * 0.25 = 1.5$$

Esto quiere decir que, anualmente se necesita 1,5 horas para realizar la tarea F1CR una vez cada 60 días

Cuadro 3. 22 Tiempo de realización de trabajos mecánicos

| Código | Tipo de Trabajo | Frecuencia | Tiempo de tarea (h) | Tiempo/año |
|--------|-----------------|------------|---------------------|------------|
| F1CR | mecánico | 60 | 0,25 | 1,50 |
| F1CC | mecánico | 180 | 1 | 2,00 |
| F1RE | mecánico | 180 | 4 | 8,00 |
| F1RCV | mecánico | 60 | 2 | 12,00 |
| F1RCD | mecánico | 60 | 0,5 | 3,00 |
| F1RCT | mecánico | 180 | 0,25 | 0,50 |

Cuadro 3. 21 Tiempo de realización de trabajos mecánicos (continuación)

| | | | | |
|--------------|----------|-----|------|-------|
| F1RCC | mecánico | 90 | 0,5 | 2,00 |
| F1RM | mecánico | 30 | 4 | 48,00 |
| F1RCR | mecánico | 180 | 0,25 | 0,50 |
| F1RRF | mecánico | 90 | 0,25 | 1,00 |
| F1RRM | mecánico | 90 | 0,25 | 1,00 |
| F2DBH | mecánico | 45 | 0,25 | 2,00 |
| F2DRC | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| F2DCZ | mecánico | 270 | 1 | 1,33 |
| F2DCH | mecánico | 360 | 0,5 | 0,50 |
| F2ACC | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| F2ACR | mecánico | 180 | 1 | 2,00 |
| F2CC | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| F2CR | mecánico | 180 | 1 | 2,00 |
| F2CMR | mecánico | 360 | 0,25 | 0,25 |
| F2RE | mecánico | 360 | 8 | 8,00 |
| F2RCV | mecánico | 180 | 4 | 8,00 |
| F2RCD | mecánico | 45 | 1 | 8,00 |
| F2RCT | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| F2RCC | mecánico | 270 | 1,5 | 2,00 |
| F2RM | mecánico | 30 | 4 | 48,00 |
| F2RCR | mecánico | 360 | 8 | 8,00 |
| F2RCH | mecánico | 120 | 2 | 6,00 |
| F3RM | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| F3RCR | mecánico | 360 | 2 | 2,00 |
| F3RCP | mecánico | 360 | 0,5 | 0,50 |
| F3RR | mecánico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| F4DBH | mecánico | 270 | 0,5 | 0,67 |
| F4DCZ | mecánico | 720 | 0,5 | 0,25 |
| F4CEC | mecánico | 90 | 2 | 8,00 |
| F4RR | mecánico | 180 | 1 | 2,00 |
| F4RRS | mecánico | 360 | 0,5 | 0,50 |
| F4RCD | mecánico | 360 | 0,5 | 0,50 |

Cuadro 3. 21 Tiempo de realización de trabajos mecánicos (continuación)

| | | | | |
|--------------|----------|-----|------|-------|
| F4RM | mecánico | 90 | 1 | 4,00 |
| F4RMR | mecánico | 360 | 0,5 | 0,50 |
| F4RCC | mecánico | 270 | 3 | 4,00 |
| F4CSC | mecánico | 30 | 2 | 24,00 |
| F4SHB | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| PKLBH | mecánico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| PKLMS | mecánico | 180 | 1 | 2,00 |
| PKLCC | mecánico | 180 | 0,25 | 0,50 |
| PKPBH | mecánico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| PKPMS | mecánico | 180 | 1 | 2,00 |
| PKPCC | mecánico | 180 | 0,25 | 0,50 |
| PPBH | mecánico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| PPMS | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| PPCC | mecánico | 360 | 0,25 | 0,25 |
| DDT | mecánico | 180 | 1 | 2,00 |
| IBTB | mecánico | 30 | 1 | 12,00 |
| IBTBG | mecánico | 30 | 1 | 12,00 |
| ISNM | mecánico | 60 | 0,5 | 3,00 |
| ISNV | mecánico | 60 | 0,5 | 3,00 |
| ISNE | mecánico | 30 | 0,5 | 6,00 |
| IPIP | mecánico | 30 | 2 | 24,00 |
| IPISE | mecánico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| ISBMN | mecánico | 270 | 1 | 1,33 |
| RRP | mecánico | 30 | 1 | 12,00 |
| RRBS | mecánico | 30 | 0,5 | 6,00 |
| RBABP | mecánico | 30 | 0,25 | 3,00 |
| RBABI | mecánico | 30 | 0,25 | 3,00 |
| PPV | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| PPF | mecánico | 360 | 1 | 1,00 |
| PG5T | mecánico | 90 | 2 | 8,00 |
| PG5C | mecánico | 90 | 2 | 8,00 |
| PG5M | mecánico | 90 | 1 | 4,00 |

Cuadro 3. 21 Tiempo de realización de trabajos mecánicos (continuación)

| | | | | |
|--------------|----------|----|-------|-------|
| PG10T | mecánico | 60 | 2 | 12,00 |
| PG10C | mecánico | 60 | 2 | 12,00 |
| PG10M | mecánico | 60 | 1 | 6,00 |
| | | | Total | 379,1 |
| Tiempo/mes | | | | 31,6 |

El tiempo/mes, se lo obtiene de la sumatoria total de todas las tareas y dividiendo para doce (meses del año). En este caso las acciones de tipo mecánico indican que se necesita 31,6 horas al mes para realizar las tareas pertinentes.

Cuadro 3. 23 Tiempo de realización de trabajos eléctricos

| Código | Tipo de Trabajo | Frecuencia | Tiempo de tarea (h) | Tiempo/año |
|---------------|------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| F1RMO | eléctrico | 360 | 0,25 | 0,25 |
| F2AM | eléctrico | 360 | 0,25 | 0,25 |
| F2CTC | eléctrico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| F3RMO | eléctrico | 360 | 2 | 2,00 |
| F4DSE | eléctrico | 360 | 0,5 | 0,50 |
| F4CEF | eléctrico | 360 | 0,25 | 0,25 |
| F4CEE | eléctrico | 90 | 2 | 8,00 |
| F4CSF | eléctrico | 360 | 0,25 | 0,25 |
| F4CSE | eléctrico | 90 | 2 | 8,00 |
| F4PE | eléctrico | 90 | 2 | 8,00 |
| F4SHM | eléctrico | 360 | 1 | 1,00 |
| F4SEP | eléctrico | 270 | 0,5 | 0,67 |
| PKLE | eléctrico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| PKLE | eléctrico | 180 | 1 | 2,00 |
| PKPE | eléctrico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| PKPE | eléctrico | 180 | 1 | 2,00 |
| PPE | eléctrico | 180 | 0,5 | 1,00 |
| PPE | eléctrico | 360 | 1 | 1,00 |

Cuadro 3. 22 Tiempo de realización de trabajos eléctricos (continuación)

| | | | | |
|--------------|-----------|-----|-------|------|
| IBTMO | eléctrico | 270 | 0,5 | 0,67 |
| ISBBE | eléctrico | 270 | 1 | 1,33 |
| RRMC | eléctrico | 30 | 0,5 | 6,00 |
| | | | Total | 46,2 |
| Tiempo/mes | | | | 3,8 |

Para las tareas de tipo eléctrico se necesita dedicar 3,8 horas por mes.

La sumatoria total entre los dos tipos de trabajo da como resultado 425,3horas/año y 35,4horas/mes

Un trabajador labora 8 horas diarias durante 5 días de la semana ó 40 horas semanales, dependiendo del horario de trabajo que imponga la empresa. Mensualmente se trabaja 160 horas. Entonces, no se necesita contratar personal para realizar las tareas de mantenimiento, pues los mismos operadores realizan los trabajos de mantenimiento, con la debida capacitación.

3.6 PLANEACIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO

La planeación del mantenimiento de la planta siempre dependerá de la planificación de la producción, es decir que, para realizar las tareas de mantenimiento de las máquina con categoría "A" se deberá coordinar los días en que se puede realizar paros programados para intervenir a las máquinas. Y para las demás categorías simplemente se realizará el mantenimiento en los días que no haya producción o los días sábados.

El control del mantenimiento de las máquinas se lo realiza mediante varios indicadores, como:

- Índice de Disponibilidad.- que se calcula de la siguiente forma:

$$D = \frac{TP - TM}{TP}$$

Ecuación 3. 2 Disponibilidad genérica

Donde:

D: Disponibilidad.- estado en el que una máquina está lista para producir.

TP: Tiempo Planeado.- tiempo planificado de producción.

TM: Tiempo Muerto.- tiempo en el cual la maquinaria no está produciendo.

- Horas de paro.- es el tiempo en el cual la máquina no está en funcionamiento debido a una avería, durante la jornada laboral.

En la figura 3.13 se muestra un reporte de las horas de paro por máquina

Horas de Paro

Fecha Inicio: 02/09/2012
Fecha Fin: 28/09/2012

| | | | | |
|----------|--------------|----------------|------------|----------------|
| Máquina: | Rollformer 1 | | | |
| | Horas Real | Horas Estimada | Horas Paro | Disponibilidad |
| | 3 | 3 | 3 | 97,09% |

| | | | |
|-----------------|------------------|------------------|--|
| Total HorasReal | Total Horas Est. | Total Horas Paro | |
| 3 | 3 | 3 | |

Figura 3. 13 Horas de paro

3.7 COLECCIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO

La colección de datos del sistema de mantenimiento se presenta en el cuadro 3.23, donde se detalla las tareas de mantenimiento correspondiente a cada sección-máquina-parte, la frecuencia y el tipo de trabajo a realizarse.

Cuadro 3. 24 Colección de datos del sistema de mantenimiento

| Código | Tipo de Trabajo | Frec. | Sección | Máquina | Parte | Descripción |
|---------------|------------------------|--------------|----------------|----------------|---------------------|--|
| F1CR | mecánico | 60 | Formado 1 | Cizalla M | Resortes | Revisión de resortes |
| F1CC | mecánico | 180 | Formado 1 | Cizalla M | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| F1RE | mecánico | 180 | Formado 1 | Rollformer 1 | Ejes y Torres | Alineación de torres y revisión de ejes |
| F1RCV | mecánico | 60 | Formado 1 | Rollformer 1 | Chavetas | Revisión de chavetas |
| F1RCD | mecánico | 60 | Formado 1 | Rollformer 1 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| F1RCT | mecánico | 180 | Formado 1 | Rollformer 1 | Catalinas | Chequeo de desgaste y revisión de catalinas |
| F1RCC | mecánico | 90 | Formado 1 | Rollformer 1 | Cardanes y crucetas | Revisión, engrasado de cardanes y crucetas |
| F1RM | mecánico | 30 | Formado 1 | Rollformer 1 | Matricería | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| F1RMO | eléctrico | 360 | Formado 1 | Rollformer 1 | Motor | Limpieza y engrasado del motor |
| F1RCR | mecánico | 180 | Formado 1 | Rollformer 1 | Cajas Reductoras | Revisión completa de cajas reductoras y cambio de aceite |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----------|--------------|---------------------------|---|
| F1RRF | mecánico | 90 | Formado 1 | Rollformer 1 | Rodamientos T Fijas | Revisión y engrasado de los rodamientos en las torres fijas |
| F1RRM | mecánico | 90 | Formado 1 | Rollformer 1 | Rodamientos T Móviles | Revisión y engrasado de los rodamientos en las torres móviles |
| F2DBH | mecánico | 45 | Formado 2 | Desbobinador | Banco Hidráulico | Revisión de aceite y limpieza del banco hidráulico |
| F2DRC | mecánico | 360 | Formado 2 | Desbobinador | Rodamiento Cabezal | Revisión, limpieza y engrasado del rodamiento |
| F2DCZ | mecánico | 270 | Formado 2 | Desbobinador | Cabezal | Chequeo de la estructura y revisión de partes |
| F2DCH | mecánico | 360 | Formado 2 | Desbobinador | Carro Hidráulico | Revisión del carro hidráulico y su estructura |
| F2AM | eléctrico | 360 | Formado 2 | Alisadora | Motor | Revisión y limpieza del motor |
| F2ACC | mecánico | 360 | Formado 2 | Alisadora | Caja Reductora y Cardanes | Limpieza y engrasado de la caja reductora y los cardanes |
| F2ACR | mecánico | 180 | Formado 2 | Alisadora | Chumaceras y Rodamientos | Lubricación de chumaceras y rodamientos |
| F2CC | mecánico | 360 | Formado 2 | Cizalla A | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----------|--------------|------------------------------|--|
| F2CR | mecánico | 180 | Formado 2 | Cizalla A | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| F2CMR | mecánico | 360 | Formado 2 | Cizalla A | Motor + Reductor | Revisión y limpieza del motor y reductor |
| F2CTC | eléctrico | 180 | Formado 2 | Cizalla A | Tablero de Control + encoder | limpieza y revisión del encoder y tablero de control |
| F2RE | mecánico | 360 | Formado 2 | Rollformer 2 | Ejes | Revisión de desgaste de ejes |
| F2RCV | mecánico | 180 | Formado 2 | Rollformer 2 | Chavetas | Revisión de desgaste de chavetas |
| F2RCD | mecánico | 45 | Formado 2 | Rollformer 2 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| F2RCT | mecánico | 360 | Formado 2 | Rollformer 2 | Catalinas | Chequeo de desgaste y revisión de catalinas |
| F2RCC | mecánico | 270 | Formado 2 | Rollformer 2 | Cardanes y crucetas | Engrasado, revisión de cardanes y crucetas |
| F2RM | mecánico | 30 | Formado 2 | Rollformer 2 | Matricería | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| F2RCR | mecánico | 360 | Formado 2 | Rollformer 2 | Cajas Reductoras | Revisión completa de cajas reductoras y cambio de aceite |
| F2RCH | mecánico | 120 | Formado 2 | Rollformer 2 | Chumaceras Tensoras | Revisión y engrasado de chumaceras tensoras |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----------|-----------------|---------------------|---|
| F3RM | mecánico | 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Matricería | Alineación de matricería y revisión de desgaste |
| F3RMO | eléctrico | 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Motor | Limpieza y engrasado del motor |
| F3RCR | mecánico | 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Caja reductora | Revisión y engrasado de la caja reductora |
| F3RCP | mecánico | 360 | Formado 3 | Rollformer 3 | Cadenas y catalinas | Engrasado, revisión de cadena y catalinas |
| F3RR | mecánico | 180 | Formado 3 | Rollformer 3 | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| F4DBH | mecánico | 270 | Formado 4 | Desbobinador | Banco Hidráulico | Revisión y limpieza del banco hidráulico |
| F4DCZ | mecánico | 720 | Formado 4 | Desbobinador | Cabezal | Chequeo de la estructura y revisión de partes |
| F4DSE | eléctrico | 360 | Formado 4 | Desbobinador | Sistema Eléctrico | Revisión del sistema eléctrico y variador |
| F4CEF | eléctrico | 360 | Formado 4 | Cizalla Entrada | Fines de Carrera | Revisión de funcionamiento de fines de carrera |
| F4CEE | eléctrico | 90 | Formado 4 | Cizalla Entrada | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----------|--------------------|----------------------|--|
| F4CEC | mecánico | 90 | Formado 4 | Cizalla Entrada | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| F4RR | mecánico | 180 | Formado 4 | Rollformer 4 | Rodamientos | Engrasado de rodamientos |
| F4RRS | mecánico | 360 | Formado 4 | Rollformer 4 | Resortes | Chequeo de resortes |
| F4RCD | mecánico | 360 | Formado 4 | Rollformer 4 | Cadena | Revisión y engrasado de cadena |
| F4RM | mecánico | 90 | Formado 4 | Rollformer 4 | Matricería | Revisión y limpieza de matricería |
| F4RMR | mecánico | 360 | Formado 4 | Rollformer 4 | Motor - Reductor | Chequeo y engrasado del moto-reductor |
| F4RCC | mecánico | 270 | Formado 4 | Rollformer 4 | Catalinas y Chavetas | Revisión de catalinas y chavetas |
| F4CSF | eléctrico | 360 | Formado 4 | Cizalla Salida | Fines de Carrera | Revisión de funcionamiento de fines de carrera |
| F4CSE | eléctrico | 90 | Formado 4 | Cizalla Salida | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| F4CSC | mecánico | 30 | Formado 4 | Cizalla Salida | Cuchilla | Calibración de Cuchilla |
| F4PE | eléctrico | 90 | Formado 4 | Prensa | Electroválvula | Revisión y limpieza de electroválvula |
| F4SHM | eléctrico | 360 | Formado 4 | Sistema Hidráulico | Motor | Chequeo y limpieza del motor |
| F4SHB | mecánico | 360 | Formado 4 | Sistema Hidráulico | Bomba | Chequeo y limpieza de la bomba hidráulica |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|---|-----------|-----|------------|-------------------|-----------------------|--|
| F4SEP | eléctrico | 270 | Formado 4 | Sistema Eléctrico | Panel de Control | Revisión del panel de control y partes eléctricas |
| PKLBH | mecánico | 180 | Panformers | Kubiloc | Banco Hidráulico | Revisión y cambio de aceite |
| PKLE | eléctrico | 180 | Panformers | Kubiloc | Encoder | Calibración de encoder |
| PKLMS | mecánico | 180 | Panformers | Kubiloc | Matricería, Satélites | Alineación y calibración de matricería y satélites |
| Cuadro 3.22 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación) | | | | | | |
| PKLCC | mecánico | 180 | Panformers | Kubiloc | Cadena, catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| PKLE | eléctrico | 180 | Panformers | Kubiloc | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| PKPBH | mecánico | 180 | Panformers | Kubipared | Banco Hidráulico | Revisión y cambio de aceite |
| PKPE | eléctrico | 180 | Panformers | Kubipared | Encoder | Calibración de encoder |
| PKPMS | mecánico | 180 | Panformers | Kubipared | Matricería, Satélites | Alineación y calibración de matricería y satélites |
| PKPCC | mecánico | 180 | Panformers | Kubipared | Cadena, catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| PKPE | eléctrico | 180 | Panformers | Kubipared | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----------------|-------------------------|-----------------------|--|
| PPBH | mecánico | 180 | Panformers | Premier | Banco Hidráulico | Revisión y cambio de aceite |
| PPE | eléctrico | 180 | Panformers | Premier | Encoder | Calibración de encoder |
| PPMS | mecánico | 360 | Panformers | Premier | Matricería, Satélites | Alineación y calibración de matricería y satélites |
| PPCC | mecánico | 360 | Panformers | Premier | Cadena, catalinas | Chequeo y engrasado de cadena y catalinas |
| PPE | eléctrico | 360 | Panformers | Premier | Electroválvulas | Limpieza y chequeo de electroválvulas |
| DDT | mecánico | 180 | Doblado | Dobladora | Todo | Revisión de estructura, engrasado de bocines |
| IBTMO | eléctrico | 270 | Inyección PU | Banda Transportadora | Motor | Engrasado y Limpieza del motor |
| IBTB | mecánico | 30 | Inyección PU | Banda Transportadora | Banda | Chequeo de alineación de la banda y limpieza |
| IBTBG | mecánico | 30 | Inyección PU | Banda Transportadora | Bandas Guía | Chequeo de desgaste y limpieza de las bandas guía |
| ISNM | mecánico | 60 | Inyección PU | Sistema Neumático | Mangueras | Revisión y limpieza de mangueras |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----------------|-------------------------|--------------------|--|
| ISNV | mecánico | 60 | Inyección PU | Sistema Neumático | Válvulas check | Limpieza de válvulas check |
| ISNE | mecánico | 30 | Inyección PU | Sistema Neumático | Electroválvulas | Revisión y limpieza de electroválvulas |
| IPIP | mecánico | 30 | Inyección PU | Pistola de Inyección | Pistola | Limpieza completa de la pistola, cambio de émbolo en caso de desgaste |
| IPISE | mecánico | 180 | Inyección PU | Pistola de Inyección | Sellos, empaques | Revisión de oring's y sellos de la pistola |
| ISBMN | mecánico | 270 | Inyección PU | Sistema de Bombeo | Bomba Neumática | Revisión y comprobación de buen funcionamiento de la bomba neumática |
| ISBBE | eléctrico | 270 | Inyección PU | Sistema de Bombeo | Bomba Eléctrica | Revisión de sellos y comprobación de buen funcionamiento de la bomba neumática |
| RRP | mecánico | 30 | Rociado PU | Reactor A20 | Pistón | Revisión y limpieza del pistón |
| RRBS | mecánico | 30 | Rociado PU | Reactor A20 | Bombas Secundarias | Revisión, limpieza y lubricación de las bombas secundarias |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----------------|--------------------------|----------------------------|--|
| RRMC | eléctrico | 30 | Rociado PU | Reactor A20 | Manguera Calefaccionada | Limpieza y comprobación de que las mangueras no se encuentren obstruidas |
| RBABP | mecánico | 30 | Rociado PU | Bombas Abastecimiento | Bomba Poliol | Limpieza y lubricación de bomba de poliol |
| RBABI | mecánico | 30 | Rociado PU | Bombas Abastecimiento | Bomba Isocianato | Limpieza y lubricación de bomba de isocianato |
| PPV | mecánico | 360 | Plegado | Plegadora | Volante | Revisión y engrasado de bocines del volante |
| PPF | mecánico | 360 | Plegado | Plegadora | Freno | Revisión del freno y regulador de presión |
| PG5T | mecánico | 90 | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Testerías | Chequeo y engrasada de testerías |
| PG5C | mecánico | 90 | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Cable | Revisión del cable tensor y polipastos |
| PG5M | mecánico | 90 | Puentes Grúa | Puente 5 Ton | Motoreductor | Limpieza y engrasado del motoreductor |
| PG10T | mecánico | 60 | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Testerías | Chequeo y engrasada de testerías |

Cuadro 3.23 Colección de datos del sistema de mantenimiento (continuación)

| | | | | | | |
|--------------|----------|----|-----------------|---------------|--------------|--|
| PG10C | mecánico | 60 | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Cable | Revisión del cable tensor y polipastos |
| PG10M | mecánico | 60 | Puentes Grúa | Puente 10 Ton | Motoreductor | Limpieza y engrasado del motoreductor |

CAPITULO 4

DESARROLLO DEL SOFTWARE DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

4.1 CONFIGURACION DEL SOFWARE

La configuración del software se realiza analizando todos los requerimientos de entrada y salida de datos, para gestionarlos mediante una base de datos que pueda brindar la funcionalidad requerida por el usuario, como se indica en la figura 4.1.

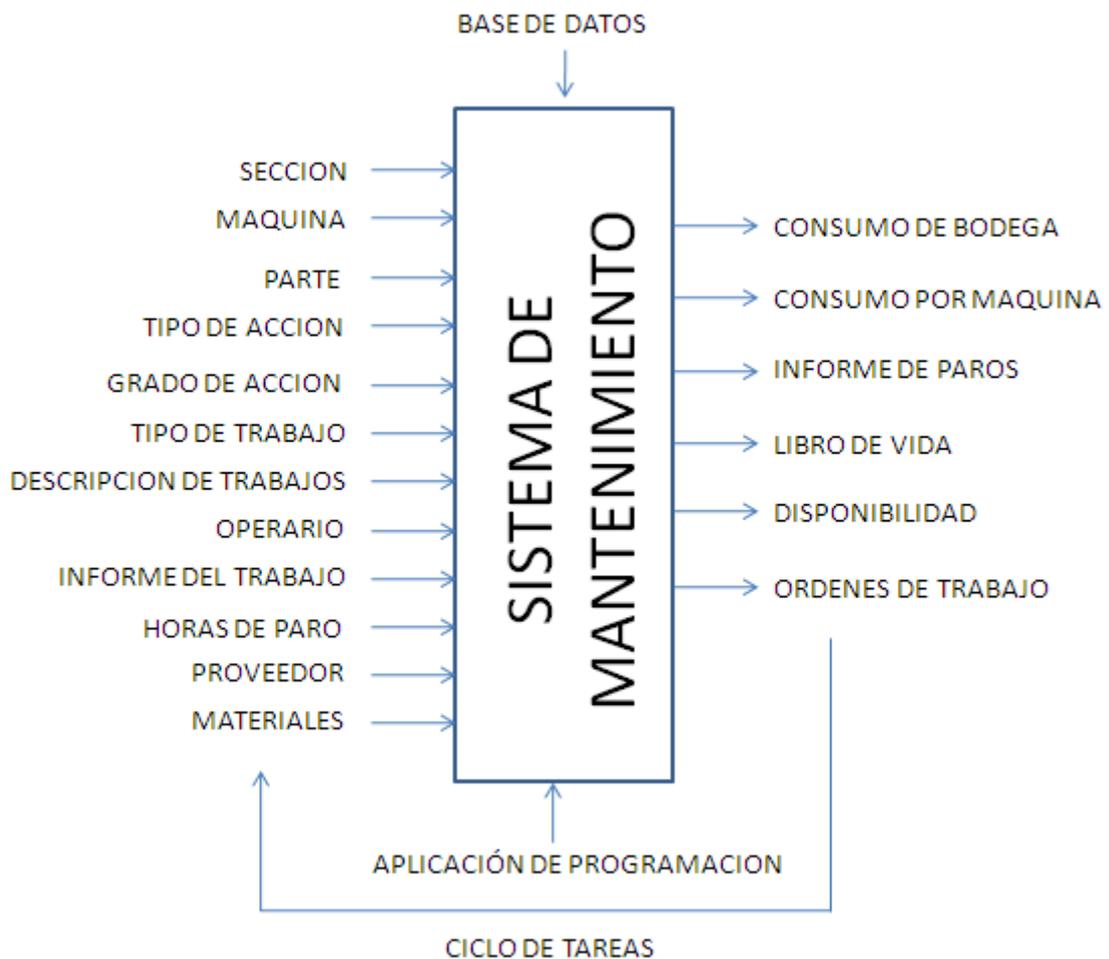


Figura 4. 1 Configuración del Software

El sistema de mantenimiento responderá al siguiente diagrama de correlación, como se indica en la figura 4.2

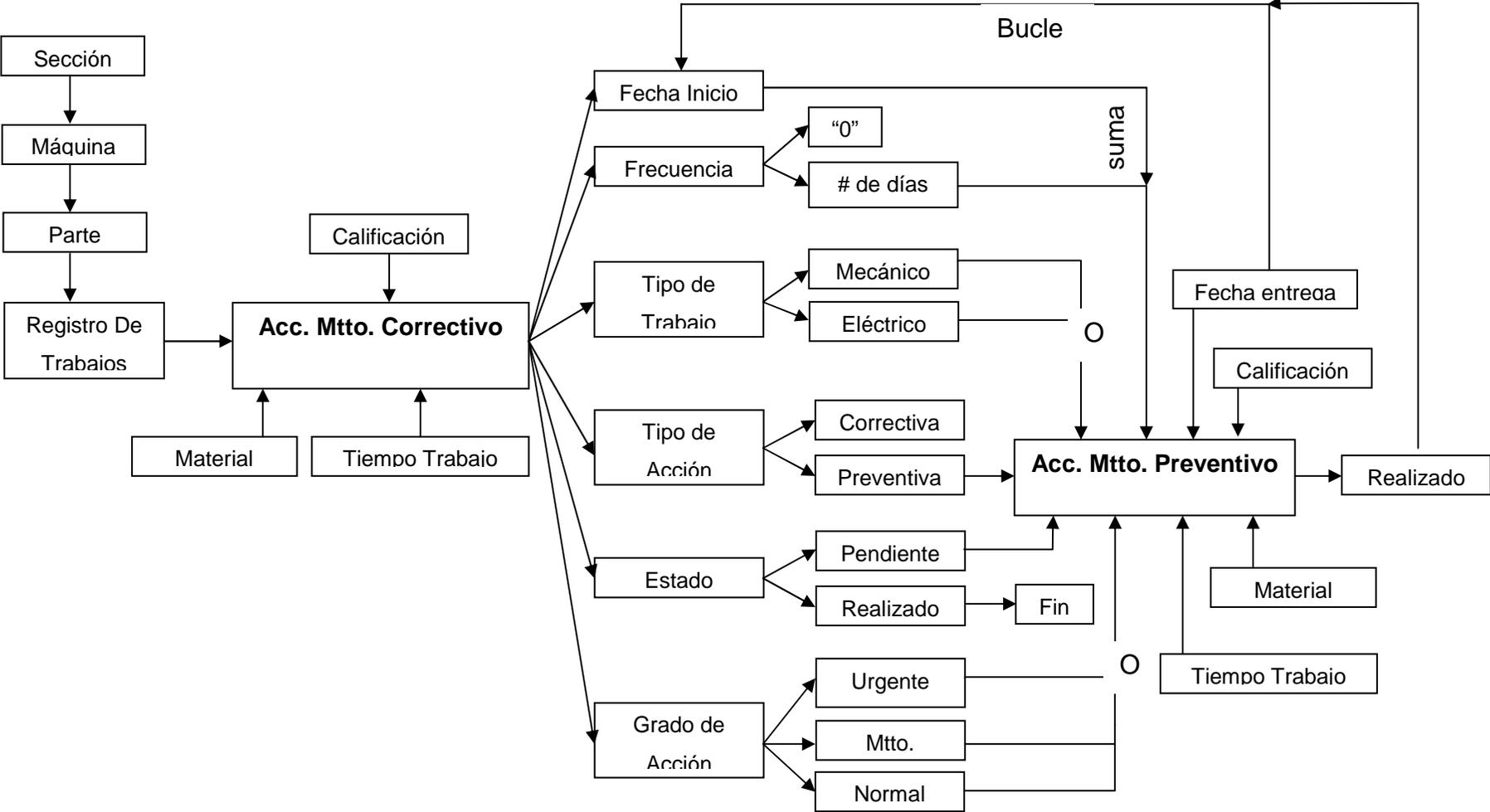


Figura 4. 2 Diagrama de correlación de la aplicación del software

A continuación se detalla en un diagrama la generación de órdenes de trabajo.

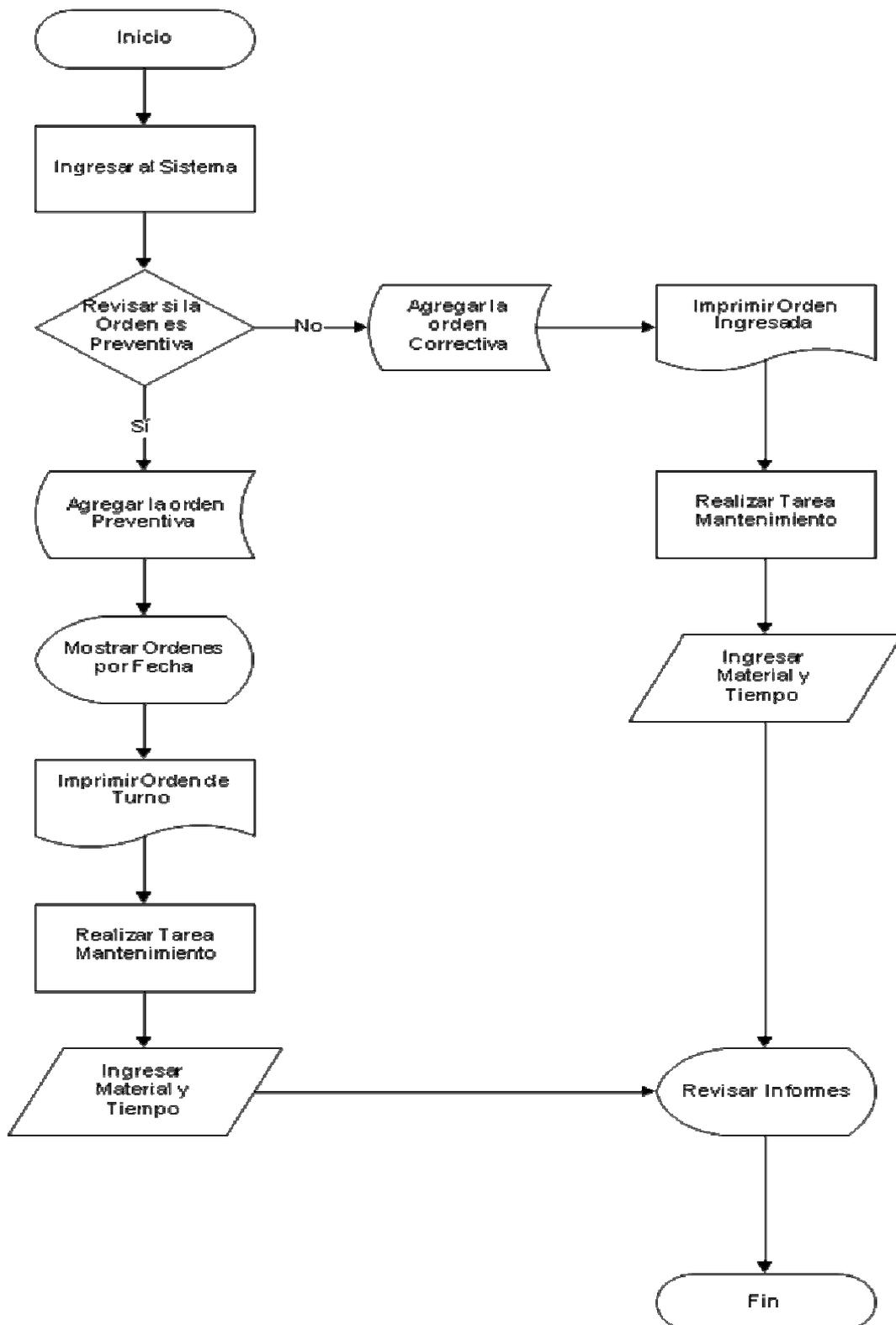


Figura 4. 3 Diagrama de procesos de la orden de trabajo

4.2 MÓDULO DE INFORMACIÓN DE ENTRADA

Se llamará información de entrada a todos los datos que se ingresen por primera vez para “alimentar” la base del plan de mantenimiento.

Para ingresar al software, es necesario seleccionar un usuario e ingresar la clave respectiva. Para este caso se selecciona “ADMIN” como se indica en la figura 4.4



Figura 4. 4 Ingreso al sistema

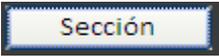
Enseguida aparecerá la pantalla principal del software la cual se la conocerá con el nombre de “Menú de Ingresos”, “Transacciones”, “Informes” como se muestra en la figura 4.5

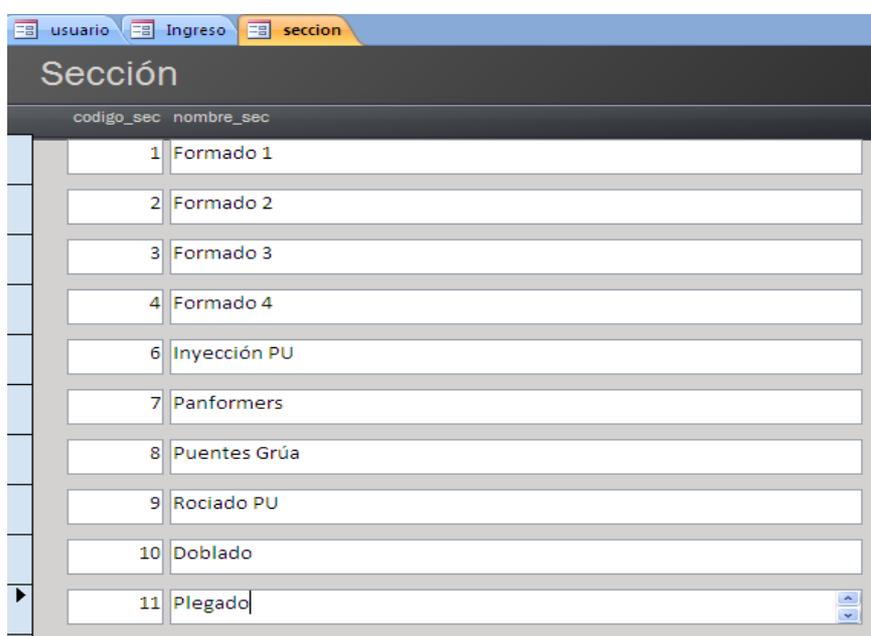


Figura 4. 5 Ventana principal

4.2.1 INGRESO DE INVENTARIO TÉCNICO

Para alimentar la base general de datos, se debe comenzar por ingresar el inventario técnico que se registró en la sección 3.1, ubicándose en el “Menú de ingresos”. Se lo hará de la siguiente forma:

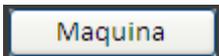
1. Al hacer clic en el botón , se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.6, en la cual se ingresará toda la información correspondiente a las secciones de formado.



| codigo_sec | nombre_sec |
|------------|--------------|
| 1 | Formado 1 |
| 2 | Formado 2 |
| 3 | Formado 3 |
| 4 | Formado 4 |
| 6 | Inyección PU |
| 7 | Panformers |
| 8 | Puentes Grúa |
| 9 | Rociado PU |
| 10 | Doblado |
| 11 | Plegado |

Figura 4. 6 Ingreso de secciones

Al cerrar la ventana de sección y cualquier otra ventana se guardará automáticamente la información

2. Al hacer clic en el botón , se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.7, en la cual se ingresará toda la información correspondiente a las máquinas de la planta. Las cuales se les asignará su respectiva sección.

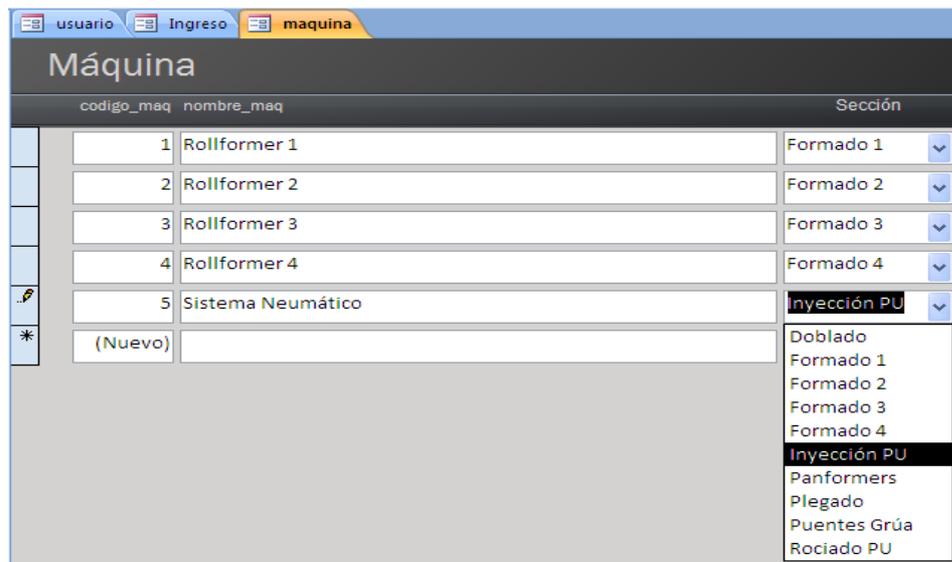


Figura 4. 7 Ingreso de máquinas

3. Al hacer clic en el botón , se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.8, en la cual se ingresará toda la información correspondiente a las partes de cada máquina de la planta.

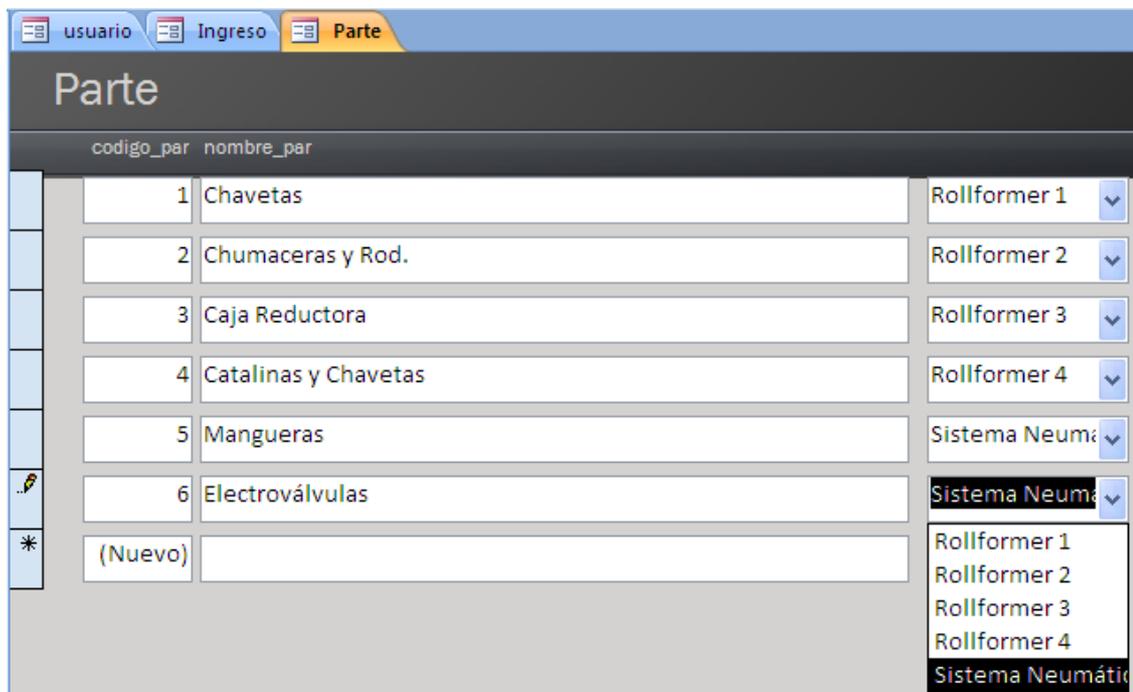
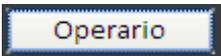


Figura 4. 8 Ingreso de partes

4.2.2 FUERZA DE TRABAJO

1. Ubicándose en el “Menú de ingresos”, se hace clic en el botón  y se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.9, en la cual se ingresará los nombres de todo el personal “Operario” de la planta industrial. Al de terminar de ingresar toda la información, se procede a cerrar la ventana.

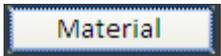


| codigo_ope | nombre_ope |
|------------|------------|
| 1 | JOSE |
| 2 | ROBERTO |
| 3 | FRANKLIN |
| 4 | MARCO |
| 5 | JAIME |
| (Nuevo) | |

Figura 4. 9 Ingreso de Operarios

4.2.3 MATERIALES Y REPUESTOS

En el sistema de gestión de calidad de KUBIEC, se estipula que se debe manejar una lista de repuestos críticos y en base a esta lista se suministrará la base de datos del presente proyecto.

Ubicándose en el “Menú de ingresos”, se hace clic en el botón  y se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.10, en la cual se ingresará todos los repuestos y materiales necesarios para realizar el mantenimiento de las máquinas. Al terminar de ingresar la información, se procede a cerrar la ventana.

| Material | |
|------------|---|
| codigo_mat | nombre_mat |
| 1 | GASOLINA |
| 2 | WAIPE |
| 3 | ACEITE SAE 140 |
| 4 | GRASA |
| 5 | CABLE 300V |
| 6 | MANGUERA 8MM X 6MM |
| 7 | ELECTROVÁLVULA 5/2 RETORNO RESORTE 220V |
| (Nuevo) | |

Figura 4. 10 Ingreso de Materiales

4.2.4 LUGAR DE TRABAJO

La empresa KUBIEC y CONDUIT actualmente se encuentran unidas, por lo que se trabaja conjuntamente en el campo administrativo, productivo y de mantenimiento. Debido a esto algunos de los trabajos de mantenimiento pueden ser realizados por personal de CONDUIT en su respectiva planta industrial.

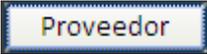
Ubicándose en el “Menú de ingresos”, se hace clic en el botón  y se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.11, en la cual se ingresará la información respectiva de las Plantas actuantes para realizar el mantenimiento de las máquinas. Al terminar de ingresar la información, se procede a cerrar la ventana.

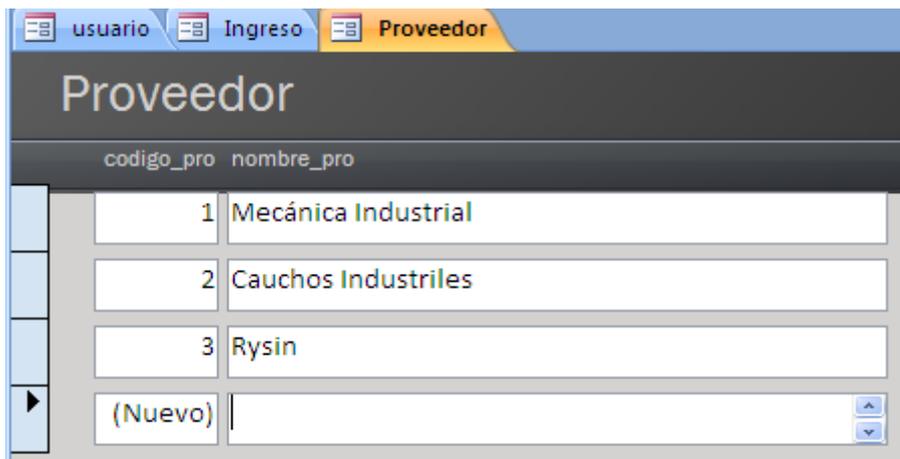
| Planta | | | |
|---------|---------------|------------------|--------------|
| Código | Nombre Planta | Dirección planta | telefono_pla |
| 1 | La Esthela | Quito | 2334020 |
| 2 | Conduit | Sangolqui | 2690670 |
| (Nuevo) | | | |

Figura 4. 11 Ingreso de planta industrial

4.2.5 PROVEEDORES

Este módulo compete a todos los proveedores que prestan servicio de mantenimiento a las maquinarias de la planta. Cuando los trabajos de mantenimiento no puedan realizarse en la planta, existe la opción de enviar la orden de trabajo a la planta de CONDUIT o a su vez contratar el servicio de mantenimiento.

Ubicándose en el “Menú de ingresos”, se hace clic en el botón  y se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.12, en la cual se ingresará la información respectiva de los proveedores prestadores de servicio de mantenimiento de las máquinas. Al terminar de ingresar la información, se procede a cerrar la ventana.

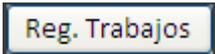


| codigo_pro | nombre_pro |
|------------|----------------------|
| 1 | Mecánica Industrial |
| 2 | Cauchos Industriales |
| 3 | Rysin |
| (Nuevo) | |

Figura 4. 12 Ingreso de proveedores

4.2.6 REGISTRO DE TRABAJOS

En el módulo de registro de trabajos se suministrará toda la información correspondiente a las tareas de mantenimiento correctivo como preventivo.

Ubicándose en el “Menú de ingresos”, se hace clic en el botón  y se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.13, en la cual se ingresará la información respectiva de las tareas de mantenimiento correspondientes a cada máquina, se generará un código por cada tarea de mantenimiento, con el siguiente modelo, ejemplo:

F1CC.- Calibración de cuchilla

F1.- formado 1 (sección)

C.- Cizalla (maquinaria)

C.- Cuchilla (Parte)



| codigo_reg | nombre_reg |
|------------|--|
| F1CC | Calibración de cuchilla |
| F1CR | Revisión de Resortes |
| F1RCC | Revisión y engrasado de cardanes y crucetas |
| F1RCD | Revisión y engrasado de cadena |
| F1RCR | Revisión completa de cajas reductoras y cambio de aceite |
| F1RCT | Chequeo de desgaste y revisión de Catalinas |
| F1RCV | Revisión de Chavetas |
| F1RE | Alineación de Torres y revisión de ejes |
| F1RM | Revisión de desgaste y alineación de matricería |

Figura 4. 13 Registro de trabajos

Ubicándose con el cursor en una de las tareas de mantenimiento como se muestra en la figura 4.14 y haciendo clic en el botón **Material x Defecto** se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.15, en la cual se seleccionará los materiales necesarios para cumplir con las tareas de mantenimiento y se ingresará la cantidad. Al terminar de ingresar la información, se procede a cerrar la ventana.

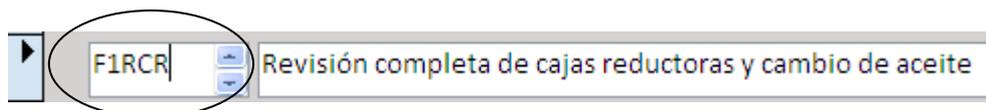


Figura 4. 14 Posición del cursor



Figura 4. 15 Material por defecto

4.3 MÓDULO DE TRANSACCIONES

En el módulo de transacciones se generará las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Aquí se indicará como llenar la base de datos de las acciones de mantenimiento preventivo y como dar gestión a las acciones de mantenimiento preventivo.

4.3.1 ACCIONES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Las acciones de mantenimiento correctivo ocurren inesperadamente para lo cual se tiene Órdenes de trabajo (4.3.1) impresas en blanco para que sean llenadas manualmente y posterior a esto ingresar la información al software, de la siguiente manera:

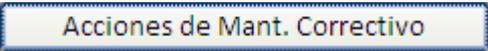
1. Ubicándose en el “Menú de ingresos”, se hace clic en el botón  y se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.16, en la cual se seleccionará e ingresará la información respectiva a las tareas de mantenimiento correctivo.



Figura 4. 16 Acciones de mantenimiento correctivo

2. Haciendo clic en la viñeta  de Codigo_registro, se escoge la acción de mantenimiento como se indica en la figura 4.17.

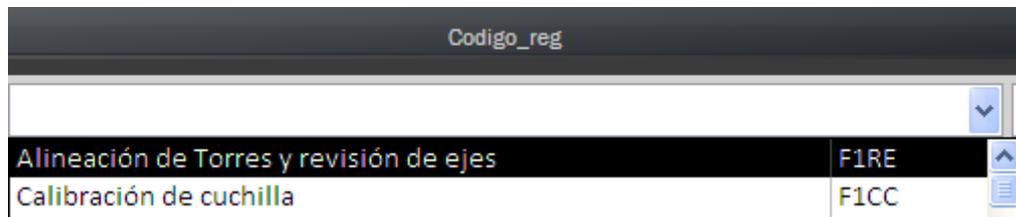


Figura 4. 17 Selección de tarea

3. Haciendo clic en la viñeta  de Sección, se escoge la sección a la que pertenece la tarea de mantenimiento, como se indica en la figura 4.18.

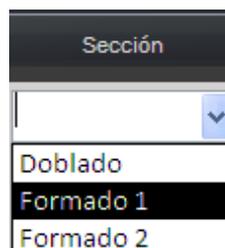


Figura 4. 18 Selección de sección

4. Haciendo clic en la viñeta  de Máquina, se escoge la máquina a la que pertenece la tarea de mantenimiento, como se indica en la figura 4.19.

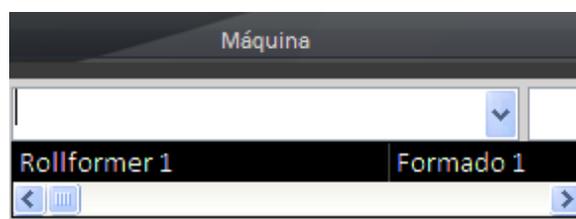


Figura 4. 19 Selección de máquina

5. Haciendo clic en la viñeta  de Parte, se escoge la parte a la que pertenece la tarea de mantenimiento, como se indica en la figura 4.20.

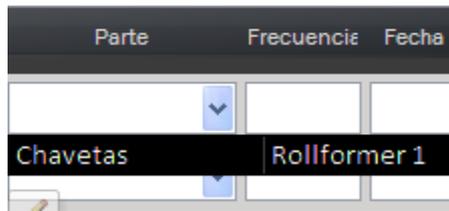


Figura 4. 20 Selección de parte

6. La frecuencia (tiempo de periodicidad de las acciones), fecha de inicio (fecha en que se emite la orden de trabajo) y fecha de entrega (fecha en la que se entrega el trabajo). Esta información se la ingresará manualmente, no así la “fecha próxima”, que se calcula automáticamente. Para el mantenimiento correctivo se ingresa la frecuencia 0 debido a que son trabajos eventuales no programados.
7. En el campo “Informe de trabajo”, se registrará todo el reporte técnico que se originó al realizar la tarea de mantenimiento.
8. En el campo “Tipo de trabajo”, se selecciona si el trabajo es de tipo mecánico o de tipo eléctrico.
9. En el campo “Tipo de acción”, se selecciona si el tipo de acción es preventivo o correctivo, para este caso, se selecciona correctivo.
10. En el campo “Grado de acción”, se puede seleccionar entre las siguientes opciones: Urgente, Mantenimiento, Normal.

Si se selecciona “Urgente”, el tiempo máximo de respuesta para completar la tarea de reparación es de 2 días.

Si se selecciona “Mantenimiento”, el tiempo máximo de respuesta para completar la tarea de reparación es de 8 días.

Si se selecciona “Normal”, el tiempo máximo de respuesta para completar la tarea de reparación es de 30 días.

Para el mantenimiento correctivo generalmente se seleccionará “Urgente”, debido a que este tipo de mantenimiento no es programado y se requiere una acción inmediata.
11. Haciendo clic en el botón Calificacion, se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.21, en la cual se seleccionará la calificación que merece el trabajo, se ingresará el nombre de la persona que autoriza el trabajo, la persona quien revisa, y el técnico encargado.

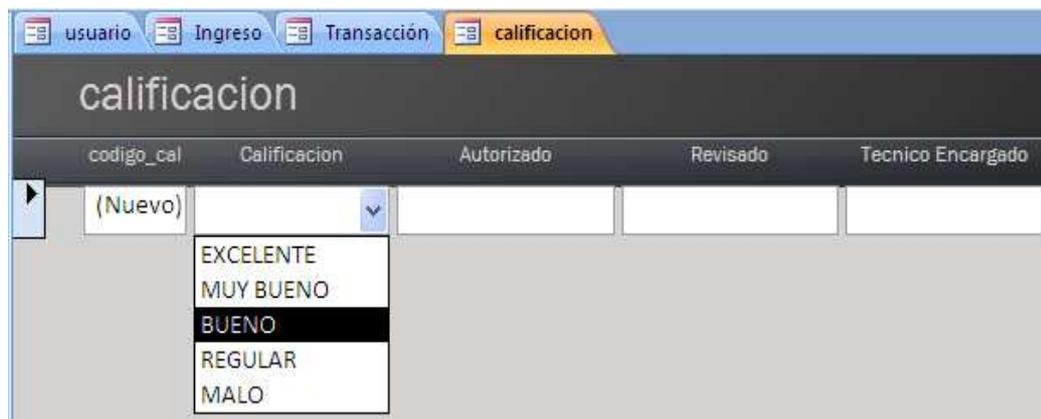


Figura 4. 21 Calificación

12. Haciendo clic en el botón **Tiempo Trab.**, se abrirá la ventana que se muestra en la figura 4.22, en la cual se ingresará el campo “H/H REAL” el tiempo en que se demoró en realizar el trabajo y en el campo “EST. H/H” se ingresa el tiempo estimado para realizar la tarea. En los campos “Planta”, “Operario”, “Tipo de Hora”, se seleccionará la planta en la que realizará el trabajo, el Operario de la máquina y el tipo de hora, luego se cerrará la ventana.



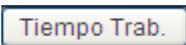
Figura 4. 22 Tiempo de trabajo

13. Una vez que se termina de suministrar toda la información, se procede a culminar la tarea de la siguiente forma:

Ubicándose en el campo “Estado” y haciendo clic en la viñeta , se escoge el estado Realizado y se cierra la ventana.

4.3.2 ACCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para “cargar” por primera vez la información se realizará el mismo procedimiento establecido para generar una acción de mantenimiento correctivo con los siguientes cambios:

1. La frecuencia (tiempo de periodicidad de las acciones) se la ingresará de acuerdo a la sección “3.4 DETERMINACIÓN DE LAS PERIODICIDADES DE LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO”.
2. No se llenará el campo “Fecha de entrega” ni “Informe de Trabajo”.
3. En el campo “Tipo de acción”, se seleccionará preventivo, debido a que es una acción de mantenimiento preventivo.
4. En el campo “Estado”, se seleccionará pendiente.
5. El campo “Grado de acción” se lo seleccionará dependiendo de la frecuencia. Si la frecuencia es hasta 30 días se seleccionará un grado de acción “Urgente”, si la frecuencia es de más de 30 hasta 60 días, se seleccionará un grado de acción “Mantenimiento” y si es mayor a 60 días se seleccionará un grado de acción “Normal”.
6. No se ingresará información en los botones  .
7. Se cierra la ventana.

4.4 MÓDULO DE INFORMACIÓN DE SALIDA

El módulo de información de salida presenta todos los datos recopilados y organizados que el usuario necesite, como: órdenes de trabajo

4.4.1 ÓRDENES DE TRABAJO

Las órdenes de trabajo son documentos mediante los cuales se solicita la realización de tareas de mantenimiento correctivo o preventivo.

Las “OT” (órdenes de trabajo) tendrán el formato que se muestra en el anexo A. Cuando se presente una acción correctiva se llenará manualmente todo el documento y para el caso de las acciones de mantenimiento preventivo se las imprimirá desde el software con algunos datos preestablecidos (ver anexo B).

4.4.2 CONSUMO DE BODEGA

En el consumo de bodega se presenta todos los materiales utilizados en los trabajos de mantenimiento en lapsos de tiempo establecidos por el usuario como se indica en la figura 4.23

Consumo de Bodega

Fecha Inicio: 1-1-2009

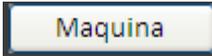
Fecha Fin: 31-12-2011

| Material | Cantidad | Unidad |
|------------------|----------|--------|
| ACEITE SAE 140 | 20 | Litro |
| CABLE 300V | 2 | METRO |
| GASOLINA | 4 | Galón |
| GRASA | 1 | Kg |
| MANGUERA 8MM X 6 | 10 | METRO |
| WAIFE | 1 | UND |

Figura 4. 23 Consumo de bodega

4.4.3 INFORME DE PAROS POR MÁQUINA

Los informes de paros presentan las horas no productivas en las que la maquinaria permaneció inhabilitada, debido a trabajos de mantenimiento, ya sean preventivos o correctivos como se muestra en la figura 4.25.

Se de click en el botón , luego se ubica el cursor sobre el número de la máquina que se requiere conocer el informe, se ingresa el período de tiempo que necesite el usuario, también se ingresa el número de horas que la máquina ha funcionado durante ese período de tiempo como se indica en la figura 4.24



Formulario de selección de máquina para emitir informe. El formulario tiene un encabezado con el título 'Máquina' y un ícono de máquina. Debajo del título hay tres campos de entrada: 'Fecha Inicio' con el valor '01/08/2012', 'Fecha Fin' con el valor '28/09/2012' y 'Horas' con el valor '100'. Debajo de estos campos hay una tabla con tres columnas: 'codigo_maq', 'nombre_maq' y 'Sección'. La tabla contiene tres filas de datos:

| codigo_maq | nombre_maq | Sección |
|------------|--------------|-----------|
| 1 | Rollformer 1 | Formado 1 |
| 2 | Rollformer 2 | Formado 2 |
| 3 | Rollformer 3 | Formado 3 |

Figura 4. 24 Selección de máquina para emitir informe

Luego se hace click en el botón  e inmediatamente se genera el informe de la respectiva máquina, como se muestra en la figura 4.25

Horas de Paro

Fecha Inicio: 02/07/2012

Fecha Fin: 27/07/2012

| Máquina: | | Banda Transportadora | | |
|------------------|------------------|----------------------|----------------|--|
| Horas Real | Horas Estimada | Horas Paro | Disponibilidad | |
| 2 | 2 | 1 | 99,01% | |
| Total Horas Real | Total Horas Est. | Total Horas Paro | | |
| 2 | 2 | 1 | | |

Figura 4. 25 Informe paros por máquina

4.4.4 INFORME DE CONSUMO POR MÁQUINA

El informe de consumo por máquina presenta todos los materiales utilizados en los trabajos de mantenimiento por cada máquina, en lapsos de tiempo establecidos por el usuario como se indica en la figura 4.26

Informe de consumo por máquina

Fecha Inicio 1-1-2009

Fecha Fin 31-12-2011

| Máquina | Mes | Material | Cantidad | Unidad |
|--------------|----------------|--------------------|----------|--------|
| Rollformer 1 | noviembre 2010 | ACEITE SAE 140 | 45 | Litro |
| | diciembre 2010 | WAPE | 1 | UND |
| | febrero 2011 | CABLE 300V | 4 | METRO |
| Rollformer 2 | febrero 2011 | CABLE 300V | 2 | METRO |
| Rollformer 4 | febrero 2011 | MANGUERA 8MM X 6MM | 10 | METRO |

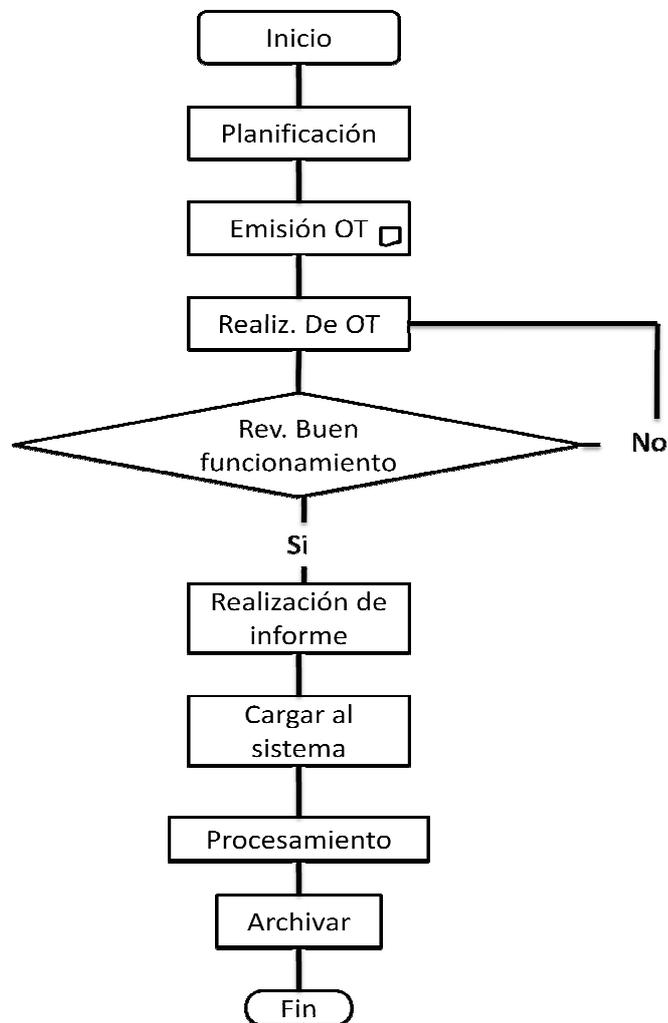
Figura 4. 26 Informe de consumo por máquina

CAPITULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN MANTENIMIENTO

5.1 PLANEAMIENTO Y GERENCIA DEL PROYECTO

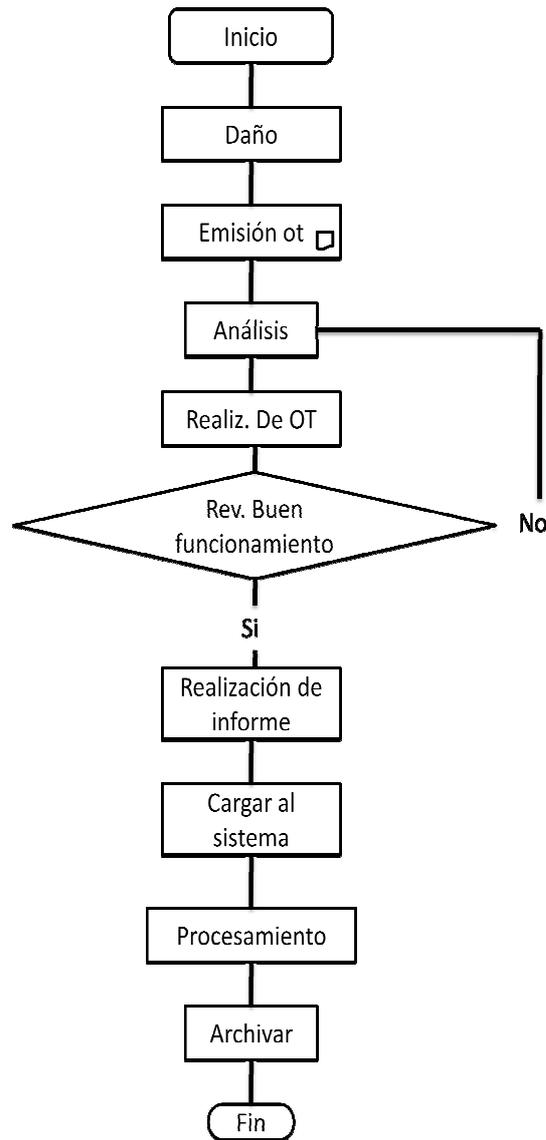
En la figura 5.1 se detalla el diagrama de procesos correspondiente a las etapas del mantenimiento preventivo.



Solicitud de orden de trabajo

Figura 5. 1 Etapas del mantenimiento preventivo

En la figura 5.2 se detalla el diagrama de procesos correspondiente a las etapas del mantenimiento correctivo.



□ Solicitud de orden de trabajo

Figura 5. 2 Etapas del mantenimiento correctivo

5.2 INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Durante la instalación, muchos de los inconvenientes fueron causados por fallas que se presentaban inesperadamente, esto causaba un desajuste en las tareas planificadas, pero con la organización y planificación se implementó el plan de mantenimiento preventivo. A continuación en el cuadro 5.1 se presenta un reporte de las acciones correctivas más frecuentes al inicio del proyecto.

Cuadro 5. 1 Acciones correctivas frecuentes

| Nº | Sección | Máquina | Parte | Causa |
|----|--------------|----------------------|-----------------|------------------------------|
| 1 | Formado 1 | Rollformer 1 | Rodamientos | Desgaste por uso |
| 2 | Formado 1 | Rollformer 1 | Chavetas | Aplastamiento |
| 3 | Formado 2 | Rollformer 2 | Cadena | Desgaste por uso |
| 4 | Inyección PU | Pistola de Inyección | Pistola | Suciedad, residuos de PU |
| 5 | Inyección PU | Sist. Neumático | Electroválvulas | Obstrucción, residuos POLIOL |
| 6 | Inyección PU | Sist. Neumático | Válvulas check | Obstrucción, residuos POLIOL |
| 7 | Rociado PU | Reactor A-20 | Pistola | Taponamiento |
| 8 | Rociado PU | Reactor A-20 | Mangueras | Taponamiento |

En un inicio las tareas de mantenimiento se realizaban los días sábado y se laboraba hasta el medio día. Mejorando el sistema de producción en la planta se logró disponer de tiempo para realizar algunas de las tareas de mantenimiento durante el transcurso de cada semana.

5.3 ENTRENAMIENTO AL PERSONAL

Se realizaron capacitaciones a los jefes de línea, debido a que son los más antiguos y tienen mayor experiencia con las máquinas.

Los cursos que se ha impartido son los siguientes:

- Mecánica básica
- Electricidad básica
- Metrología básica

El personal obrero son quienes día a día se relacionan con las máquinas y por este motivo conocen su funcionamiento. Sumándole a esto el criterio de un ingeniero se puede realizar las tareas obteniendo buenos resultados.

5.4 VALIDACIÓN DEL PROYECTO

La validación del proyecto se lo realizó analizando los valores arrojados por el análisis económico y financiero, donde el costo hora-hombre es de \$2551,50 dólares, que no es un justificativo para contratar varios técnicos para el área de mantenimiento, pero el valor que la empresa pierde por fallos en la máquina Rollformer 1 y Rollformer 2 (Costo/hora-paro no programado) es de \$568.25 y \$1356 dólares por hora, así que implementar un plan de mantenimiento es valedero.

Los índices de disponibilidad de las máquinas muestran que el mantenimiento es eficiente. En el cuadro 5.2 se presentan las máquinas de categoría A debido a que tienen preferencia por ser las máquinas de mayor importancia.

Cuadro 5. 2 Índices de disponibilidad

| MAQUINA | TP | TM | D |
|-------------------|------|----|--------|
| ROLLFORMER 1 | 592 | 15 | 97,53% |
| ROLLFORMER 2 | 864 | 5 | 99,42% |
| DOBLADORA | 1376 | 2 | 99,85% |
| CIZALLA RF-2 | 992 | 7 | 99,30% |
| PUENTE GRUA 10TON | 368 | 4 | 98,92% |

TP: Tiempo planificado

TM: Tiempo muerto

D: Disponibilidad

Los índices de disponibilidad normalmente están entre valores de 90-100%, siendo los valores del cuadro 5.1 aceptables. Por ejemplo: el índice del puente grúa de 10 Ton es de 99% aproximado, esto quiere decir que cada 100 horas de utilización del puente grúa, es posible que exista un fallo que tarde en reparar una hora.

5.5 POSTIMPLEMENTACIÓN

Luego de la implementación del plan de mantenimiento, aún existen problemas en establecer periodos de tiempo que se anticipen al fallo de las máquinas que se muestra en el cuadro 5.3

Cuadro 5. 3 Acciones correctivas recurrentes

| | | | | |
|----------|--------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|
| 1 | Inyección PU | Sist. Neumático | Electroválvulas | Obstrucción, residuos POLIOL |
| 2 | Rociado PU | Reactor A-20 | Pistola | Taponamiento |

Se determinó que estas 2 tareas seguían siendo frecuentes debido a que el nivel de utilización se incrementó de un turno a dos por día, así que la frecuencia se redujo a la mitad.

CAPITULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

6.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1.1 COSTOS DE LA FUERZA DE TRABAJO DIRECTA

Los costos de la fuerza de trabajo directa se dividen para tres casos diferentes:

1. En el mantenimiento preventivo.
2. En el mantenimiento correctivo.
3. En el mantenimiento contratado.

Para ejecutar una acción de mantenimiento se necesita una fuerza de trabajo directa que puede estar compuesta por más de un trabajador, pero para este proyecto solo se ha contratado un técnico para mantenimiento.

El cálculo de la fuerza de trabajo directa se da por:

$$C_{ft} = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i \times Sh_i$$

Ecuación 6. 1 Costo de la fuerza de trabajo directa

Donde:

Cft: costo de la fuerza de trabajo directa USD/año

P: cantidad de trabajadores que participan en la acción.

t: tiempo que deben ejecutar los trabajadores para garantizar la acción.

Sh: salario que se les paga a los trabajadores en USD/hora

Costos de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento preventivo.

Para determinar los costos de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento preventivo se reemplaza los valores en la ecuación 6.1.

$$P = 1$$

Debido que solo hay un trabajador que labora para el departamento de mantenimiento.

En la sección 3.5 DETERMINACIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS DEL MANTENIMIENTO, se determina que el número de horas totales entre las

acciones de mantenimiento de tipo mecánicas y eléctricas suman 425,3horas/año, por lo cual se tendría lo siguiente:

$$t = 425,3\text{horas/año}$$

Para encontrar el costo/hora-hombre se debe analizar lo siguiente:

Salario = 500USD (este valor incluye todos los pagos legales y reglamentarios de la empresa para con el trabajador).

Para encontrar el valor que el técnico gana por hora se realiza lo siguiente:

1. Encontrar el valor en USD/año

$$500 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 6000 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

2. Encontrar las horas laborables/año

$$8 \frac{h}{\text{día}} \times 5 \frac{\text{días laborables}}{\text{semana laboral}} \times 50 \frac{\text{sem. laborables}}{\text{año laboral}} = 2000 \frac{h}{\text{año}}$$

3. Dividir 1) para 2):

$$6000 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \div 2000 \frac{h}{\text{año}} = 3 \frac{\text{USD}}{h}$$

$$Sh = 3 \text{ USD/hora}$$

Reemplazando los valores en la ecuación 6.1 se obtiene lo siguiente:

$$C_{ft1} = 1 \text{ trabajador} \times 425,3 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \times 3 \frac{\text{USD}}{\text{hora}}$$

$$C_{ft1} = 1275,9 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Costo de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento preventivo

Costos de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento correctivo.

Para determinar los costos de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento se realiza el mismo procedimiento con la diferencia que se cambia el total de horas que se ha realizado mantenimiento correctivo.

$$t = 213,5 \text{ horas/año}$$

Reemplazando en la ecuación 6.1 se obtiene lo siguiente:

$$C_{ft2} = 1 \text{ trabajador} \times 213.5 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \times 3 \frac{\text{USD}}{\text{hora}}$$

$$C_{ft2} = 640.5 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Costo de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento correctivo

Costos de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento contratado.

Los costos de la fuerza de trabajo directa en el mantenimiento preventivo se los ha obtenido del departamento de contabilidad de la empresa, dando lo siguiente:

Año laboral 2011, gastos generados por mantenimiento = 12395,98 USD

Este valor incluye mano de obra y materiales utilizados.

6.1.2 COSTOS DE LOS MATERIALES Y REPUESTOS

El valor de los costos de los materiales y repuestos en el mantenimiento preventivo y correctivo suman 17633.22 USD, según el departamento de contabilidad de la empresa como se indica en el anexo F.

6.1.3 COSTO POR AMORTIZACIÓN

Para el mantenimiento también se requiere de equipos que con el uso sistemático se van desgastando y perdiendo su valor por lo que tienen que ser amortizados, o sea, trasladar al costo del accionar la pérdida de su valor.

Hay dos formas e valorar la amortización de un equipo:

- a) Contra el tiempo calendario, o sea, va depreciándose con el tiempo independientemente de su utilización.
- b) Según el trabajo realizado (horas trabajadas, artículos producidos, operaciones ejecutadas, toneladas izadas, etc.)

Para el caso de este proyecto aplicado a la empresa KUBIEC, se valora la amortización de los equipos de mantenimiento según el ítem "a". Y son los siguientes:

Cuadro 6. 1 Amortización de equipos de mantenimiento

| Bien | Valor del bien | Valor Residual (5%) | Valor depreciable | Años de depreciación | Cuota anual depreciación |
|------------|----------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
| esmeril | 120,00 | 12,00 | 108,00 | 5 | 21,60 |
| Taladro | 90,00 | 9,00 | 81,00 | 2 | 40,50 |
| soldadora | 250,00 | 25,00 | 225,00 | 10 | 22,50 |
| amoladora | 110,00 | 11,00 | 99,00 | 5 | 19,80 |
| multímetro | 60,00 | 6,00 | 54,00 | 3 | 18,00 |
| prensa | 80,00 | 8,00 | 72,00 | 10 | 7,20 |
| Total | | | | | 129,60 |

Fuente: Departamento de contabilidad KUBIEC

El valor residual, es el valor mínimo que llega a obtener un bien generalmente se considera el 5% del valor del bien, el valor depreciable se obtiene restando el valor del bien menos el valor residual, luego se divide para los años de vida útil y así obtenemos la cuota anual de depreciación.

6.1.4 COSTO DE NO DISPONIBILIDAD

Para sacar este costo, primero se debe hacer un análisis cuantitativo de la capacidad instalada de las máquinas que generan productos con mayor “salida” al mercado, como son:

Rollformer 1.- Que conforma el producto KUBIMIL, este producto se lo produce en diferentes espesores, pero se tomará el espesor que se comercializa comúnmente en el mercado que es 0,30mm.

Entonces:

$$Vel = 10.03 \frac{m^2}{min} = 618 \frac{m^2}{hora} \quad \text{Velocidad Rollformer 1}$$

El precio de este producto en el mercado es:

$$Costo = 6.13 \frac{USD}{m^2} \quad \text{Costo del producto}$$

Valor agregado (VA) del 10%

$$VA\ 10\% = Costo \times 10\% = 6.13 \times 0.1 = 0.613 \frac{USD}{m^2}$$

Entonces la empresa pierde por cada paro no programado lo siguiente:

$$\frac{P\acute{e}rdida}{hora} = Vel \times VA 10\%$$

Ecuaci3n 6. 2 P3rdida por hora

$$\frac{P\acute{e}rdida}{hora} = 618 \frac{m^2}{hora} \times 0.613 \frac{USD}{m^2} = 378.8 \frac{USD}{hora}$$

6.1.5 COSTOS AMBIENTALES

La planta Esthela de la empresa Cubiertas del Ecuador Kubiec S.A. tiene una categor3a de bajo impacto ambiental, calificada por el Ilustre Municipio de Rumiñahui, por lo que no genera un costo para mantenimiento el 3mbito ambiental, ver anexo G.

6.1.6 COSTOS TOTALES

Para determinar los costos totales se debe realizar una matriz de costos anuales como se indica en el cuadro 6.2.

Cuadro 6. 2 Matriz de costos anuales

| Mantenimiento | Fuerza de trabajo directa | Materiales y repuestos | Amortizaci3n | Total (USD) |
|---------------|---------------------------|------------------------|--------------|-----------------|
| Preventivo | 1275,9 | 0 | 129,6 | 1405,5 |
| *Correctivo | 640,5 | 11755,48 | 0 | 12395,98 |
| Total | | | | 13801,48 |

*El costo del mantenimiento correctivo incluye servicios contratados

Entonces el costo anual total de mantenimiento ser3 de USD 13801,48 durante el a3o 2011.

6.2 ANALISIS FINANCIERO

6.2.1 PRESUPUESTO ANUAL DE MANTENIMIENTO

Se le llama presupuesto al cálculo anticipado de los ingresos y gastos de una actividad económica (personal, familiar, un negocio, una empresa, una oficina, un gobierno) durante un período, por lo general en forma anual.

En el anexo D se detalla el presupuesto para materiales de mantenimiento en el año 2012, donde se indica los costos de mantenimiento proyectados en dicho año. Mismo que asciende a USD 17633.22, siendo este valor el 50% más del valor histórico. Estimado un valor que incluya los costos totales de mantenimiento el presupuesto para el año 2012 es USD 20000.

6.2.2 INDICADORES FINANCIEROS

El análisis de los proyectos constituye la técnica matemático-financiera y analítica, a través de la cual se determinan los beneficios o pérdidas en los que se puede incurrir al pretender realizar una inversión u alguna otro movimiento, en donde uno de sus objetivos es obtener resultados que apoyen la toma de decisiones referente a actividades de inversión. Los dos indicadores financieros más importantes de un proyecto son la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

6.2.2.1 Tasa interna de retorno TIR

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir".

$$TIR = \frac{-I + \sum F_n}{\sum n \times F_n}$$

Ecuación 6. 3 Tasa interna de retorno

Donde:

I: es el valor de inversión inicial

n: es el número de periodos

F: es el flujo de caja durante el periodo n

Debido al costo de mantenimiento histórico, ya se encuentra establecido un monto para el presupuesto anual de mantenimiento que es USD 13801,48 y la inversión inicial para el presente proyecto sería:

$$I = \text{Presupuesto año 2012} - \text{Costo de mantenimiento histórico}$$

Entonces:

$$I = \text{USD } 20000 - \text{USD } 13801.48 = \text{USD } 6198.52$$

El desembolso de los costos de mantenimiento del proyecto se lo detalla en el anexo F.

Para hallar el flujo de caja, se lo realiza a través del ahorro mensual que gana la empresa en función del incremento de la disponibilidad, como se indica el cuadro 6.3.

Cuadro 6. 3 Incremento de disponibilidad

| Máquina | Antes | | | Ahora | | | Incremento de horas disponibles (h) | Pérdida por no disponibilidad (USD/h) | AHORRO / mes |
|------------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|
| | Producción (Ton/mes) | Disponibilidad (%) | Horas mensuales efectivas (h) | Producción (Ton) | Disponibilidad (%) | Horas mensuales efectivas (h) | | | |
| Rollformer 1 | 600 | 96 | 307,2 | 700 | 97,53 | 312 | 5 | 378,8 | 1854,6 |
| Rollformer 2 | 250 | 98 | 313,6 | 300 | 98,42 | 315 | 1 | - | - |
| Dobladora | 2 | 98 | 313,6 | 2,1 | 99,85 | 320 | 6 | - | - |
| Cizalla - RF2 | 50 | 97 | 310,4 | 55 | 98,3 | 315 | 4 | - | - |
| Pte. Grúa 10 Ton | * | 93 | 297,6 | * | 95,92 | 307 | 9 | - | - |
| | | | | | | | | Total | 1854,6 |
| | | | | | | | | Ahorro anual | 22255 |

Una vez calculado el ahorro mensual se puede hallar el flujo de caja como se lo indica en el cuadro 6.4.

Cuadro 6. 4 Flujo de caja mensual

| i | MES | Desembolso | Ahorro mensual | Flujo de Caja | i x Fi | (Fi/(1+T)^i) |
|------------|------------|------------|----------------|---------------|----------|--------------|
| 1 | ENERO | -320,78 | 1854,6 | 1533,82 | 1533,82 | 1523,66 |
| 2 | FEBRERO | -4,58 | 1854,6 | 1850,02 | 3700,04 | 1825,60 |
| 3 | MARZO | -126 | 1854,6 | 1728,6 | 5185,8 | 1694,48 |
| 4 | ABRIL | -852,29 | 1854,6 | 1002,31 | 4009,24 | 976,02 |
| 5 | MAYO | -90 | 1854,6 | 1764,6 | 8823 | 1706,94 |
| 6 | JUNIO | -444,39 | 1854,6 | 1410,21 | 8461,26 | 1355,09 |
| 7 | JULIO | -854,525 | 1854,6 | 1000,075 | 7000,525 | 954,62 |
| 8 | AGOSTO | -225 | 1854,6 | 1629,6 | 13036,8 | 1545,24 |
| 9 | SEPTIEMBRE | -2100,205 | 1854,6 | -245,605 | -2210,45 | -231,35 |
| 10 | OCTUBRE | -812,5 | 1854,6 | 1042,1 | 10421 | 975,11 |
| 11 | NOVIEMBRE | -27,5 | 1854,6 | 1827,1 | 20098,1 | 1698,32 |
| 12 | DICIEMBRE | -340,75 | 1854,6 | 1513,85 | 18166,2 | 1397,83 |
| $\Sigma =$ | | | | 16056,68 | 98225,34 | 15421,57 |

*El desembolso se lo calcula en base al incremento entre el costo histórico y el prepuesto del 2012

**

Remplazando valores en la ecuación 6.3 se obtiene lo siguiente:

$$TIR = \frac{-6198.52 + 16056.68}{98225.34} = 0.104$$

$$TIR = 10.4\%$$

6.2.2.2 Valor actual neto VAN

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto.

$$VAN = \sum \frac{F_n}{(1+i)^n} - I$$

Ecuación 6. 4 Valor actual neto

Donde:

I: es el valor de inversión inicial

n: es el número de periodos

F: es el flujo de caja durante el periodo n

i: es la tasa de interés

Reemplazando valores en la ecuación 6.4, con una tasa de interés del 8% anual ó 0.67% mensual otorgada por el banco central del Ecuador se obtiene:

$$VAN = USD 15421.57 - USD 6198.52 = 9223.05 USD$$

Con esto se asegura que el proyecto tendrá un flujo de caja futuro de USD 9223.05

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. La aplicación del sistema de mantenimiento preventivo asistido por computador a las máquinas y equipos está sujeto a los planes de producción de la planta Esthela, ha mejorado la administración del mantenimiento reduciendo paros no programados, para completar las tareas de mantenimiento.
2. El inventario técnico de las máquinas y equipos contiene mínimo el 30% de las partes y piezas en el software de administración del mantenimiento, debido a que ciertos elementos de una máquina solo requieren un mantenimiento correctivo.
3. La interfaz del software es amigable con el usuario para administrar el mantenimiento en la planta Esthela.
4. El capacitar al personal asegura el 95% de la efectividad de los trabajos de mantenimiento, ayudando a cumplir con las tareas de poca dificultad.
5. Los procedimientos establecidos para realizar las tareas de mantenimiento preventivo surgen a partir de acciones correctivas, cuando las máquinas carecen de libros de vida.
6. El software emite un reporte de tareas dentro de un período de tiempo establecido por el usuario, lo cual permite planificar los trabajos de mantenimiento que están próximos a ejecutarse.
7. El proyecto presenta una rentabilidad aceptable del 10% de la inversión y un rendimiento positivo, que se ha añadido al presupuesto histórico para la ejecución del proyecto.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Para manejar sistemas de mantenimiento con mayor cantidad de máquinas y equipos se recomienda ampliar la aplicación del software para que permita una mejor administración del usuario.
2. Aplicar un sistema productivo que permita integrar los planes de producción y mantenimiento para incrementar la productividad de la planta Esthela.
3. Para mejorar la confiabilidad de los trabajos de mantenimiento se recomienda dar capacitación técnica al personal de operarios mediante actualización de cursos y talleres.
4. Para nuevas adquisiciones de maquinaria se recomienda adoptar el plan de mantenimiento prescrito por el fabricante y se incluya en la aplicación del software.
5. Tener siempre disponible los manuales de mantenimiento de las máquinas y equipos, en caso de que carezcan dichos manuales se debe monitorear todas las partes de la respectiva máquina.
6. En caso de tener más de tres paros simultáneos en diferentes secciones por mantenimiento se sugiere realizar un paro general planificado de la planta para evitar fallos en las máquinas.
7. Se recomienda la implementación de la aplicación del software en las demás plantas pertenecientes al grupo KUBIEC – CONDUIT.

ANEXOS

ANEXO A

|  | SOLICITUD ORDEN DE TRABAJO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------------|----------|----------|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------|-------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| SOLICITADO POR: _____ FECHA: <input style="width: 150px;" type="text"/> SECCION: _____ MAQUINA/EQUIPO: _____ CODIGO: _____ PARTE: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRADO DE ACCION URGENTE <input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/> NORMAL <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIPO DE TRABAJO: <input style="width: 150px;" type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCION DE TRABAJOS (PROBLEMA): _____ _____ _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">PLANTA RESPONSABLE</th> <th style="width: 15%;">LA ESTHELA:</th> <th style="width: 15%;">CONDUIT:</th> <th colspan="2" style="width: 30%;">TIPO DE HORA</th> </tr> <tr> <th>NOMBRE DEL OPERARIO</th> <th>H/H REAL</th> <th>EST. H/H</th> <th>NORMAL</th> <th>EXTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> | PLANTA RESPONSABLE | LA ESTHELA: | CONDUIT: | TIPO DE HORA | | NOMBRE DEL OPERARIO | H/H REAL | EST. H/H | NORMAL | EXTRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">MATERIAL</th> <th style="width: 15%;">CANT.</th> <th style="width: 15%;">UNID.</th> <th style="width: 30%;">CODIGO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> | MATERIAL | CANT. | UNID. | CODIGO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PLANTA RESPONSABLE | LA ESTHELA: | CONDUIT: | TIPO DE HORA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NOMBRE DEL OPERARIO | H/H REAL | EST. H/H | NORMAL | EXTRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MATERIAL | CANT. | UNID. | CODIGO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SERVICIO SUBCONTRATADO: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">PROVEEDOR</th> <th style="width: 30%;">H/H REAL</th> <th style="width: 30%;">EST. H/H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> | PROVEEDOR | H/H REAL | EST. H/H | | | | | | | | | | CALIF. DEL TRABAJO: EXCELENTE <input type="checkbox"/> MUY BUENO <input type="checkbox"/> BUENO <input type="checkbox"/> REGULAR <input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROVEEDOR | H/H REAL | EST. H/H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">TIEMPO DE RESPUESTA</td> <td style="width: 30%;">URGENTE</td> <td style="width: 30%;">máx. 2 días</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>MANTENIMIENTO</td> <td>máx. 8 días</td> </tr> <tr> <td> </td> <td>NORMAL</td> <td>máx. 30 días</td> </tr> </table> | TIEMPO DE RESPUESTA | URGENTE | máx. 2 días | | MANTENIMIENTO | máx. 8 días | | NORMAL | máx. 30 días | TOTAL H/H REAL: <input style="width: 80px;" type="text"/> HORAS PARO TOTAL: <input style="width: 80px;" type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO DE RESPUESTA | URGENTE | máx. 2 días | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MANTENIMIENTO | máx. 8 días | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | NORMAL | máx. 30 días | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA ENTREGA: <input style="width: 150px;" type="text"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INFORME DEL TRABAJO: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autorizado por: _____ Revisado por: _____ Técnico Encargado: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO C

| CUBIERTAS DEL ECUADOR KUBIEC | | | | | | |
|---|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| PRESUPUESTO DE INVERSIONES DEPARTAMENTALES | | | | | | |
| PARA EL EJERCICIO 2012 | | | | | | |
| ACTIVOS FIJOS Y OTROS | | | | | | |
| DESCRIPCION | TOTAL | TRIMESTRES | | | | |
| DESCRIPCION | TOTAL | 1RO | 2DO | 3RO | 4TO | |
| INVERSIONES | CANT | | | | | |
| Formado 1 | | | | | | |
| Tablero 440V | 1 | 1.500 | 1.500 | | | |
| | | 1.500 | 1.500 | - | - | - |
| Formado Kubilosa | | | | | | |
| Cajas Reductoras | 3 | 2.400 | | 800 | 800 | 800 |
| | | 2.400 | | 800 | 800 | 800 |
| Puentes Grúa | | | | | | |
| Rieles | 4 | 68.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 |
| | | 68.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 |
| Rociado de Poliuretano | | | | | | |
| Pistola | 4 | 8.400 | 2.100 | 2.100 | 2.100 | 2.100 |
| Manguera calefaccionada | 1 | 3.500 | | | 3.500 | |
| | | 11.900 | 2.100 | 2.100 | 5.600 | 2.100 |
| Cizalla Automática Kubilosa | | | | | | |
| Mejoramiento en la Automatización | 1 | 15.000 | | | 15.000 | |
| | | 15.000 | - | | 15.000 | - |
| Máquina Autom. Rociado PU | | | | | | |
| Culminación Máquina de Rociado de PU | 1 | 6.500 | | 6.500 | | |
| | | 6.500 | - | 6.500 | - | - |
| Aspiradora para corte de bloques de PU | | | | | | |
| Montaje | 1 | 8.000 | 4.000 | 4.000 | | |
| | | 8.000 | 4.000 | 4.000 | - | - |
| Planta de Energía Electrica | | | | | | |
| Compra | 1 | 100.000 | | | | 100.000 |
| | | 100.000 | - | - | - | 100.000 |
| TOTAL INVERSIONES \$ | | 213.300 | 24.600 | 30.400 | 38.400 | 119.900 |

Fuente: Departamento de producción KUBIEC La Esthela

ANEXO D

Presupuesto Materiales y Repuestos 2012

| Maquina | TOTAL |
|------------------------------|------------------|
| Panformer Kubiloc | 1.271,40 |
| Panformer Premier | 675,00 |
| Dobladora | 258,00 |
| Cizalla | 1.080,00 |
| Alutecho | 6.775,67 |
| Prensa | 248,16 |
| Losa colaborante | 2.876,55 |
| Cizalla 6 mtrs | 1.360,50 |
| Inyección Poliuretano | 980,37 |
| Cizalla Automatizada | 712,50 |
| Inyección Spray | 1.395,08 |
| TOTAL \$ | 17.633,22 |

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO E

Costo de Mantenimiento 2011 (HISTÓRICO)

| Maquina | TOTAL |
|----------------------------------|---------------------------|
| Panformer Kubiloc | 847,60 |
| Panformer Premier | 450,00 |
| Dobladora | 172,00 |
| Cizalla | 720,00 |
| Alutecho | 4.517,11 |
| Prensa | 165,44 |
| Losa colaborante | 1.917,70 |
| Cizalla 6 mtrs | 907,00 |
| Inyección Poliuretano | 653,58 |
| Cizalla Automatizada | 475,00 |
| Inyección Spray | 930,05 |
| | |
| | TOTAL \$ 11.755,48 |

Fuente: Departamento contable KUBIEC

ANEXO F

Desembolso de costos de mantenimiento

| Maquina | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | TOTAL |
|-----------------------|--------------|----------------|--------------|-----------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Panformer Kubiloc | 0 | 0 | 0 | 105 | 0 | 0 | 0 | 0 | 536,4 | 435 | 0 | 195 | 1.271,40 |
| Panformer Premier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 675 | 0 | 0 | 0 | 0 | 675 |
| Dobladora | 0 | 0 | 0 | 258 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 258 |
| Cizalla | 0 | 0 | 0 | 1.080,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.080,00 |
| Alutecho | 0 | 0 | 0 | 588,75 | 0 | 678,75 | 180 | 0 | 4.480,67 | 847,5 | 0 | 0 | 6.775,67 |
| Prensa | 0 | 13,74 | 0 | 0 | 0 | 9,42 | 0 | 0 | 0 | 225 | 0 | 0 | 248,16 |
| Losa colaborante | 0 | 0 | 378 | 0 | 270 | 645 | 0 | 0 | 653,55 | 930 | 0 | 0 | 2.876,55 |
| Cizalla 6 mtrs | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.360,50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.360,50 |
| Inyección Poliuretano | 0 | 0 | 0 | 300,12 | 0 | 0 | 525 | 0 | 0 | 0 | 0 | 155,25 | 980,37 |
| Cizalla Automatizada | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 630 | 0 | 82,5 | 0 | 712,5 |
| Inyección Spray | 0 | 0 | 0 | 225 | 0 | 0 | 498,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 672 | 1.395,08 |
| | 0 | 13,74 | 378 | 2.556,87 | 270 | 1.333,17 | 2.563,58 | 675 | 6.300,62 | 2.437,50 | 82,5 | 1.022,25 | 17.633,22 |

Fuente: Elaborado por el autor

ANEXO G

Calificación de Auditoría Ambiental por el ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTON RUMIÑAHUI



ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN "RUMIÑAHUI"
DIRECCION DE PROTECCION AMBIENTAL

Sangolquí 06 de octubre de 2008
Oficio N° 257-DPA-IMCR

Ingeniero
Eduardo Briceño
ECUADOR AMBIENTAL
"Auditoria Ambiental Inicial KUBIEC S.A."
Av. Gran Colombia y Telmo Paz y Miño Terrazas del Dorado Bloque 3 Of. 408
Telf. 2223-398 / 087-261648
Presente.-

Referencia: Oficio N° 002-AT-E del 2008-10-01

Por el presente y en atención al trámite de la referencia sobre la calificación de la Auditoría Ambiental Inicial de la Empresa Cubiertas del Ecuador "Kubiec S. A.", me permito remitirle el informe técnico, (Memorando N° 761-DPA-IMCR del 08 de octubre de 2008).

El proyecto cumple con los requisitos para la aprobación por lo que esta Dirección emite el informe **FAVORABLE**.

Sin otro particular.

Atentamente,



Dra. Jessica Guarderas
DIRECTORA DE PROTECCION
AMBIENTAL

IGM/ram.

ANEXO H

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Desgaste: cambio acumulativo e indeseable en el tamaño, forma o propiedades de un sistema que conduce a una falla.

Falla: cambio en el tamaño, la forma o las propiedades de un sistema que lo haga incapaz de realizar la función para la que fue diseñada.

Mantenimiento Correctivo o Reactivo: consiste en esperar que se produzca una falla a fin de corregirla.

Mantenimiento Preventivo: sus actividades están planificadas, programadas y controladas.

Mantenimiento Predictivo: permite detectar y monitorear parámetros operativos de los sistemas y determinar o predecir el punto de falla.

Confiabilidad: Probabilidad de que el elemento proporcione unos resultados satisfactorios en un momento dado.

Vida Útil: el período de vida de un dispositivo desde su primer arranque luego de su fabricación hasta que queda inservible.

Disponibilidad genérica: estado en el que una máquina está lista para producir en un determinado tiempo.

Tiempo Planeado (Tp): tiempo planificado de producción.

Tiempo Muerto (Tm): tiempo en el cual la maquinaria no está produciendo.

Frecuencia: mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, o la probabilidad de aparición del fallo.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS:

1. EDUARDO M. CRUZ R.; Ingeniería de mantenimiento. Primera edición. Buenos Aires. Nueva Librería; 1997; 332 p.
2. MORA GUTIERREZ; Mantenimiento estratégico empresarial. Primera edición. EASIT; 2007
3. DUFFUAA; Sistema de mantenimiento planeación y control. Primera edición. Limusa – Wiley; 2004
4. CARLOS BOERO; Organización industrial. Primera edición Científica Universitaria; 2002
5. CARLOS SUNTAXI; Implantación del mantenimiento productivo total en la sección de hilatura de Textil Ecuador. Tesis Ing. Mec. Quito ESPE, FIME; 2004
6. ALVARO AGUINAGA; Ingeniería de Mantenimiento. Primera edición. EPN Ecuador; 2005

PAGINAS WEB:

1. www.mantenimientomundial.com / Confiabilidad integral / 18 de Marzo de 2005
2. www.elotroladodelingeniero.20m.com / Análisis de fallas en máquinas / 2 de noviembre de 1998
3. www.elprisma.com / Sistemas de producción / 15 de Agosto de 2003
4. www.maquinas.prevencion-laboral.com / Mantenimiento de máquinas / 10 de marzo de 2011
5. www.seguridadindustrial.org / Mantenimiento y seguridad industrial / 2 de Abril de 2001
6. www.osha.gov / Protección de las máquinas / 21 de mayo de 2008
7. www.intercambiosvirtuales.org / la Biblia de Access 2007 / 11 de marzo de 2009