

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
PARA LA FÁBRICA DE PUERTAS PANELADAS DE MADERA IROKO CÍA.
LTDA.**

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

MERA CHAMORRO JANETH CAROLINA

janeth_caro86@hotmail.com

SIMBAÑA GUALLICHICO SANTIAGO JAVIER

santyjav87@hotmail.com

DIRECTOR: ING. ORWIELD GUERRERO

orwield.guerrero@epn.edu.ec

Quito, Octubre 2011

DECLARACIÓN

Nosotros, Mera Chamorro Janeth Carolina y Simbaña Guallichico Santiago Javier, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

Mera Chamorro Janeth Carolina

Simbaña Guallichico Santiago Javier

CERTIFICACIÓN

Certificamos que bajo nuestra supervisión el presente proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico fue desarrollado por los señores Mera Chamorro Janeth Carolina y Simbaña Guallichico Santiago Javier.

Ing. Orwield Guerrero
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Luis Jácome
COLABORADOR

Ing. Jorge Escobar
COLABORADOR

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por darme salud y guiarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi familia, por apoyarme para lograr alcanzar una de mis metas.

A la empresa Iroko Cia. Ltda. A los Ing. Hugo Carranza, Ing. Mónica Beltrán, por abrirnos las puertas para el desarrollo del proyecto de manera especial a Saúl Jefe de Mantenimiento por su apoyo durante todo este tiempo en la empresa.

A la Escuela Politécnica Nacional y de manera muy especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica, a todos los profesores por compartir sus conocimientos que de seguro me servirán en mi vida profesional y personal. A los Ing. Orwield Guerrero, Luis Jácome, Jorge Escobar por su colaboración en el desarrollo del proyecto.

A todos mis compañeros de la facultad que me supieron brindar su amistad.

Santiago

A Dios por brindarme la entereza para culminar esta etapa.

A la Escuela Politécnica Nacional por brindarme una formación integral y de manera especial al Ing. Orwield Guerrero quien ha hecho posible el desarrollo de este proyecto.

A la Empresa Iroko Cia. Ltda. La cual nos abrió las puertas y colaboró de manera incondicional para desarrollar éste proyecto.

A todas las personas que me han apoyado a lo largo de mi vida.

Janeth

DEDICATORIA

A mis padres Beatriz y Alfredo, por todo el amor y sacrificio que hicieron para formar de mí un hombre de bien, en especial a mi madre por su ejemplo de lucha y dedicación. Por brindarme todo su apoyo en los momentos difíciles, y tener siempre la confianza en mí para culminar ésta etapa de mi vida.

A mis hermanos Ely, Edison, Pablo, por toda su confianza y apoyo, a mi sobrino Cristhian quien ocupan un lugar muy especial en mi corazón.

Santiago

Este trabajo está dedicado a mi madre Miryam quien con su esfuerzo y dedicación ha hecho posible la culminación de esta etapa de mi vida.

A mi esposo Oscar y mi hija Anahí quienes son mi fortaleza para superar todos los obstáculos que se presentan en el camino.

A mis hermanas Silvia y Nancy, por haber sido mi modelo a seguir durante toda la vida.

Janeth.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
PRESENTACIÓN	XIII
CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA MADERERA Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 PERFIL DE LA INDUSTRIA ECUATORIANA.....	1
1.1.2 COMPOSICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA	2
1.1.3 CONSUMO DE MATERIA PRIMA.....	5
1.1.4 RESEÑA DE LA EMPRESA IROKO CÍA. LTDA.	7
1.1.5 UBICACIÓN.....	8
1.1.6 MATERIA PRIMA	8
1.1.7 PRODUCTOS DE LA EMPRESA	9
1.2 ÁREAS Y EQUIPOS	12
1.2.1 ÁREA DE PREPARACIÓN	13
1.2.2 ÁREA DE MANUFACTURA.....	13
1.2.3 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.	15
1.3 PROCESOS DE FABRICACIÓN	15
1.4 POLÍTICAS SUGERIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PUERTAS PANELADAS DE MADERA.	15
CAPÍTULO 2	16
2 TEORÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	16
2.1 INTRODUCCIÓN	16
2.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	16

2.1.2	FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO.	17
2.1.3	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.	17
2.2	TIPOS DE MANTENIMIENTO.	18
2.2.1	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	18
2.2.2	MANTENIMIENTO PREDICTIVO (BCM).....	19
2.2.3	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)	22
2.2.4	MANTENIMIENTO PROACTIVO	23
2.2.5	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	24
2.2.6	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	27
2.3	HERRAMIENTAS APLICADAS EN EL MANTENIMIENTO.....	29
2.3.1	HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE AVERÍAS	29
CAPÍTULO 3		39
3	DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	39
3.1	SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO.....	39
3.1.1	INTRODUCCIÓN.	39
3.1.2	INFORMACIÓN EXISTENTE DE REGISTROS Y OPERACIONES EN LA ACTUALIDAD.....	39
3.1.3	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS ACTUALMENTE.....	40
3.1.4	EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO	40
3.1.5	DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO.....	41
3.1.6	SELECCIÓN DE la estrategia DE MANTENIMIENTO	42
3.2	PLANIFICACIÓN Y CONTROL	45
3.2.1	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	46
3.2.2	DESEMPEÑO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	46
3.2.3	RAZONES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	46
3.2.4	AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO	46
3.2.5	ETAPAS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	48
3.2.6	INDICADORES PARA EL CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	51
3.2.7	CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.....	54
3.3	ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	57
3.3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	57
3.3.2	JUSTIFICACIÓN	57
3.3.3	PLANIFICACIÓN.....	58

3.3.4	LISTADO DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	58
3.3.5	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.	70
3.3.6	MÉTODO DE ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMFE).....	72
3.3.7	CRONOGRAMA DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO.	82
3.3.8	DISEÑO DE UNA BASE DE DATOS PARA LA EMPRESA IROKO CIA LTDA.	83
4	ANÁLISIS ECONÓMICO	93
4.1	INTRODUCCIÓN	93
4.2	INVERSIÓN INICIAL	93
4.2.1	COSTOS DE EQUIPOS DE OFICINA DE MANTENIMIENTO.....	93
4.2.2	COSTOS DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	93
4.2.3	INGRESOS MENSUALES DE OPERACIÓN (IMO).....	96
4.3	SÍMBOLOS Y SU SIGNIFICADO.....	97
4.4	FACTORES ESTÁNDAR.....	99
4.5	DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA.....	100
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA	106
	CONSULTAS WEB.....	107
	ANEXOS 108	
	ANEXO 1: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	109
	ANEXO 2: DIAGRAMAS DE FLUJO	110
	ANEXO 3: NORMA AMERICANA NWWDA.....	111
	ANEXO 4: FICHA DE REGISTRO DE EQUIPOS	112
	ANEXO 5: FICHA DE ÓRDEN DE TRABAJO.....	114
	ANEXO 6: FICHA BITÁCORA DE MANTENIMIENTO	116
	ANEXO 7: FICHA CONTROL DE MATERIALES	2
	ANEXO 8: DIAGRAMA CAUSA EFECTO DE LA EMPRESA IROKO CIA. LTDA.	4
	ANEXO 9: REGISTRO DE FALLOS DE LA EMPRESA.....	6
	ANEXO 10: TABLA AMFE PARA LA CEPILLADORA DE DOS CARAS	15
	ANEXO 11: TABLA AMFE PARA LA CEPILLADORA DE DOS CARAS (CONTINUACIÓN)	22

ANEXO 12: TABLA AMFE DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA LA CEPILLADORA DE DOS CARAS.....	29
ANEXO 13: TABLA AMFE DE CRONOGRAMA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA CEPILLADORA DE DOS CARAS	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo anual de madera del bosque nativo.	5
Tabla 2. Consumo anual de madera de plantaciones forestales.	5
Tabla 3. Producción de tableros contrachapados.....	6
Tabla 4. Producción de aglomerados.....	6
Tabla 5. Producción de Fibras.	6
Tabla 6. Producción de pulpa y papel	7
Tabla 7. Máquinas del área de preparación	13
Tabla 8. Máquinas del Área de Manufactura	14
Tabla 9. Equipos adicionales	15
Tabla 10. Datos del ejemplo	31
Tabla 11. Símbolos utilizados para la representación del árbol de fallos.....	36
Tabla 12. Esquema de matriz de priorización	37
Tabla 13. Ejemplo matriz de priorización.	38
Tabla 14. Matriz de priorización de criterios	44
Tabla 15. Matriz de priorización para Selección del Mantenimiento.....	45
Tabla 16. Codificación de Equipos.....	59
Tabla 17. Codificación de Maquinaria Área de Manufactura	59
Tabla 18. Codificación de Maquinaria del Área de Preparación.....	60
Tabla 19. Número de paradas de la maquinaria (2010).....	61
Tabla 20. Listado de maquinaria en orden de número de fallas	63
Tabla 21. Máquinas que producen el 80% de fallas	66
Tabla 22. Matriz de priorización de criterios	68
Tabla 23. Matriz de priorización de Holmes	69
Tabla 24. Resultados de la Matriz de Priorización de Holmes.....	70
Tabla 25. Extracto de la tabla AMFE	73
Tabla 26. Codificación de los sub-sistemas.....	74
Tabla 27. Extracto de la tabla AMFE (CONTINUACIÓN).....	76
Tabla 28. Índices de gravedad de modo de fallo	77
Tabla 29. Índice de frecuencia del modo de falla.....	78
Tabla 30. Índice de detección del modo de fallo	79
Tabla 31. Extracto del cuadro de acciones correctivas.....	81
Tabla 32. Extracto Cuadro de Tareas de Mantenimiento	82

Tabla 33. Costos de Equipos de Oficina.....	93
Tabla 34. Equipos de Protección Personal	94
Tabla 35. Repuestos - Herramientas.....	94
Tabla 36. Costos de Mano de Obra	95
Tabla 37. Costos de Suministros de Oficina de Mantenimiento	95
Tabla 38. Resumen de Costos	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de la Empresa.....	8
Figura 2. Modelos de puertas para exteriores.....	9
Figura 3. Modelos de puertas para interiores	10
Figura 4. Modelos de puertas talladas	10
Figura 5. Modelos de puertas a diseño	11
Figura 6. Modelos de puertas de la línea económica.....	11
Figura 7. Área de Preparación de la madera.....	12
Figura 8. Área de Manufactura.....	12
Figura 9. Diagrama de Pareto	31
Figura 10. Diagrama de Ishikawa.....	33
Figura 11. Representación gráfica del árbol de fallos	35
Figura 12. Codificación de equipos.....	59
Figura 13. Histograma	63
Figura 14. Diagrama de Pareto de la Empresa IROKO CIA. LTDA.	65
Figura 15. Cepilladora de dos caras Holytek.....	71
Figura 16. Formulario Panel de Control.....	84
Figura 17. Formulario Registro de Equipos	85
Figura 18. Formulario de Repuestos.....	86
Figura 19. Informe Registro de Equipos	87
Figura 20. Formulario de Mantenimiento.....	88
Figura 21. Formulario Tablas AMFE.....	89
Figura 22. Formulario Cuadro de Acciones Correctivas.....	90

RESUMEN

El presente trabajo inicia con la recopilación de información como ubicación, descripción de procesos de producción y productos.

A continuación se aborda la parte de teoría donde se definen conceptos básicos, tipos de mantenimiento y herramientas que se usan en éste proyecto. Utilizando lo expuesto anteriormente se desarrolla el análisis de la situación actual del área de la empresa, lo que permite realizar un diagnóstico inicial y seleccionar el tipo de mantenimiento a aplicarse.

Posteriormente se describe la parte teórica correspondiente a la gestión de mantenimiento y los indicadores para el control de la misma. De la que se aplicará la etapa de planificación tomando en consideración aspectos como: codificación de equipos, identificación de las máquinas críticas y aplicación de las tablas AMFE para la máquina determinada en base a una matriz de priorización.

Finalmente se elabora un software el mismo que permitirá realizar un registro de información de las máquinas, generará formatos de órdenes de trabajo que contienen las tareas a realizarse y control de repuestos.

PRESENTACIÓN

En la actualidad la industrias buscan conservar su maquinaria e instalaciones en el transcurso del tiempo, lo que ha impulsado el desarrollo de nuevas estrategias, métodos y procedimientos de mantenimiento que permitan lograr además productos altamente competitivos por su calidad, cantidad y bajo costo. Por ello, se evidencia la necesidad de utilizar herramientas informáticas que permitan el manejo adecuado y coordinado del mismo.

La elaboración del presente proyecto propone una alternativa para que las pequeñas empresas puedan mantenerse dentro del mercado, mediante el mantenimiento planificado de las máquinas y equipos.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA MADERERA Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 PERFIL DE LA INDUSTRIA ECUATORIANA

La industria forestal-maderera ecuatoriana se ha desarrollado de manera desigual. Mientras la industria de tableros ha alcanzado un nivel tecnológico alto por lo que es considerada como una de las mejores de Latinoamérica; la industria del aserrío en contraposición, ha retrocedido de la producción con sierra circular o de montaña, a la moto sierra operada a pulso. Los demás segmentos industriales madereros han alcanzado diversos niveles tecnológicos dependiendo del tamaño de la empresa y el tipo de mercado de sus productos.

El sector industrial de tableros constituye el referente de la gran industria maderera del país, y es la que más se ha preocupado de generar su propio patrimonio forestal (bosque nativo y plantado) para asegurar su permanencia en el tiempo. Por lo general tienen en su estructura empresarial, departamentos forestal y ambiental y otro de carácter social o de vinculación con las comunidades.

El segmento de muebles está conformado por empresas de todo tamaño, orientadas a satisfacer los requerimientos de los diferentes segmentos económicos de la población local y para exportación.

Tanto la industria de puertas y ventanas como la de molduras se han desarrollado en los últimos 10 años, hasta lograr colocar sus productos principalmente en mercados de Estados Unidos, Centroamérica, Chile y Europa.

1.1.2 COMPOSICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA

Al igual que en otros países, el Ecuador establece una clasificación de las industrias, de acuerdo a varios puntos de vista; los más usados son en base al grado de transformación (industria primaria y secundaria) y tamaño de las mismas (artesanía, pequeña, mediana y gran industria)

1.1.2.1 Industria de transformación primaria

Por definición se trata de industrias que utilizan como materia prima, madera rolliza o en trozas, proveniente de bosques nativos y plantaciones.

1.1.2.1.1 *Industria de chapas y tableros*

La industria de tableros está representada por tres segmentos con una clara diferenciación de productos: chapas, tableros aglomerados y tableros de fibras.

- Chapas:

Existen en el país cinco plantas industriales: Endesa y Plywood ecuatoriana en Quito; Codesa en Esmeraldas; Botrosa, en el cantón Quinindé-Esmeraldas; y Arboriente en el Puyo. La materia prima utilizada por estas plantas industriales proviene de bosque nativo y plantaciones, en su mayoría de especies tropicales. En pequeña escala, de plantaciones de coníferas.

- Tableros aglomerados:

Dos plantas industriales: Acosa (Aglomerados Cotopaxi S.A), en Lasso-Cotopaxi; y, Novopan, en la ciudad de Quito. El rendimiento a partir de la materia prima es de aproximadamente el 60 %. En la actualidad se opera a un 75% de su capacidad instalada.

- Tableros de Fibras:

Una sola planta industrial localizada en Lasso-Cotopaxi.

1.1.2.1.2 *Madera Aserrada*

En el último censo de industrias, aserraderos y depósitos de madera se reportó que existían en ese entonces 566 aserraderos, de los cuales casi en su totalidad utilizaban sierras circulares. Se estima que en la actualidad éste número se ha reducido a menos del 10%, dando paso a las motosierras para la producción de madera escuadrada, que se halla en el mercado en un porcentaje superior al 85%.

No existen estadísticas de los aserraderos de montaña o aserraderos circulares, que principalmente trabajan en la Sierra para eucalipto y pino; y algunos en las riberas de los ríos de Esmeraldas.

1.1.2.1.3 *Pulpa y papel*

Éste segmento industrial utiliza principalmente pulpa importada de Canadá y Estados Unidos y material de reciclaje (papel, cartón y trapos). Está integrado por las siguientes empresas:

- Fábrica de Papel La Reforma C.A, Babahoyo.
- Fábrica de Papel Familia-Zansala, Lasso.
- Cartopel, Cuenca
- Papelera Nacional S.A., Guayaquil.
- Ecuapapel, Guayaquil.
- Industria Cartonera Asociada S.A. Incasa, Quito.
- Cartonera Nacional del Grupo Wong y Encalada, Machala.

1.1.2.2 **Industria de Transformación secundaria**

Se entiende como tal, aquella que utiliza como materia prima, principalmente madera aserrada y tableros.

- Muebles

Es el principal segmento de transformación secundaria. Se abastece de una madera aserrada de calidad deficiente, producida principalmente por motosierras. Con excepción de pocas empresas, la gran mayoría son medianas y pequeñas empresas familiares con limitaciones en los aspectos de tecnologías y

maquinarias modernas, diseño de productos, control de calidad; falta de operarios y mandos medios, y aún con limitados conocimientos de gestión empresarial y mecanismos de comercialización externa.

Las empresas de ésta línea de producción se hallan ubicadas principalmente en las ciudades de Cuenca y Quito.

- Procesadoras de Balsa

Producen principalmente encolados, paneles y madera cepillada de diferentes dimensiones. Este segmento industrial está representado por las empresas: Balmanta, Balplant.

Ecuatoriana de Balsa, Ebagec, Maseca, Propac.; entre las de mayor tamaño; y otras más pequeñas como: Balsabot, Inhar, Invega, Madera Export, Plantabal, Probalsa, que están localizadas en Los Ríos, Guayas, Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas.

- Industria de la Construcción

Se refiere al procesamiento de vigas, columnas, tijerales. Esta producción se genera principalmente en los llamados “Depósitos”, que adicionalmente son sitios de compra – venta de madera aserrada.

- Otros segmentos industriales

El segmento de producción de puertas y ventanas está representado por las industrias siguientes: Iroko, Timber Y Madequisa (Quito); el segmento de Molduras representado por Moldec (Pifo); el segmento de paletas y cucharas para helados, bajalenguas y palillos, por la empresa Festa (Quito). El segmento de artesanías está concentrado y representado por las microempresas y asociaciones de productores localizados en San Antonio de Ibarra, Puyo y Cuenca.

1.1.3 CONSUMO DE MATERIA PRIMA¹

El consumo estimado anual de madera, con equivalencia a trozas y por tipo de bosque es el siguiente:

- De bosque nativo

Tabla 1. Consumo anual de madera del bosque nativo.

Empresas AIMA:	410.000 m ³
Empresas no AIMA	1`150.000 m ³
Microempresa, sector artesanal	500.000 m ³
Producción de paletas	300.000 m ³
Para encofrado (construcción)	200.000 m ³
Procesamiento de balsa	30.000 m ³
TOTAL	2'590.000 m ³

FUENTE: Investigación y estimación Edgar Vásquez; Proyecto ITTO 139/91

La madera para tableros contrachapados procede principalmente de la provincia de Esmeraldas; mientras que para las industrias de procesamiento secundario, de la Amazonía.

- De Plantaciones Forestales

Tabla 2. Consumo anual de madera de plantaciones forestales.

Tableros contrachapados	20.000 m ³
Tableros de fibras (MDF)	90.000 m ³
Tableros aglomerados	119.000 m ³
Producción de astillas	105.000 m ³
Producción de balsa	170.000 m ³
Para la construcción (aserrío)	200.000 m ³
Para elaboración de palets	80.000 m ³
Otras industrias	60.000 m ³
TOTAL	850.000 m ³

FUENTE: Investigación y estimación Edgar Vásquez; Proyecto ITTO 139/91

¹ Asociación de Industriales Madereros

- Producción

El país no cuenta con estadísticas en el sector forestal. La información parcial que se conoce, de la industria formal, es tomada como referente para estimar la producción por segmentos. Por otra parte, el grado de optimización de la materia prima es diferente de acuerdo a las líneas de producción.; y en algunos casos, como muebles, por su diseño no se puede cuantificar la producción en términos de volumen.

- Tableros Contrachapados:

Tabla 3. Producción de tableros contrachapados

EMPRESAS	PRODUCCIÓN (m³)
ARBORIENTE	7.500
BOTROSA	33.000
CODESA	19.000
ENDESA	25.000
PLYWOOD ECUATORIANA	19.000
SUBTOTAL	103.500

FUENTE: Investigación y estimación Edgar Vásquez; Proyecto ITTO 139/91

- Aglomerados.

Tabla 4. Producción de aglomerados

EMPRESAS	PRODUCCIÓN (m³)
ACOSA	35.000
NOVOPAN	35.000
SUBTOTAL	70.000

FUENTE: Investigación y estimación Edgar Vásquez; Proyecto ITTO 139/91

- De Fibras (MDF):

Tabla 5. Producción de Fibras.

EMPRESAS	PRODUCCIÓN (m³)
ACOSA	53000

FUENTE: Investigación y estimación Edgar Vásquez; Proyecto ITTO 139/91

- Madera aserrada

La madera aserrada para las industrias de procesamiento secundario como muebles, construcción, palets, productos de balsa, cajonería, pisos, puertas y ventanas, molduras y artesanías se estima en 1'200.000 m³ anuales.

- Pulpa y papel

Tabla 6. Producción de pulpa y papel

PRODUCCION	(Ton.)
Fábrica de Papel La Reforma C.A.	25.000
Fábrica de Papel Familia-Zansala	5.000
Cartones Nacionales S.A.-CARTOPEL	33.000
Papelera Nacional S.A	77.000
Ecuapapel, localizada en Guayaquil	5.000
Industria Cartonera Asociada S.A. INCASA	3.000
Papelera del Grupo Wong y Encalada	5.000

FUENTE: Investigación y estimación Edgar Vásquez; Proyecto ITTO 139/91

- Balsa

La producción total para varios productos como bloques, tableros, madera cepillada se estima en 60.000 m³ anuales.

- Palets

Las necesidades de producción de palets se estiman en 3,2 millones de unidades por año, para satisfacer los requerimientos de exportación de 4 millones de toneladas de banano (MAG), otras frutas y para uso local.

1.1.4 RESEÑA DE LA EMPRESA IROKO CÍA. LTDA.²

Iroko Cía. Ltda. fue fundada en 1979. Desde entonces ha crecido y perfeccionado hasta convertirse en la primera fábrica de puertas de madera sólida en el Ecuador. Siendo reconocida por la calidad de su producto, la cual es mantenida y

² www.irokodoors.com

mejorada gracias a un estricto control y a la implementación constante de mejores y nuevas técnicas así como de maquinaria.

Desde 1989 exporta puertas a la firma SIPAL, en la Isla de Martinica; también exporta a Curaçao, Moldavia, Canadá, Estados Unidos, España para proyectos hoteleros. La exigencia de estos mercados y la demanda del producto, hablan de la calidad que tienen los productos.

El funcionamiento de la empresa está demostrado al haber obtenido el certificado de calidad ISO 9001. El conocimiento y utilización adecuada y responsable de la madera, calidad del producto, servicio y experiencia, es lo que ponen a disposición de todos sus clientes satisfechos.

1.1.5 UBICACIÓN

La empresa se encuentra ubicada en el sector industrial del sur de Quito, Av. Panamericana Sur km 7 1/2, calle Río Zabaleta Oe 1-163.



Figura 1. Ubicación Geográfica de la Empresa

FUENTE: <http://maps.google.com/maps>

1.1.6 MATERIA PRIMA³

Iroko utiliza para la elaboración de sus productos como materia prima principal la madera conocida comercialmente como: seike, cedro rana o tornillo.

³ www.irokodoors.com

El Seike es una madera de excelentes propiedades mecánicas que la hacen apropiada para la fabricación de puertas, muebles y otros elementos en la construcción de viviendas. Es resistente ante el ataque de hongos e insectos, lo que, junto a un tratamiento adecuado, le confiere mayor confiabilidad y se obtiene productos de mayor durabilidad con acabados de calidad.

1.1.7 PRODUCTOS DE LA EMPRESA

La empresa se ha dedicado desde 1979 a fabricar puertas de madera, siendo su especialidad las puertas en madera sólida, mejorando constantemente la calidad de sus productos, innovando en tecnología, optimizando los procesos, aprovechando la madera de una forma eficiente y responsable.

Las puertas son fabricadas de acuerdo a las especificaciones y normas del país de destino. Además de las técnicas y cuidados utilizados en la fabricación, se selecciona, pegamentos y técnicas constructivas que garantizan el buen funcionamiento, resistencia y durabilidad. A continuación se detallan los diferentes tipos de puertas que fabrica la empresa.

1.1.7.1 Puertas exteriores

Este tipo de puertas son fabricadas para condiciones de uso exterior de la vivienda, como en puertas principales, de acceso exterior a la cocina, patios, etc.



Figura 2. Modelos de puertas para exteriores.

FUENTE: <http://www.irokodoors.com>

1.1.7.2 Puertas para interiores

Las puertas para interiores se elaboran para situaciones de uso continuo, como dormitorios, habitaciones de hoteles, colegios, hospitales e instituciones públicas y muy frecuentadas, al igual que en ambientes de humedad variable, como baños, cocinas, etc.



Figura 3. Modelos de puertas para interiores

FUENTE: <http://www.irokodoors.com>

1.1.7.3 Puertas talladas

Son procesadas en un pantógrafo copiador, dependiendo del tipo de tallado. Además pueden ser personalizadas de acuerdo a los requerimientos del cliente.



Figura 4. Modelos de puertas talladas

FUENTE: <http://www.irokodoors.com>

1.1.7.4 Puertas a diseño

Las puertas a diseño son fabricadas según el diseño presentado por el cliente en los espesores de 38 mm, 44 mm, 50 mm, o 63 mm. Estas pueden ser de ingreso o interiores. Los dibujos son enviados por los clientes a la empresa con las medidas, la cual una vez aprobado el presupuesto se prepara los diseños definitivos para su aprobación.



Figura 5. Modelos de puertas a diseño

FUENTE: <http://www.irokodoors.com>

1.1.7.5 Puertas Línea Económica

La línea económica está compuesta de puertas de tambor en MDP, (tablero de partículas de densidad media), triplay corriente y en maderas preciosas. También cuentan con puertas en melamina con estructura, puertas lisas y puertas con paneles preformados en HDF, (tablero de densidad alta).



Figura 6. Modelos de puertas de la línea económica

FUENTE: <http://www.irokodoors.com>

1.2 ÁREAS Y EQUIPOS

La maquinaria que utiliza la empresa es de la mejor calidad; cuenta con maquinaria italiana como son de las marcas SCM y Gabbiani; Rockwell, Powermatic y Unique americanas y Weining alemana. Las herramientas de corte son Leiser, americanas. Iroko dentro de su proceso de producción cuenta con dos áreas bien diferenciadas:

- Área de Preparación



Figura 7. Área de Preparación de la madera

FUENTE: Elaboración propia.

- Área de Manufactura



Figura 8. Área de Manufactura.

FUENTE: Elaboración Propia

1.2.1 ÁREA DE PREPARACIÓN.

El área de preparación involucra tres procesos principales: inspección de la madera verde; durante ésta etapa se realiza una clasificación previa de acuerdo a las características, se destinará para la elaboración de puertas, marcos y tapa marcos, el secado; consiste en disminuir la humedad de los tablones hasta un 10%, lo que permite mejorar sus propiedades y finalmente el corte donde se eliminan las sobredimensiones de los tablones.

En la tabla 7 constan las máquinas correspondientes a ésta área.

Tabla 7. Máquinas del área de preparación

Máquinas	Número
Reaserradero	1
Sierras	2
Cepilladora (dos caras)	1
Trozadora	1
Aspiradoras	2

FUENTE: Mera-Simbaña.

1.2.2 ÁREA DE MANUFACTURA.

En el área de manufactura se realizan los procesos de corte; donde los tablones previamente preparados adquieren las dimensiones específicas para cada trabajo, encolado y prensado; durante ésta etapa se realiza el ensamble y prensado de los componentes tanto de puertas como de marcos y finalmente el lijado y acabados; donde se eliminan los defectos que pudieran quedar de las fases anteriores.

Es necesario aclarar que las puertas terminadas no contemplan procesos de lacado.

En la tabla 8 se encuentran las máquinas correspondientes al área de manufactura:

Tabla 8. Máquinas del Área de Manufactura

Máquinas	Número
Moldurera	1
Prensa de paneles	1
Mixer	1
Encoladora	1
Prensa de Componentes	2
Perforadora de venecianas	1
Tupi copiador	1
Espigadora	1
Lijadoras	3
Finger Join	1
Prensa de Finger Join	1
Sierras	3
Trozadora	1
Tarugadora	1
Corta tarugos	1
Cepilladora	1
Prensa de puertas paneladas	1
Perforadora	2
Lijadora de Disco	1
Lijadoras	3
Finger Join	1
Prensa de Finger Join	1
Sierras	3
Trozadora	1
Tarugadora	1
Corta tarugos	1
Cepilladora	1
Prensa de puertas paneladas	1
Perforadora	2
Lijadora de Disco	1
Caldero	1

FUENTE: Mera-Simbaña.

Además la empresa cuenta con equipos adicionales que se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9. Equipos adicionales

Máquinas	Número
Compresor	1
Montacargas	1
Generador	1

FUENTE: Mera-Simbaña.

1.2.3 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

La distribución de la planta se la ha realizado de acuerdo al espacio físico del que dispone la empresa. Ver ANEXO 1.

1.3 PROCESOS DE FABRICACIÓN

A través de los años la empresa ha ido consolidando procesos básicos y fundamentales, que dan agilidad a todo el proceso productivo, interactuándose todos de buena manera que permiten satisfacer los requerimientos necesarios para el cumplimiento de los diferentes proyectos que tiene la empresa con el fin de satisfacer al cliente. Al momento la empresa cuenta con diferentes procesos de fabricación, el cual varía de acuerdo a los elementos que conforman la puerta. Así se tiene: Tapamarco, marco manufacturado y puertas

Los diagramas de flujo correspondientes a cada proceso se encuentran en el ANEXO 2.

1.4 POLÍTICAS SUGERIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE PUERTAS PANELADAS DE MADERA.

Las políticas sugeridas para la fabricación de puertas de la empresa están basados en la norma americana I.S. 6-91 de la NWWDA (National Wood Window and Door Association), la misma que es revisada detalladamente antes, durante y después del proceso de fabricación con el fin de mantener su estándar de calidad. En el ANEXO 3 se puede ver los requisitos de la norma.

CAPÍTULO 2

2 TEORÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

2.1 INTRODUCCIÓN

El mantenimiento se define como un conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial, para que proporcione mejor rendimiento.

A inicios era considerado como actividades correctivas para solucionar fallas, las cuales eran realizadas por los operarios; con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionarlas sino de prevenirlas, es decir, actuar antes que se produzca la falla con el fin de garantizar eficiencia y evitar los costes por averías

Actualmente tiene por objeto aumentar la producción, la calidad de los productos elaborados con un mínimo de accidentes y un impacto menor al medio ambiente; de ahí que aparece el mantenimiento preventivo, predictivo, proactivo, basado en la confiabilidad y la gestión asistida por computador.

2.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Previo al análisis del mantenimiento es importante establecer algunas de las terminologías a utilizar:

1. Falla o avería.

Daño que impide el buen funcionamiento de la maquinaria o equipo.

2. Defecto.

Suceso que ocurre en una máquina que no impide el funcionamiento.

3. Confiabilidad.

Buena funcionalidad de la maquinaria y equipo dentro de una industria, en definitiva un alto grado de confianza.

4. Disponibilidad.

Porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de una máquina, equipo, instalaciones y edificaciones.

5. Seguridad.

Asegurar el equipo, personal e instalaciones para el buen funcionamiento de la planta, para prevenir condiciones que afecten a las personas o bienes físicos.

6. Prevención.

Preparación o disposición que se hace con anticipación ante un riesgo de falla o avería de una máquina o equipo.

7. Diagnóstico.

Dar a conocer las causas de un evento ocurrido en el equipo o máquina, o evaluar su situación y desempeño.

8. Reparación.

Solución temporal de una falla o avería para que la maquinaria esté en estado operativo.

9. Mejorar.

Pasar de un estado a otro que de mayor desempeño de la máquina.

10. Planificar.

Trazar un plan o proyecto de las actividades que se van a realizar en un periodo de tiempo.

2.1.2 FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO.

Mantener operable el equipo e instalación y restablecerlo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad.

“El mantenimiento incide por lo tanto, en la calidad y cantidad de la producción.”⁴

2.1.3 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.

- a) Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
- b) Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- c) Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.

⁴ PRANDO, Raúl, *Manual Gestión de Mantenimiento*, Uruguay, Ed. Piedra Santa, 1996, P.27

d) Maximizar la productividad y eficiencia.

El mantenimiento no debe verse como un costo sino como una inversión ya que está ligado directamente a la producción, disponibilidad, calidad y eficiencia; el personal debe estar perfectamente entrenado y motivado para llevar a cabo las tareas asignadas. Se debe tener presente la construcción, diseño y modificaciones de la planta industrial como también la información del equipo, herramienta e insumos necesarios para el efectuar éste trabajo.

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.⁵

2.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se lleva a cabo con el fin de corregir los defectos más no las causas que se han presentado en el equipo. Se clasifica en:

2.2.1.1 Clasificación:

No planificado.

Es de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Planificado.

Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarlo correctamente.

2.2.1.2 Ventajas

- La necesidad de infraestructura es mínima.
- No exige una organización técnica especializada.
- No es necesario un programa de mantenimiento.
- No necesita personal calificado.

⁵ JACOME, Luis, Ingeniería de Mantenimiento; EPN; 2010

- Es beneficioso en equipos que no afectan de manera relevante en el proceso productivo o en los servicios que brinda una organización donde la implantación de otro sistema resultaría en una relación costo-beneficio no favorable.

2.2.1.3 Desventajas

- Paradas no previstas.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados.
- La planificación de la producción se ve mermada debido a que se producen paros imprevistos.
- El tiempo que estará el sistema, máquina o equipo fuera de operación no es despreciable.
- La ejecución de las actividades de mantenimiento son en la mayoría de los casos desordenada debido a que el tiempo que debe demorar las reparaciones debe ser el mínimo posible.

2.2.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO (BCM)

También conocido como Mantenimiento Basado en Condición (CBM –Condition Based Maintenance), es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Es complejo de llevarlo a cabo, involucra el monitoreo permanente de los parámetros indicadores del funcionamiento de los equipos en base a instrumentos sofisticados muy costosos, es indispensable un alto profesionalismo del personal para la detección de fallas caso contrario se podría reemplazar piezas aún en buen estado.

Se lo efectúa de dos formas:

- **Objetivamente**, por medio de equipos medidores de: vibraciones, desgaste, bancos de pruebas de motores, ensayos no destructivos, etc.
- **Subjetivamente**, de acuerdo a la experiencia del encargado de las inspecciones del equipo, de ésta forma las actividades de mantenimiento

son reprogramadas después de cada chequeo, tomando en cuenta el estado real de los equipos, y no solamente según la recomendación fija del fabricante.

Su aplicación contribuye generalmente al ahorro de materiales y repuestos que innecesariamente se los descartaría antes de tiempo.

Otra ventaja importante es que no siempre será necesario parar la máquina para realizar las inspecciones rutinarias.

Es dependiente de la característica de la falla y es el más efectivo cuando el modo de falla es detectable por monitoreo de las condiciones de operación. Se lleva a cabo en forma cronológica y no implica poner fuera de operación los equipos. Entre las técnicas usadas en ésta estrategia están las inspecciones, el chequeo de condiciones y el análisis de tendencias.

La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

Aunque elimina intervenciones innecesarias, la cantidad de recursos que requiere para el seguimiento de los diferentes parámetros, y por tanto, su elevado coste, sólo lo hace apropiado en instalaciones con un elevado coste de mantenimiento que resulten críticas en el sistema productivo.

2.2.2.1 **Técnicas utilizadas en BCM**

Hay una variedad de tecnologías que pueden y deberían ser utilizadas como parte de un programa predictivo global de mantenimiento. Si se tiene en consideración que las fallas en los sistemas mecánicos son de mayor ocurrencia en los equipos, y que generan otros tipos de falla como son: eléctricos, hidráulicos, neumáticos etc., el monitorear las vibraciones es generalmente el componente crucial de muchos programas predictivos.

Sin embargo, el monitorear vibraciones no puede proveer toda la información que será requerida para un programa predictivo exitoso. Ésta técnica se limita en monitorear la condición mecánica y no otros parámetros críticos requeridos para mantener fiabilidad y eficiencia de maquinaria.

Por lo tanto, un programa predictivo global de mantenimiento debe incluir otras técnicas de monitoreo y de diagnóstico. Estas técnicas incluyen: (1) Monitoreo de vibración, (2) Parámetros de termo-grafía, (3) Tribología, (4) Parámetros de proceso, (5) Inspección visual, y otras técnicas no destructivas de experimentación.

2.2.2.2 **Ventajas**

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que elemento es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en éstos casos.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.

Por último garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

2.2.2.3 **Desventajas**

- La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante (equipos y analizadores tienen un costo elevado) y se requiere un personal para realizar la lectura periódica de datos.
- Se debe tener un personal calificado que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.

Por todo ello la implantación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

2.2.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

Surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de grandes pérdidas de los equipos.

El TPM incorpora una serie de nuevos conceptos entre los cuales cabe destacar el Mantenimiento Autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta.

También agrega a conceptos antes desarrollados como el Mantenimiento Preventivo, nuevas herramientas tales como el Predictivo y el Correctivo.

2.2.3.1 Características:

- Acciones de mantenimiento en todas etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de las operaciones, en lugar de prestar atención en mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción, en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee.

2.2.3.2 Objetivos:

- Cero averías en los equipos.
- Cero defectos en la producción.
- Cero accidentes laborales.
- Mejorar la producción.
- Minimizar los costes.

2.2.3.3 Ventajas

- Mejora la calidad del personal, desde operadores hasta gerentes de línea.
- Extiende la eficiencia y el ciclo de vida de las máquinas y/o equipos.
- Las ventas, imagen de la entidad productiva, se ve mejorada con la ejecución de éste mantenimiento.
- Es aplicable en diferentes ámbitos como: construcción y mantenimiento de edificios, transporte, además de su aplicación a entidades productivas.
- El trabajo en equipo genera un verdadero compromiso de trabajo, que a su vez desemboca en un ambiente de trabajo agradable.

2.2.3.4 Desventajas

- Implica un costo extra para la organización debido a que se requiere capacitación, reuniones periódicas, etc.
- El compromiso de la gerencia, es clave para la implementación de éste sistema, caso contrario los promotores terminan criticados y despedidos de sus empleos.
- Requiere evaluaciones constantes, para observar el cambio programado.
- La colaboración por parte de los supervisores de producción es vital, los operarios requieren de toda la información técnica que estos posean.

2.2.4 MANTENIMIENTO PROACTIVO

Es una estrategia dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conduce a la falla de la maquinaria. La perdurabilidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de los límites aceptables, utilizando una práctica de “detección y corrección” de las desviaciones.

Límites aceptables significa que las causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

Sus costos son similares y complementarios a los del mantenimiento predictivo. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se

debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, caso contrario su vida útil y desempeño se verán reducidos.

2.2.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Requiere de la creación de un sistema que involucre ciertas actividades complementarias las mismas que permitirán realizar un trabajo metódico y sistémico, que involucre a todos los elementos activos y pasivos que participan en el desarrollo de éstas actividades de una forma cronológica, con el fin de obtener los mejores resultados, el objetivo es anticiparse o prever fallas o daños en los diferentes sistemas, mecanismos o elementos que conforman los equipos, instalaciones, o edificaciones evitando daños en estos, así como paros imprevistos en su funcionamiento, los mismos que afectarían de manera directa a la productividad y la calidad del producto o servicio.

2.2.5.1 Características:

Trata de obtener el máximo rendimiento de la vida útil de las piezas de una máquina disminuyendo los paros imprevistos. Cubre todo los trabajos programados que se realizan con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas.

Se conoce con antelación lo que se debe hacer, de modo que cuando se para el equipo para efectuar la operación, se disponga de personal, repuestos e información técnica necesaria para realizarlo correctamente.

Tiene costos escalonados con saltos de poca envergadura debido a intervenciones periódicas planificadas y con algún escalón más importante en los mantenimientos mayores derivados fundamentalmente del reemplazo de partes de costo elevado. Esta metodología no está exenta de alguna intervención imprevista.

Se sustenta en el análisis previo de la información técnica, características, inspecciones, experiencia y factores que afectan a la operación y servicio de los equipos; a partir de ello se planifican y programan las actividades rutinarias. Agrupa todas las tareas de la planificación, ejecución y control de los trabajos

mecánicos, eléctricos y misceláneos que se realizarán para disminuir los daños y situaciones imprevistas.

Por las razones expuestas se puede afirmar que ésta una “técnica de dirección” que provee los medios para la conservación de los elementos físicos de una empresa, en condiciones de operar con eficiencia, seguridad, economía y con una afectación mínima al medio ambiente.

La principal característica que permite escogerlo como idóneo para la implantación en industrias de nuestro medio, es que se puede desarrollar una serie de pasos de acción lógica que son:

- a) Evaluar las condiciones en que se encuentran los elementos físicos de un equipo en forma predictiva (objetiva o subjetiva)
- b) Determinar el procedimiento para un arreglo eficiente.
- c) Planificar el trabajo tomando en cuenta el área de producción.
- d) Realizar el trabajo cuando se tiene todos los elementos técnicos, logísticos y de seguridad para una ejecución garantizada.

Es una estrategia en la que se planifican periódicamente las intervenciones en las máquinas, y básicamente tiene dos componentes operativos que son:

- a) Inspección periódica de las condiciones de los componentes.
- b) Reemplazar los componentes que se encuentran en mal estado, operación que se lo realiza después de tiempo prudencial y una vez que se disponga de todos los elementos necesarios como son: mano de obra, repuestos, herramientas, etc. Las intervenciones se planifican una vez que ha cumplido el ciclo determinado para éstas actividades aún cuando la máquina esté funcionando satisfactoriamente.

2.2.5.2 Tipos.

- a) A Tiempo Fijo

Se caracteriza porque las acciones de inspección y operación se las planifica conjuntamente con el área de producción en fechas predeterminadas con anterioridad, y para realizar las acciones es necesario tener a punto todos los

requisitos necesarios como son recursos humanos, repuestos, documentación técnica, herramientas, etc. con la suficiente anticipación, éstas actividades se lo realiza básicamente por la imposibilidad de hacer paros programados a los equipos sujetos a éste mantenimiento en otras fechas, ya que el proceso productivo solo se puede parar luego de realizar una producción programada por lotes o por temporada, con el fin de evitar problemas operativos, y los consiguientes efectos colaterales como son pérdida de materia prima o incumplimiento con los clientes, razón por la que se los hace una y máximo dos veces al año.

b) A Tiempo Variable

Difiere básicamente del anterior en que su planificación se lo realiza en diferentes períodos de tiempo durante el año, de acuerdo a las disponibilidades particulares de realizar paros obligatorios, como son fines de semana o feriados, evitando paros de producción infructuosos.

Las operaciones de mantenimiento se llevan a cabo a intervalos irregulares de tiempo, determinados por el número de horas de operación, número de ciclos, cantidad de piezas trabajadas, o de acuerdo a las recomendaciones dadas por el fabricante. Es apropiado para las labores periódicas como lubricación y limpieza.

2.2.5.3 Ventajas

- Permite contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva de la empresa en base a los trabajos de mantenimiento que se realizarán.
- Planificación de los trabajos a realizar, con esto se logra que los trabajos sean conocidos de antemano, con lo cual se tiene el suficiente tiempo para conocer y programar todos los pormenores.
- Siendo los trabajos planificados, se espera que el rendimiento de las horas-hombre disponibles aumente, en virtud de que se tiene un mecanismo de control de los trabajos realizados.

- La producción no se ve alterada por la realización del mantenimiento; éste se programa de tal manera que se aprovechen las horas de para de la planta.

2.2.5.4 Desventajas

- Su ejecución involucra una inversión inicial en infraestructura.
- Debe ser ejecutado por personal calificado.
- El análisis incorrecto de la frecuencia de mantenimiento preventivo, provoca un elevado costo, sin obtener mejoras sustanciales en la disponibilidad de las máquinas y/o equipos.

Los resultados de la aplicación de ésta estrategia, son visibles a largo o en el mejor de los casos mediano plazo, que puede ser dos años como mínimo.

2.2.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

Propone preservar el estado original de diseño o normal de operación. Es evidente que para que esto sea posible los equipos deben ser capaces de cumplir las funciones para las cuales fueron seleccionadas y que la selección haya tenido en cuenta la condición operacional real.

2.2.6.1 Características:

- Considerar la fiabilidad inherente o propia del equipo / instalación.
- Asegurar la continuidad del desempeño de su función.
- Si deseamos aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, incrementar la fiabilidad, mejorar la calidad de la producción, se necesita de un rediseño.
- Tener en cuenta la condición operacional: ¿dónde y cómo se está usando?

2.2.6.2 Ventajas:⁶

- Si se aplicara a un sistema preventivo ya existente en la empresa, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%, mientras que si se emplea para desarrollar un nuevo sistema en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho

⁶ http://www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm

menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

- El lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.

El implementar el RCM genera un sinnúmero de beneficios, entre los más representativos están una elevada productividad, motivación del recurso humano, mejora de la seguridad e higiene industrial y mayor control del impacto ambiental. La filosofía de esta estrategia de mantenimiento va de la mano con la gestión de la calidad total. Son métodos flexibles y que constantemente buscan otorgar a quienes lo aplican un sin fin de oportunidades de mejora en base a los problemas que aparecen día a día.

2.2.6.3 **Desventajas**

- El R.C.M. requiere un amplio conocimiento acerca de la fiabilidad y mantenibilidad del sistema y todos sus componentes.
- Demanda el conocimiento de normas, las cuales especifican las exigencias que debe cumplir un proceso para poder ser denominado R.C.M.
- El personal de mantenimiento necesita un amplio conocimiento sobre la funcionalidad de cada elemento de máquinas y/o equipos.
- Se necesita el apoyo de todos los recursos humanos involucrados en la entidad productiva.

2.2.6.4 **PROCESO: SIETE PREGUNTAS BÁSICAS**

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar ésta relación detalladamente, es necesario saber qué tipo de elementos físicos existen en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que debe realizarse un registro de equipos completo si no existe ya uno.

Para poder identificar las necesidades reales del mantenimiento de los activos en su contexto operacional, existe una metodología que se basa en siete preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y estándares de rendimiento asociados del activo en su actual contexto operativo? (Funciones y criterios de funcionamiento).
- ¿De qué formas no realiza sus funciones? O puede fallar. (Fallos funcionales).
- ¿Qué causa que deje de cumplir su función? La causa por la que fallo. (Modos de fallo).
- ¿Qué sucede cuando ocurre un fallo? Sus efectos. (Efectos de los fallos).
- ¿Qué ocurre cuando falla? De qué forma impacta sobre el sistema. (Consecuencias de los fallos).
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada fallo? (Tareas preventivas).
- ¿Qué debe hacerse si no se puede prevenir el fallo? (Tareas a “falta de”).

2.3 HERRAMIENTAS APLICADAS EN EL MANTENIMIENTO⁷

Para ejecutar satisfactoriamente el mantenimiento y obtener resultados cuantitativos que ayuden a tomar decisiones, se necesita de ciertos instrumentos que faciliten el trabajo.

Gracias al uso de éstas se puede planear, organizar, y controlar mejor las actividades.

A continuación se describe las principales herramientas utilizadas.

2.3.1 HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE AVERÍAS

Se han seleccionado aquellas que mejor se adaptan para cada fase del análisis.

⁷ <http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/gai/gratis/10articulo.pdf>

2.3.1.1 **Histograma**

Es un gráfico de barras verticales que representa la distribución de un conjunto de datos. Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores. Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.

Es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos. Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa y entendible. Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones. Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

2.3.1.2 **Diagrama de Pareto**⁸

Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar y seleccionar los aspectos prioritarios que hay que tratar. También se conoce como Diagrama ABC o Ley de las Prioridades 20-80. Sirve para conseguir el mayor nivel de mejora con el menor esfuerzo posible.

El objetivo del diagrama de Pareto es identificar los “pocos vitales”, de tal manera que la acción correctiva se aplique donde se produce un mayor beneficio. De esta manera facilita la correcta toma de decisiones para la realización de mejoras o innovaciones. Los pasos a seguir para su representación son:

- a) Anotar, en orden progresivo decreciente, los fallos o averías a analizar (importe de averías de un tipo de máquinas, importe de averías del conjunto de la instalación, consumo de repuestos, etc.). En definitiva, el problema o avería objeto del análisis.

⁸ LÓPEZ, E; Gestión de la calidad y Transformación cultura; E. P. N.; 2010.

- b) Calcular y anotar, a su derecha, el peso relativo de cada uno (porcentaje).
- c) Calcular y anotar, a su derecha, el valor acumulado (porcentaje acumulado).
- d) Representar los elementos en porcentajes decrecientes de izquierda a derecha (histograma) y la curva de porcentaje acumulado (curva ABC).

En la Tabla 10 se tiene un ejemplo de aplicación del diagrama de Pareto.

Tabla 10. Datos del ejemplo

	Concepto	Importe anual	%	% acumulado
A	Fuga cierre mecánico	40	46,5	46,5
B	Fallo de cojinetes	20	23,3	69,8
C	Desgaste anillos de impulsor	15	17,5	87,3
D	Daños en el eje	7	8,1	95,4
E	Daños en impulsor	3	3,5	98,9
F	Daños en carcasa	1	1,1	100

FUENTE: <http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/gai/gratis/10articulo.pdf>

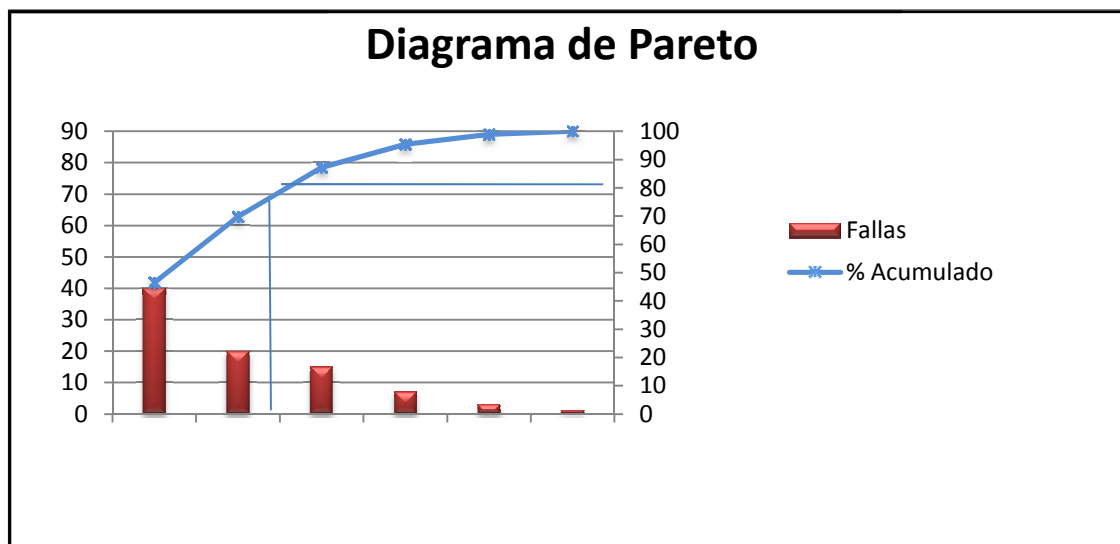


Figura 9. Diagrama de Pareto

FUENTE: <http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/gai/gratis/10articulo.pdf>

2.3.1.3 Diagrama de Ishikawa⁹

También denominado Diagrama Causa-Efecto o de espina de pescado, es una representación gráfica de las relaciones lógicas existentes entre las causas que producen un efecto bien definido. Sirve para visualizar, en una sola figura, todas las causas asociadas a una avería y sus posibles relaciones.

Ayuda a clasificar las causas dispersas y a organizar las relaciones mutuas. Es, por tanto, una herramienta de análisis aplicable para determinar las causas.

Los pasos a seguir para su construcción son:

- i. Precisar bien el efecto. Es el problema, avería o fallo que se va a analizar.
- ii. Subdividir las causas en familias. Se aconseja el método de las 4M (métodos, máquinas, materiales, mano de obra), para agrupar las distintas causas, aunque según la naturaleza de la avería puede interesar otro tipo de clasificación.
- iii. Generar, para cada familia, una lista de todas las posibles causas. Responder sucesivamente, ¿por qué ocurre? hasta considerar agotadas todas las posibilidades.

El diagrama de Ishikawa asociados a una avería o fallo se presenta con un ejemplo de fallo de rodamientos. Ver figura 10.

⁹ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/arias_s_II/capitulo2.pdf

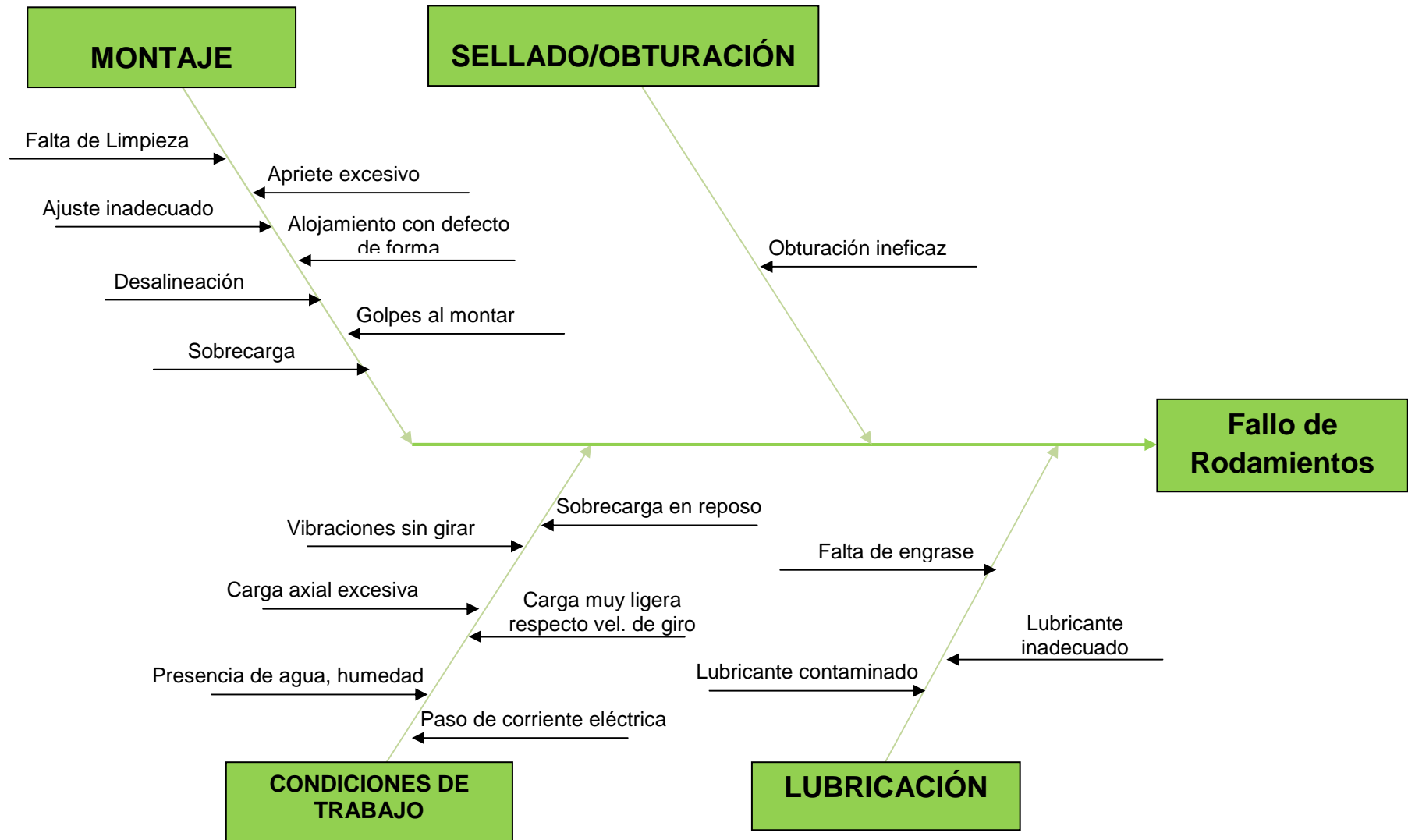


Figura 10. Diagrama de Ishikawa

FUENTE: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/arias_s_ll/capitulo2.pdf

2.3.1.4 Diagrama de Dispersión¹⁰

Cuando interesa saber si existe algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, puede ocurrir estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra. En este caso se habla de una correlación positiva. También podría ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario; por ejemplo, al aumentar el valor de la variable x, se reduzca el de la variable y. Entonces, se estaría ante una correlación negativa.

Si los valores de ambas variables se relevan independientemente entre sí, se afirmaría que no existe correlación.

Se trata de una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar las posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables.

2.3.1.5 El Árbol de Fallos

Es una representación gráfica de los múltiples fallos o eventos y su secuencia lógica desde el evento inicial (causas raíz) hasta el objeto del análisis (evento final) pasando por los distintos eventos contribuyentes. Tiene el valor de centrar la atención en los hechos relevantes. Adicionalmente conduce la investigación hacia causas latentes.

Permite, igual que el diagrama de Ishikawa, resumir y presentar las causas, conclusiones y recomendaciones.

Se utilizan símbolos para expresar las relaciones lógicas entre los distintos sucesos. Los pasos a seguir para la construcción del árbol de fallos son:

- a) Determinar el suceso final (avería, fallo o evento no deseado). Ocupará la cúspide del árbol o gráfico.
- b) Desarrollar el árbol, de forma iterativa, mediante puertas lógicas y sucesos. Para cada suceso hay que responder: ¿por qué ocurre? ¿Qué

¹⁰ http://fete.ugt.org/PRL/p_preventivo/pdf_ntp/ntp_333

sucesos (intermedios o básicos) podrían haber causado el suceso objeto del estudio? El procedimiento se desarrollará hasta llegar a sucesos básicos que no requieren posterior desarrollo.

- c) Evaluación cualitativa. Si se transforma el árbol en una función lógica, aplicando el álgebra de Boole, se puede hacer la siguiente evaluación cualitativa: la expresión resultante representa las combinaciones mínimas de sucesos primarios, cuya ocurrencia simultánea conduce al suceso no deseado. Cada una de éstas combinaciones se denomina “conjunto mínimo de fallo”.

El suceso no deseado viene representado por la unión lógica de todos los conjuntos mínimos de fallo.

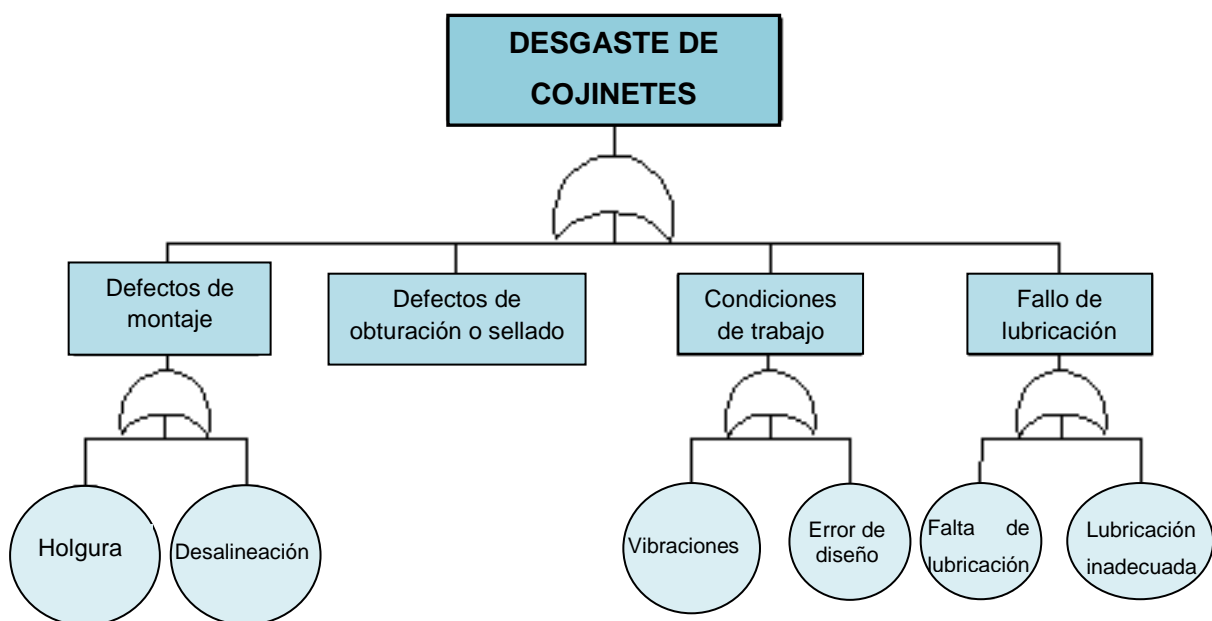




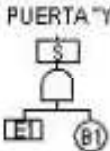

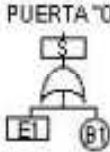

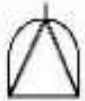

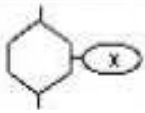


Figura 11. Representación gráfica del árbol de fallos

FUENTE: Técnicas y Métodos de aplicación en la fase Operativa de los equipos.

Con el fin de normalizar y universalizar la representación se han elegido ciertos símbolos que se representan en la Tabla 11.

Tabla 11. Símbolos utilizados para la representación del árbol de fallos

SÍMBOLOS	SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO
	SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico.
	SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés.
	SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Así mismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol.
	<p>PUERTA "Y"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 E2).</p>
	<p>PUERTA "O"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren en uno o más de los sucesos de entrada (E1 E2).</p>
	SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar.
	PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si, y sólo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta.
	PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si se hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas.
	PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y sólo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X).

FUENTE:http://fete.ugt.org/PRL/p_preventivo/pdf_ntp/ntp_333.

2.3.1.6 Matriz de Priorización de Holmes.

Es una herramienta que ayuda a comparar y escoger entre varias opciones o alternativas de problemas o soluciones con base a criterios para fijar prioridades o tomar una decisión.

Se utiliza para:

- Seleccionar entre alternativas de problemas.
- Seleccionar entre alternativas de causas.
- Seleccionar entre alternativas de soluciones.
- Seleccionar entre alternativas de pasos de implementación.

Tabla 12. Esquema de matriz de priorización

Criterios Opciones	C1/P	C2/P	C3/P	Puntuación Total
A				
B				

FUENTE: Mera-Simbaña.

A, B: Alternativas o soluciones.

C1, C2, C3: Criterios de evaluación (Coste, Rapidez, Dificultad, etc)

P: Peso del criterio (o factor de multiplicación).

Las alternativas son las distintas soluciones a comparar.

Las soluciones son puntuadas, comparativamente, respecto de cada criterio (si se tienen 4 soluciones se da, a cada una de ellas, una puntuación de 1 a 4 siendo 4 la mejor y 1 la peor).

Esa puntuación se multiplica por el peso de cada criterio y se suman para obtener la puntuación total. La mejor solución, para los criterios establecidos, es la que alcance la puntuación más alta.

Ejemplo de Aplicación de la matriz de criterios para seleccionar un aceite lubricante entre dos alternativas posibles (Aceite A y Aceite B)

Tabla 13. Ejemplo matriz de priorización.

Criterios Opciones	Precio 60%	Plazo 30%	Asistencia Técnica 10%	Puntuación Total
Aceite A	2	1	1	1,6
	1,2	0,3	0,1	
Aceite B	1	2	2	1,4
	0,6	0,6	0,2	

FUENTE: Mera-Simbaña

La mejor alternativa para los criterios manejados y con los pesos asignados a cada uno de ellos es el Aceite A.

CAPÍTULO 3

3 DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO.

3.1.1 INTRODUCCIÓN.

La maquinaria que se utiliza en los procesos productivos de la empresa trabaja en jornadas de ocho horas diarias, cinco días de la semana. Actualmente la empresa no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento, simplemente se corrigen y reparan las fallas que presentan las máquinas.

Las fallas en las máquinas son constantes, se desconoce el tiempo que trabajarán eficientemente antes de necesitar una limpieza o un cambio de piezas, lo que genera paros innecesarios en la producción con tiempos de respuesta lentos y un incremento en los costos de operación y repuestos.

La empresa carece de un software de mantenimiento, con éstas limitaciones dificulta el acceso de las fichas técnicas de los equipos existentes, inventario, repuestos e información de las máquinas.

3.1.2 INFORMACIÓN EXISTENTE DE REGISTROS Y OPERACIONES EN LA ACTUALIDAD.

Se encuentra en escritos, y fichas almacenados en archivadores, quedando algunas sin actualizar durante varios años. Estos procedimientos son manejados por el personal de mantenimiento. De igual manera los catálogos de la mayoría de las máquinas se encuentran en inglés.

Existe una hoja de vida de cada máquina donde se registra las actividades realizadas durante el año, la misma que consta de: fecha, acciones que se tomaron para solucionar el fallo y firma de quién realizó dicha actividad.

3.1.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS ACTUALMENTE.

Los trabajos de mantenimiento que realiza el personal de ésta área se efectúan durante el proceso productivo, generalmente son: lubricación, limpieza y remplazo de repuestos esenciales para su funcionamiento. Sin embargo la mayor parte de las tareas son de carácter correctivo.

Debido a una deficiente planificación y control de las intervenciones que se hacen a las máquinas no se tiene un historial completo sino parcial.

Toda la información sobre el mantenimiento realizado, no se ingresa a la hoja de vida de la maquinaria, además no se encuentra organizada de una manera que sea fácil de acceder a la información cuando sea necesario.

La empresa realiza un mantenimiento al final de cada año donde se procede a la revisión de toda la maquinaria y se observa si necesita o no un cambio de piezas, todo esto sin prever las herramientas y repuestos a utilizar durante esta actividad.

3.1.4 EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO

Para tener una idea clara de la situación actual de mantenimiento se evaluó cuidadosamente las causas que dificultan el desempeño de los equipos en diferentes aspectos.

Para el análisis se consideró cuatro aspectos fundamentales y de intervención directa con las tareas de mantenimiento de la empresa, las cuales son:

- Organización
- Maquinaria
- Personal
- Presupuesto

Organización

El área de mantenimiento carece de una estructura organizativa lo que genera problemas que afectan directamente a la producción de la empresa.

Al no existir una organización adecuada, se hace difícil la actualización de información, lo que genera pérdida de información de los diferentes equipos que forman parte del proceso productivo de la empresa.

Maquinaria

Resulta necesario contar con catálogos, planos y manuales técnicos de las máquinas y/o equipos al momento de dar mantenimiento. Se pudo constatar la falta de éstos en ciertas máquinas. El registro de información de fallos es insuficiente al momento de llevar un historial de las máquinas.

Personal

Uno de los principales inconvenientes al momento de realizar el mantenimiento es la falta de personal y capacitación. Pues, hay una sola persona capacitada para resolver los problemas en caso de daño de las máquinas.

Presupuesto

La falta de recursos para la obtención de repuestos necesarios, personal, capacitación, entre otros dificultan el llevar un mantenimiento adecuado y a tiempo.

3.1.5 DIAGNÓSTICO DEL MANTENIMIENTO

Se realizó mediante el análisis de cada uno de los aspectos y problemas señalados en el ítem anterior, esto con ayuda del técnico de mantenimiento.

Como solución preliminar se tiene el realizar un plan que permita un mejor control de las actividades de mantenimiento de forma programada, con esto disminuir el “tiempo de para” de los equipos mediante un cronograma garantizando la disponibilidad de los recursos.

3.1.6 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La selección de la estrategia a utilizarse depende del tipo de empresa donde se pretende efectuar. Se realizará una valoración para seleccionar el más adecuado, considerando varias características de acuerdo a la estructura y maquinaria con que se cuenta.

Disponibilidad de equipos.

Esta característica se la considerará fundamentalmente en las temporadas altas de producción, por lo que se requiere que los equipos no sufran ninguna falla, valorando de manera adecuada al mantenimiento que garantice una disponibilidad adecuada durante esta época.

Costo de mantenimiento.

Debido a la falta de políticas de la empresa en ésta área no existe un presupuesto real para realizar los trabajos.

Por lo tanto un factor importante dentro de la selección del tipo de estrategia es el costo que implique realizar el mismo.

Incidencia en la producción.

Es importante conocer las actividades de mantenimiento que se realizan en cada uno de las distintas estrategias, y cuáles de estas provocarán un paro de la maquinaria afectando directamente a la producción.

Detectabilidad de falla.

Para la selección del mantenimiento un criterio importante es la facilidad con la que se puede detectar un posible fallo con la finalidad de corregir éste antes de que ocurra.

Conocimientos del personal de mantenimiento

Los conocimientos que debe tener el personal para los diferentes tipos de mantenimiento no son iguales, por lo tanto se debe tomar en cuenta éste aspecto al momento de la selección, para lograr así un manejo adecuado la estrategia.

3.1.6.1 Matriz de priorización de criterios.

La matriz de Holmes es una herramienta que permite priorizar parámetros que tienen características similares. La principal característica de ésta matriz es comparar entre sí los parámetros y clasificarlos en orden de importancia. Es utilizada para discriminar los factores del análisis.

Pasos para realizar la matriz de Holmes:

1. Ubicar los factores en filas y columnas.
2. En la diagonal principal deben asignarse valores de 0.5; ésta divide a la matriz en dos partes.
3. Asignar valores a los casilleros:
Si el valor de la fila es más importante que el factor de la columna, asignar 1 caso contrario 0.
Si el factor de la columna es más importante que el de la fila, asignar 1 caso contrario 0.
Si los factores tienen igual importancia asignar 0.5.
4. Las columnas y las filas son casilleros correspondientes, la sumatoria de éstos debe ser igual a 1.
5. Obtener totales por filas.
6. Se ordena de mayor a menor.
7. Obtener el porcentaje de cada factor.

Para poder realizar una selección adecuada del tipo de mantenimiento a realizarse es necesario establecer el orden de importancia de los criterios considerados. En la tabla 14 se muestra la matriz de priorización de criterios.

Tabla 14. Matriz de priorización de criterios

Criterios	1	2	3	4	5	Total	Peso
1 Disponibilidad de equipos	0.5	1	1	1	0.5	4	0.32
2 Costo de mantenimiento	0	0.5	0	0.5	0	1	0.08
3 Incidencia en la producción	0	1	0.5	1	0	2.5	0.20
4 Detectabilidad de la falla	0	0.5	0	0.5	0.5	1.5	0.12
5 Conocimientos del personal de mantenimiento	0.5	1	1	0.5	0.5	3.5	0.28
TOTAL						12.5	1

FUENTE: Mera-Simbaña

Para la selección de la estrategia de mantenimiento se realizó una matriz de priorización para la selección de alternativas tomando los criterios anteriormente clasificados según su importancia. (Ver Tabla 15)

Calificación de criterios:

1= Debilidad mayor

2= Debilidad menor

3=Fortaleza menor

4=Fortaleza mayor.

Tabla 15. Matriz de priorización para Selección del Mantenimiento

Criterios	Peso	TIPOS DE MANTENIMIENTO							
		Preventivo		CBM		RCM		TPM	
		Calif.	P.P	Calif.	P.P	Calif.	P.P	Calif.	P.P
Disponibilidad de equipos	0.32	2	0.64	4	1.28	2	0.64	3	0.96
Conocimiento del personal	0.28	4	1.12	1	0.28	3	0.84	2	0.56
Incidencia en la producción	0.20	3	0.60	4	0.80	3	0.60	3	0.60
Detectabilidad de falla	0.12	3	0.36	4	0.48	3	0.36	3	0.36
Costos de mantenimiento	0.08	4	0.32	1	0.08	3	0.24	2	0.16
Total	1		3.04		2.92		2.68		2.64

FUENTE: Mera-Simbaña

De acuerdo a los resultados obtenidos de la matriz de priorización se tiene que la estrategia seleccionada es el Mantenimiento Preventivo a tiempo fijo, pues las máquinas trabajan de lunes a viernes ocho horas diarias, por lo que los trabajos de mantenimiento se deben realizar los fines de semana.

Sin embargo para la elaboración del plan se utilizarán herramientas como el Método AMFE propio del RCM y Diagramas de Pareto y Causa-Efecto que se aplican en el TPM.

3.2 PLANIFICACIÓN Y CONTROL

Es importante tener en cuenta, el análisis de la gestión del mantenimiento para luego analizar la planificación y control; todo esto debido a que se encuentran directamente relacionados entre sí.

3.2.1 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento como tal son todas las actividades de diseño, planificación y control destinadas a minimizar los costos asociados al mal funcionamiento de la maquinaria, de modo que se pueda identificar la mejor forma de trabajo y herramientas necesarias para desarrollar de manera satisfactoria las tareas que se van a realizar.

Todo esto permitirá garantizar que la maquinaria esté funcionando, así como su conservación, logrando un incremento en la vida útil de los mismos.

3.2.2 DESEMPEÑO DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Está basado en los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa; con esto se busca lograr que el área de mantenimiento no se limite a la reparación de las instalaciones sino también a la administración de costos, recursos humanos y stock de repuestos con el fin de tener una buena gestión de mantenimiento.

3.2.3 RAZONES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Hoy en día se vive en un mundo globalizado donde la competencia obliga a reducir costes, por lo que es necesario optimizar el consumo de materiales y mano de obra.

Dentro del área de mantenimiento es indispensable analizar y estudiar una mejora en los resultados de la empresa y cómo implementarlas, gracias a nuevas técnicas desarrolladas dentro de ésta área.

3.2.4 AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO

Es el control que se efectúa a las actividades de mantenimiento para evaluar si se están cumpliendo con los planes establecidos, y si éstos son efectivos y adecuados en la práctica para alcanzar los objetivos de la empresa.

Por lo general las auditorías son realizadas por personas ajenas al área de mantenimiento. Para lograr una evaluación buena es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- La organización.
- Documentación de la gestión de mantenimiento.
- Planificación y programación.
- El seguimiento del trabajo.
- La productividad.

3.2.4.1 **La Organización**

La investigación en la organización proporciona información acerca de la estructura que conforma el área de mantenimiento, además muestra las metas y objetivos del área para poder determinar si se está cumpliendo con lo establecido.

3.2.4.2 **Documentación de la gestión de mantenimiento**

Se busca verificar si el uso de las órdenes de trabajo se está realizando de forma adecuada, la misma que puede ser emitida manual o automática por un software de mantenimiento.

3.2.4.3 **Planificación y programación**

Se realiza en base a las necesidades de los usuarios y equipos. Para realizar una buena planificación y programación de las actividades de mantenimiento se debe tener claro los siguientes puntos: mano de obra, materiales, procedimientos de planificación, trabajo ejecutado y pendiente.

3.2.4.4 **Seguimiento del trabajo**

Luego de haber realizado la planificación y programación del mantenimiento se procede al seguimiento tanto de las asignaciones de trabajo, como la efectividad de los supervisores.

En lo referente a la asignación de trabajos se debe revisar los proyectados y no proyectados, además de la contratación de personal en caso de emergencias.

Con la auditoría de la gestión de mantenimiento se tiene una visión clara de todo el sistema.

3.2.5 ETAPAS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

3.2.5.1 Planificación

Según Duffuaa (2002), la planeación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una metodología antes de iniciar el trabajo.

Comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, los planos y dibujos necesarios, la hoja de planeación de mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo.

En consecuencia, un proceso eficaz deberá determinar el contenido de trabajo (puede requerir visitas al sitio), de igual manera desarrollar un plan de responsabilidad, éste debe comprender la secuencia de actividades y el establecimiento de los mejores métodos y procedimientos para realizar el trabajo.

Establecer el tamaño de la cuadrilla para el trabajo, planear y solicitar las partes y los materiales, Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales y obtenerlos, asignar a los trabajadores con la destreza apropiadas, revisar los procedimientos de seguridad, establecer prioridades (de emergencia , urgente de rutina y programando) para toda actividad de mantenimiento, asignar cuentas de costo, completar la orden de trabajo, revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control, predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronósticos .

Por lo tanto, la planeación y la programación de un trabajo requiere unas personas con cualidades como:

- Pleno conocimiento de los métodos de producción empleada en toda la planta.
- Suficiente experiencia que le permita estimar la mano de obra, los materiales y los equipos necesarios para llenar la orden de trabajo.
- Excelentes habilidades de comunicación.
- Conocimiento de las herramientas de planeación y programación.

3.2.5.1.1 *Ventajas y desventajas de la planificación*¹¹

En general, las ventajas de la planeación definitivamente superan con márgenes muy marcados cualquier análisis de las desventajas. Sin embargo podemos considerar que dichos resultados adversos son el producto de funciones de planeación que han sido utilizadas incorrectamente o de que se ejecutó sin tomar en cuenta premisas reales existentes y por el contrario fue basada en premisas ficticias del proceso las cuales por consiguiente llevaron a resultados no acertados.

La parte negativa es que si no se ejecuta adecuadamente puede traer desventajas para la empresa.

3.2.5.2 **Programación**¹²

Para Gatica (2001), es el proceso mediante el cual se acoplan los trabajos con los recursos y se les asigna una secuencia para ser ejecutados en ciertos puntos del tiempo. Un programa confiable debe tomar en consideración lo siguiente:

- Una clasificación de prioridades de trabajo que refleje la urgencia y el grado crítico del trabajo.
- Si todos los materiales necesarios para la orden de trabajo están en la planta (si no, la orden de trabajo no debe programarse).
- El programa maestro de producción tiene estrecha coordinación con la función de operación.
- Estimación realistas y lo que probablemente sucederá, y no lo que el programador desea.
- Flexibilidad en el programa (el programador debe entender que se necesita flexibilidad, especialmente en el mantenimiento; el programa se revisa y actualiza con frecuencia).

El programa de mantenimiento puede prepararse en tres niveles, dependiendo de su horizonte:

¹¹<http://www.monografias.com/trabajos55/planeacion-y-control/planeacion-y-control2.shtml>

¹² <http://www.monografias.com/trabajos55/planeacion-y-control/planeacion-y-control3.shtml>

- A largo plazo o maestro, que cubre un periodo de 3 meses a un año.
- Semanal
- El programa diario que cubre el trabajo que debe completarse cada día.

El programa a largo plazo se basa en las órdenes de trabajo de mantenimiento existentes, incluyendo las órdenes en blanco, de trabajos pendientes, mantenimiento preventivo y el de emergencia anticipado debe equilibrar la demanda a largo plazo de los trabajos con los recursos disponibles.

3.2.5.3 Ejecución

Dentro de las etapas de la gestión de mantenimiento está el ejecutar, que son básicamente, las actividades propias sobre el trabajo planificado.

- Trabajos planificados a ejecutar: Es la Información sobre el plan de trabajo definido, sus actividades, las variables a controlar durante él, los cambios de componentes a efectuar, la selección de mano de obra, etc.

3.2.5.4 Control

El objetivo de controlar es verificar que las actividades de mantenimiento se realizan de conformidad a lo programado y con los estándares establecidos en la planificación.

El análisis de los resultados debe cubrir todos los aspectos del mantenimiento, tanto técnico como económico; tales como:

- Porcentaje de ejecución del programa de mantenimiento.
- Eficiencia del servicio de los equipos incluidos en el programa.
- Tiempos perdidos por fallas imprevistas.
- Distribución de la mano de obra en la ejecución del programa.
- Evaluación del personal en el cumplimiento de sus funciones.
- Incidencia del mantenimiento en el costo del producto
- Consumo de repuestos.
- Gastos de mantenimiento por líneas de producción o equipos.

3.2.5.5 Evaluación

El evaluar permite comprobar la eficiencia y resultados del control; en los sistemas tradicionales de mantenimiento, siempre existió el control y la evaluación, los cuales estaban limitados por las posibilidades de procesamiento, las mismas que hoy en día gracias a la informática se han potencializado.

3.2.6 INDICADORES PARA EL CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Para gestionar el mantenimiento se necesita de índices para monitorear el buen desempeño de las actividades en la empresa.

Los indicadores permiten medir el grado de cumplimiento de los objetivos planificados para un determinado período, así como detectar las tendencias con la finalidad de evaluar las metas logradas o para introducir los correctivos necesarios para contrarrestar las desviaciones detectadas, cuando se lo requiera.

3.2.6.1 Características de los indicadores.

- Identificar los factores clave de producción.
- Definir unos índices que los evalúen.
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer unos valores estándares para dichos indicadores.
- Tomar acciones y decisiones oportunas ante las desviaciones que se detecten.

3.2.6.2 Cálculo de los indicadores para la evaluación de la gestión de mantenimiento.

Al emprender cualquier actividad es necesario definir variables que cuantifiquen la eficacia de dichas actividades, para poder interpretar la forma en la que se encuentra el mantenimiento.

De ésta manera se puede evaluar de una manera objetiva si se está consiguiendo los objetivos pretendidos con ésta actividad. Entre las principales variables se puede mencionar las siguientes:

3.2.6.2.1 Disponibilidad

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define como la probabilidad de que una máquina o sistema esté preparado para la producción en un período de tiempo determinado, o sea, que no esté parada por averías o ajustes.

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p} \quad (3.1)$$

To: tiempo total de operación.

Tp: tiempo total de parada.

Los períodos de tiempo nunca incluyen paradas planificadas, sean éstas por convenios laborales, por mantenimiento planificado, o por paradas de producción, dado que éstas no son debido a fallo de la maquinaria.

Aunque la anterior definición de disponibilidad es la natural, se suele definir de forma más práctica a través de los tiempos medios entre fallos y de reparación, dado que son los datos que se conocerán para cada sistema.

Así tenemos:

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR} \quad (\text{Disponibilidad}) \quad (3.2)$$

Donde:

TMEF, tiempo medio entre fallos.

TMDR, tiempo medio de reparación.

Tiempo Medio Entre Fallos (TMEF)

Es el tiempo que transcurre entre la aparición de una falla y otra, para un componente, equipo o sistema. El análisis de éste indicador debe consistir en lograr que el mismo sea el más amplio posible, lo que significa que el elemento estudiado ha permanecido operando sin presentar paradas no programadas. Para su cálculo, se utiliza la ecuación indicada a continuación.

$$TMEF = \frac{\text{Total de horas de operación del equipo}}{\text{Total número de paradas correctivas}} \quad (3.3)$$

Tiempo Medio De Reparación (TMDR)

Consiste en el tiempo que el personal de mantenimiento consume para restablecer un equipo o sistema que ha fallado, a sus condiciones de operación. Es por ello que el indicador debe ser lo más pequeño posible, evitando que la producción se detenga hasta el punto de generar pérdidas considerables a la empresa.

$$TMDR = \frac{\text{Total de horas de intervenciones correctivas}}{\text{Total número de paradas correctivas}} \quad (3.4)$$

3.2.6.2.2 Fiabilidad

Es la probabilidad de que un elemento, equipo o instalación desarrolle o proporcione resultados satisfactorios en un momento dado.

3.2.6.2.3 Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo sea restablecido a una condición específica, dentro de un período de tiempo dado. Por tanto, la medida de tiempos de reparación (TMDR) caracteriza la mantenibilidad del equipo.

$$M = \frac{TMEF}{TMEF - TMDR} \quad (3.5)$$

3.2.6.2.4 Eficiencia total de los equipos

La OEE (Overhaul Equipment Effectiveness) es un indicador que se emplea para definir la eficiencia total de los equipos, al englobar bajo un solo índice los tres parámetros fundamentales relacionados con el funcionamiento de los equipos de producción.

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad} \quad (3.6)$$

Rendimiento

Contempla la pérdida de eficiencia de un determinado equipo como una disminución de su capacidad de producción frente a la nominal o esperada.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número total de unidades}}{\text{Tiempo de operación} * \text{Capacidad nominal}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción planificada}} \quad (3.7)$$

Calidad

La calidad es el indicador de las pérdidas por fabricación defectuosas de los productos, ya sea al fabricar unidades que directamente deben ser desechadas como aquellas que requieran ser reprocesadas.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Número de unidades válidas}}{\text{Número total de unidades fabricadas}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción real} - \text{Producción rechazada}}{\text{Producción real}} \quad (3.8)$$

3.2.7 CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.

Para la elaboración del plan de mantenimiento hay que considerar lo siguiente:

3.2.7.1 Registro de equipos

El primer paso para la elaboración del plan de mantenimiento será inventariar y recopilar información de todos los equipos e identificar su ubicación física.

Una vez inventariados los equipos, se procede a agruparlos por secciones, codificarlos y clasificarlos. Por ejemplo: sección de preparación y sección de manufactura.

Con la información recopilada sobre cada equipo, se elabora la ficha llamada "Registro del equipo", un formato que identifica al equipo y contiene las características y datos más importantes, tales como los siguientes: código del equipo, sección, fecha de adquisición e instalación, capacidad, fabricante, modelo, número de serie, características técnicas.

Los datos para llenar tales fichas se obtienen de las placas de los equipos suministrados por los fabricantes.

En el ANEXO 4, se muestra un ejemplo de una ficha “Registro del equipo”.

3.2.7.2 Descripción de las actividades de mantenimiento.

Contiene las actividades que se deben realizar con cada equipo, con la finalidad de eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provocan la paralización imprevista de una o varias máquinas.

Estas actividades se obtienen de los manuales de los fabricantes, de la experiencia de los trabajadores y tienen una duración anual o según se vaya comprobando su grado de eficiencia y aplicabilidad.

3.2.7.3 Fichas de trabajo

Para que el plan de mantenimiento cumpla las actividades, se debe elaborar fichas de trabajo que contemplen las órdenes, los materiales y repuestos.

Esto servirá para retroalimentar el plan de mantenimiento. Entre los principales tipos de fichas, están los siguientes:

Orden de trabajo

Es un documento donde se especifican los cambios, reparaciones, emergencias de cada máquina.

Debe tenerse en cuenta que ningún trabajo podrá iniciarse sin la respectiva orden y sin que las condiciones requeridas para dicha labor hayan sido verificadas.

Para esto se debe tener en cuenta la siguiente jerarquía:

Emergencia. Son aquellos trabajos que significan grandes pérdidas de dinero o que pueden ocasionar grandes daños a otras unidades. Estos trabajos deben iniciarse de forma inmediata y ser ejecutados de forma continua hasta su completa finalización.

Urgente. Son trabajos en los que debe intervenir lo antes posible, en el plazo de 24 a 48 horas después de solicitada la orden. Este tipo de trabajos sigue el procedimiento normal de plan de mantenimiento.

Normal. Son trabajos rutinarios cuya iniciación es tres días después de solicitada la orden de trabajo, pero pueden iniciarse antes, siempre que exista la disponibilidad de recursos.

Permanente. Son trabajos que pueden esperar un buen tiempo, sin dar lugar a convertirse en críticos. Su límite de iniciación es dos semanas después de haberse solicitado la orden de trabajo. Sigue la planificación normal.

En el ANEXO 5, se muestra un ejemplo de una ficha “Orden de trabajo”, donde se debe anotar el código del equipo, la sección de trabajo, la actividad a realizarse, la prioridad (emergencia, urgente, etc.), la fecha, la mano de obra, los materiales, etc.

Bitácora de mantenimiento

Después de intervenir cada equipo, se registra en la ficha “Bitácora de Mantenimiento” la fecha, las actividades, causas, soluciones realizadas, los materiales usados, etc. Ésta también servirá para controlar la operación y calidad y modificar el plan de mantenimiento.

En el ANEXO 6 se muestra un ejemplo de la “Bitácora de Mantenimiento”.

3.2.7.4 Manuales de mantenimiento

Manual de mantenimiento

Son instrucciones organizadas, redactadas a partir de los manuales, información técnica, etcétera, de los proveedores y fabricantes, donde se indica el procedimiento correcto y los pasos que se deben seguir para realizar un adecuado mantenimiento de los equipos.

Cuando los proveedores no pueden proporcionarnos estos elementos, se debe buscar a técnicos expertos para elaborar éste manual.

3.2.7.5 Almacén de repuestos

Es importante tener un registro de control de materiales para conocer lo siguiente:

- qué se debe tener en *stock*;

- cuándo hacer un pedido de repuestos, y
- cómo codificarlos para ser usado.

Para ello se debe elaborar una ficha que sirve para tener un registro de artículos que se encuentran en almacén. Asimismo, servirá para tener un almacén seguro y eficaz de materiales, repuestos, etcétera.

En el ANEXO 7 se muestra un ejemplo de la ficha “Control de Materiales”, donde se debe anotar el código del repuesto o material, la unidad de medida y la cantidad disponible en el almacén.

3.3 ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

3.3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La maquinaria de la Empresa IROKO CIA. LTDA. durante los dos últimos años ha sido renovada en un 70% por lo que es necesario diseñar y elaborar un plan de mantenimiento preventivo que contribuya a la conservación y adecuado funcionamiento de las máquinas, a través de actividades programadas.

Sin embargo es necesario considerar la existencia de máquinas antiguas en las que en la actualidad las fallas y desperfectos son más frecuentes, lo que repercute de manera directa en la producción de la empresa.

La empresa no cuenta con documentos como: órdenes de trabajo, bitácoras de mantenimiento, etc., que ayuden en la organización del mantenimiento.

El área de mantenimiento carece de organización y control de repuestos existentes provocando un retraso en las reparaciones.

3.3.2 JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento preventivo es una estrategia que permitirá alcanzar el mayor grado de confiabilidad en los sistemas, máquinas, equipos, instalaciones, proceso e infraestructura de la empresa.

Mediante el plan de mantenimiento desarrollado se espera economizar gastos; éstos pueden ser por paros intempestivos, problemas en la entrega a tiempo de sus productos, desconocimiento del daño y como repararlo.

La elaboración de documentos como fichas de registro de equipos, órdenes de trabajo, solicitud de repuestos, etc., permitirá tener una administración de mantenimiento adecuada.

3.3.3 PLANIFICACIÓN

Se ha seleccionado como estrategia el Mantenimiento Preventivo a tiempo fijo debido a las condiciones de trabajo de la empresa. El plan que se desarrolla a continuación deberá ser implementado por la gerencia de mantenimiento. Éste inicia con la codificación de cada uno de los equipos y las máquinas con las que cuenta la empresa, esto facilitará la identificación de los mismos.

Utilizando los registros de fallos con que cuenta la empresa se elabora un Histograma y el Diagrama de Pareto, éste último permitirá identificar las máquinas críticas, es decir aquellas que representan el 80% de las fallas.

Con los resultados obtenidos del Diagrama de Pareto se elabora una priorización de Holmes de las máquinas, en base a criterios establecidos en el literal 3.3.4.2.4.

A continuación se elaboran los cuadros AMFE para la máquina determinada mediante la matriz de Holmes.

Finalmente se elaborará un programa que permita administrar las tareas de mantenimiento.

3.3.4 LISTADO DE CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.

Para elaborar un inventario de los equipos es necesario contar con un sistema de codificación adecuado que facilite la identificación de cada una de las máquinas existentes en la empresa.

3.3.4.1 Sistema de Codificación de equipos.

Como parte de la organización del sistema de mantenimiento de la empresa es necesario realizar una codificación de los equipos, para esto se ha estructurado el código de la siguiente manera:

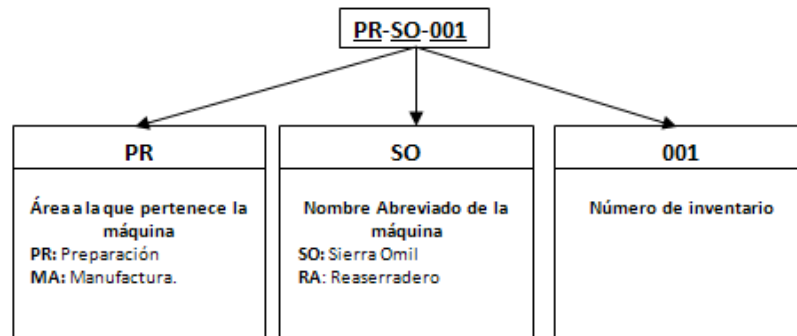


Figura 12. Codificación de equipos
FUENTE: Mera-Simbaña

A continuación se muestra las máquinas de cada una de las áreas de la empresa con su respectiva codificación. (Ver Tablas 16, 17, 18)

Tabla 16. Codificación de Equipos

ITEM	MÁQUINA	MARCA	CÓDIGO
E1	Compresor	SURMAQ	E-CO-001
E2	Montacargas	HELI 200	E-MT-002
E3	Generador	KOHLER	E-GE-003

FUENTE: Mera -Simbaña

Tabla 17. Codificación de Maquinaria Área de Manufactura

ITEM	MÁQUINA	MARCA	CÓDIGO
M1	Moldurera	WEINIG	MA-ML-001
M2	Mixer	CASKO PROD.	MA-MX-002
M3	Encoladora	CASKO PROD.	MA-EN-003
M4	Prensa de Componentes	HOLYTEK	MA-PC-004
M5	Prensa de Paneles	HOLYTEK	MA-PP-005
M6	Prensa de Componentes	SEMPRINI	MA-PC-006

Continuación Tabla 17.

M7	Perforadora de Venecianas	GRIGGIO	MA-PV-007
M8	Tupi-copiador	UNIQUE	MA-TC-008
M9	Espigadora	GABBIANI	MA-ES-009
M10	Lijadora de Banda	ROCKWELL	MA-LB-010
M11	Finger Join	XINKE	MA-FJ-011
M12	Prensa Finger Join	XINKE	MA-PFJ-012
M13	Lijadora	HOLYTEK	MA-LJ-013
M14	Sierra	ROJEK	MA-SR-014
M15	Trozadora	HOLYTEK	MA-TR-015
M16	Corta Tarugos	HOLYTEK	MA-CT-016
M17	Tarugadora	HOLYTEK	MA-TR-017
M18	Cepilladora	POWERMATIC	MA-CE-018
M19	Sierra	OMIL	MA-SO-019
M20	Sierra	DAFIGO	MA-SD-020
M21	Prensa de puertas paneladas	VICKERS	MA-PPP-021
M22	Perforadora de travesaños	HOLYTEK	MA-PT-022
M23	Perforadora de largueros	HOLYTEK	MA-PL-023
M24	Lijadora de disco	POWERMATIC	MA-LD-024
M25	Caldero	COLUMBIA	MA-CA-025

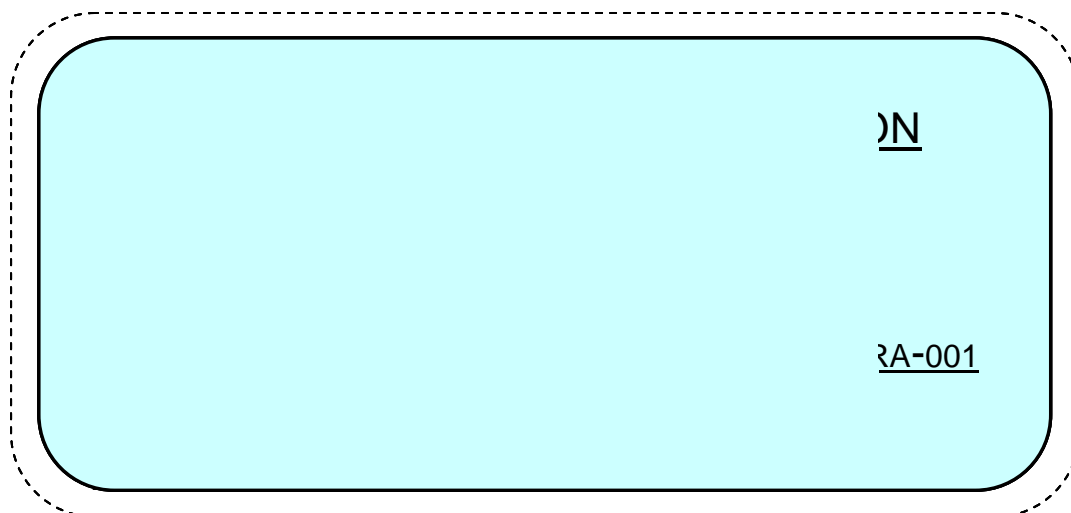
FUENTE: Mera -Simbaña

Tabla 18. Codificación de Maquinaria del Área de Preparación

ITEM	MÁQUINA	MARCA	CÓDIGO
P1	Reaserradero	MILL	PR-RA-001
P2	Sierra Múltiple	SCMI	PR-SM-002
P3	Cepilladora (dos caras)	HOLYTEK	PR-CE2-003
P4	Trozadora	HOLYTEK	PR-TR-004
P5	Sierra	INVICTA	PR-SI-005
P6	Aspiradora 1	HOLYTEK	PR-AS-006
P7	Aspirador 2	HOLYTEK	PR-AS-007

FUENTE: Mera –Simbaña

Para facilitar la identificación de las máquinas se elaboran placas para cada una de las máquinas, a continuación se muestra un ejemplo:



3.3.4.2 Identificación y Análisis de las fallas.

3.3.4.2.1 Diagrama Causa Efecto.

Se elabora el diagrama causa efecto para determinar el efecto y todas las causas posibles que originan un mantenimiento inadecuado. Ver ANEXO 8.

3.3.4.2.2 Histograma

Con el fin de obtener una mejor visualización de la maquinaria con problemas de acuerdo al número de paradas que se dan en la planta obtenida de los registros de histórico fallos de la empresa (Ver ANEXO 9). Se realiza un histograma.

Tabla 19. Número de paradas de la maquinaria (2010)

Maquinaria de la Empresa IROKO CIA. LTDA		
Área	Máquinas	Número de Paradas
Equipos	Compresor	2
	Montacargas	3
	Generador	3
Preparación	Reaserradero	2
	Sierra Múltiple	18
	Cepilladora (dos caras)	6
	Sierra Invicta	1
	Aspiradoras	2

Continuación de la Tabla 19

Manufactura	Moldurera	6
	Mixer	3
	Encoladora	1
	Prensa de Componentes Holytek	2
	Prensa de Paneles	2
	Prensa de Componentes Semprini	1
	Perforadora de Venecianas	2
	Tupi-copiador	2
	Espigadora	1
	Finger Join	1
	Prensa Finger Join	10
	Lijadora Holytek	3
	Sierra Rojek	4
	Tarugadora	1
	Cepilladora Powermatic	1
	Sierra Omill	1
	Sierra Dafigo	3
	Prensa de puertas paneladas	2
	Perforadora de travesaños	1
	Perforadora de largueros	2
Lijadora de disco	1	

FUENTE: Mera –Simbaña

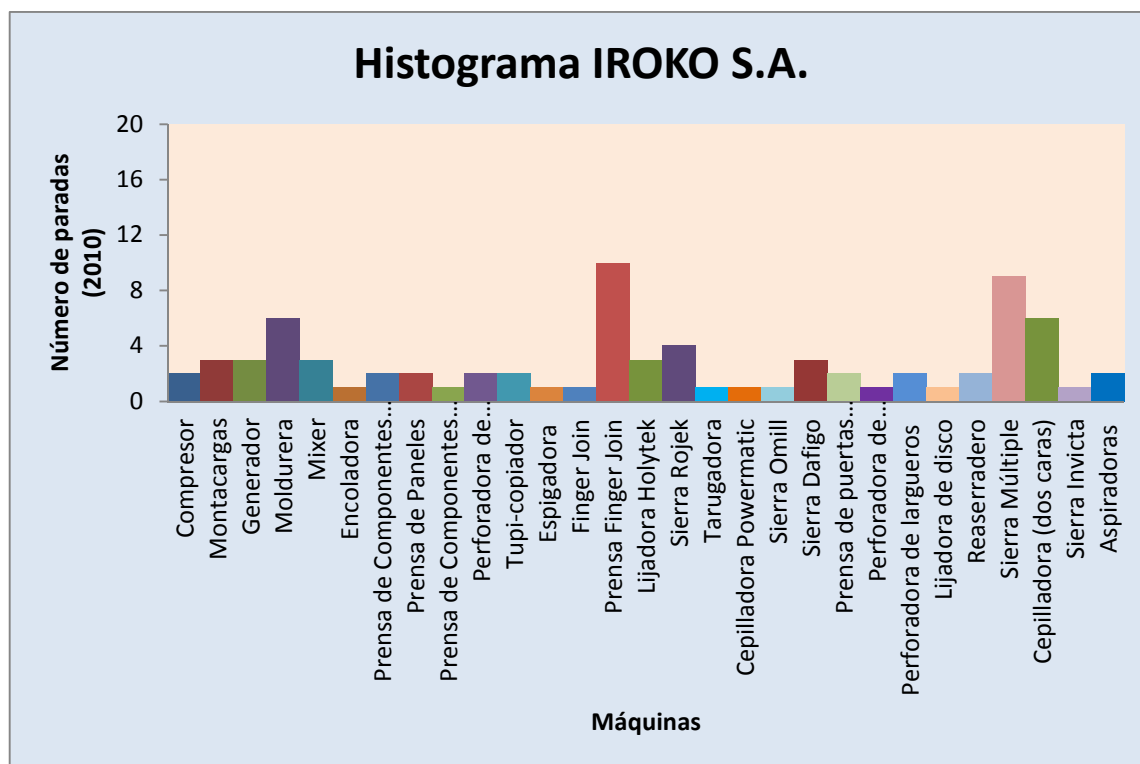


Figura 13. Histograma

FUENTE: Mera -Simbaña

3.3.4.2.3 Diagrama de Pareto

Siguiendo los pasos detallados en el capítulo 2 para elaborar un diagrama de Pareto se procede a organizar la información de las máquinas de acuerdo al número de paradas en el período de 1 año. Se despreciarán aquellas máquinas que tengan una sola falla en el año.

Se calcula el porcentaje relativo de fallas y finalmente el porcentaje acumulado.

Tabla 20. Listado de maquinaria en orden de número de fallas

Máquinas	Fallas	% Relativo	% Acumulado
Sierra Múltiple	18	16.8	16.8
Prensa Finger Join	17	15.9	32.7
Cepilladora (dos caras)	15	14	46.7
Moldurera	13	12.1	58.9
Sierra Rojek	10	9.3	68.2
Montacargas	9	8.4	76.6

Continuación de la Tabla 20.

Máquinas	Fallas	% Relativo	% Acumulado
Generador	6	5.6	82.2
Mixer	3	2.8	83
Lijadora	3	2.8	87.1
Sierra Dafigo	3	2.8	89.7
Compresor	2	1.9	90.5
Reaserradero	2	1.9	92.4
Aspiradoras	2	1.9	94.3
Prensa de Componentes	2	1.9	95.2
Prensa de Paneles	2	1.9	96.1
Perforadora de Venecianas	2	1.9	97.0
Tupi-copiador	2	1.9	98.3
Prensa de puertas paneladas	2	1.9	99.1
Perforadora de largueros	2	1.9	100
	100	100,0	

FUENTE: Mera -Simbaña

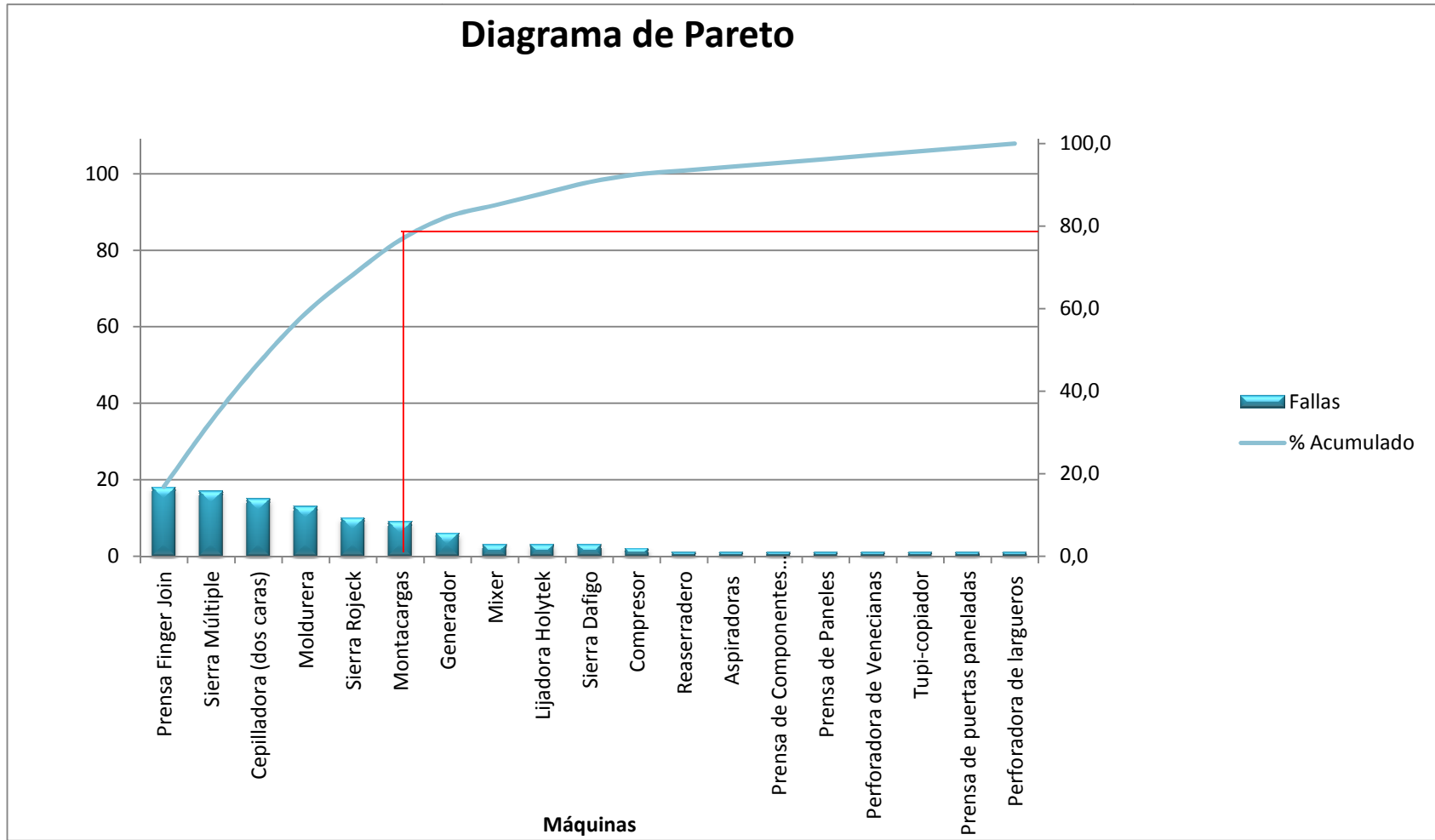


Figura 14. Diagrama de Pareto de la Empresa IROKO CIA. LTDA.

FUENTE: Mera -Simbaña

A partir del Diagrama de Pareto se determina que el 80% de fallas producidas se debe a las máquinas que se detallan en la tabla 21.

Tabla 21. Máquinas que producen el 80% de fallas

N.	Máquinas
1	Prensa Finger Join
2	Sierra Múltiple
3	Cepilladora (dos caras)
4	Moldurera
5	Sierra Rojek
6	Montacargas

FUENTE: Mera -Simbaña

3.3.4.2.4 *Matriz de Priorización de Holmes*

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida para cada máquina, es necesario tomar en cuenta ciertos criterios de acuerdo a las necesidades de la empresa:

- **Producción.** Este factor determina como afectan las averías en el desempeño de la empresa, los costos por pérdidas.
- **Calidad del producto final.** Toma en consideración la influencia que puede llegar a tener los fallos del equipo en la inocuidad del producto o su representación y consecuente desprestigio de la empresa.
- **Costo del mantenimiento.** En éste factor se toma en cuenta criterios como frecuencia, costo de averías, número de horas paradas del equipo, grado de especialización del personal de mantenimiento.
- **Medio Ambiente.** Determina si el equipo puede causar daños ambientales y su exposición de la empresa a sanciones.
- **Seguridad.** Se refiere a los riesgos que puede sufrir el personal de operación y equipos cuando se presentan fallas o paros inesperados.

Ponderación de factores

Se realiza una calificación de cada uno de los factores en 3 niveles, de acuerdo a los criterios más relevantes que se describen a continuación:

a) Producción.

1. No afecta la producción.
2. Retrasa la producción.
3. Para la línea de producción.

b) Calidad del producto final.

1. No afecta
2. Dentro de los parámetros.
3. Importante.

c) Costo del mantenimiento.

1. Bajo
2. Medio
3. Alto

d) Medio ambiente

1. Riesgo nulo
2. Relativo
3. Grave

e) Seguridad

1. Relativo.
2. Riesgo del equipo
3. Riesgo del operario

Desarrollo de la Matriz de Priorización.

Con los equipos obtenidos en el Diagrama de Pareto, se realiza la matriz de priorización de criterios, de ésta manera se puede obtener el orden de importancia de cada uno de éstos. Para posteriormente realizar la selección de la máquina a la cual se aplicará la estrategia de mantenimiento. (Ver tablas 22, 23)

Tabla 22. Matriz de priorización de criterios

Máquinas	Producción	Calidad del producto final	Costo del mantenimiento	Medio ambiente	Seguridad	Total	Peso
Producción	0.5	0	0.5	1	0	2	0.16
Calidad del producto final	1	0.5	1	1	0	3.5	0.28
Costo de Mantenimiento	0.5	0	0.5	0.5	0	1.5	0.12
Medio ambiente	0	0	0.5	0.5	0	1	0.08
Seguridad	1	1	1	1	0.5	4.5	0.36
Total						12.5	1

FUENTE: Mera –Simbaña

Tabla 23. Matriz de priorización de Holmes

Máquinas	Peso	Prensa Finger Join		Sierra múltiple		Cepilladora (dos caras)		Moldurera		Sierra Rojeck		Montacargas	
Seguridad	0.36	1	0.36	2	0.72	2	0.72	1	0.36	3	1.08	1	0.36
Calidad del producto final	0.28	2	0.56	2	0.56	3	0.84	1	0.28	1	0.28	1	0.28
Producción	0.16	2	0.32	2	0.32	2	0.32	3	0.48	2	0.32	2	0.32
Costo de mantenimiento	0.12	2	0.24	3	0.36	3	0.36	2	0.24	1	0.12	2	0.24
Medio ambiente	0.08	1	0.08	1	0.08	2	0.16	1	0.08	1	0.08	1	0.08
Total	1		1.56		2.04		2.4		1.44		1.88		1.28

FUENTE: Mera -Simbaña

Observando la matriz de priorización se determina y ordena los equipos en la Tabla 24.

Tabla 24. Resultados de la Matriz de Priorización de Holmes

Equipos	Total
Cepilladora (dos caras)	2.4
Sierra Múltiple	2.04
Sierra Rojek	1.88
Prensa Finger Join	1.56
Moldurera	1.44
Montacargas	1.28

FUENTE: Mera - Simbaña

Para el presente estudio se toma en consideración los equipos con un valor igual o superior a 2 que se encuentran descritos en la Tabla 24., que corresponden a la Sierra Múltiple y Cepilladora (dos caras).

El equipo que será sometido a estudio es la Cepilladora de dos caras, ésta decisión se ha tomado en función a diversos factores, entre los que resaltan: experiencia de técnicos, operadores y el historial de las máquinas.

Determinándose que el equipo escogido presenta un número elevado de fallas, costo elevado de mantenimiento, paros inesperados, retrasos en la producción.

Por ésta razón se requiere un análisis detallado descrito posteriormente en los cuadros AMFE.

3.3.5 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

Cepilladora (dos caras)

El cepillado de la madera es un proceso mediante el cual, a las tablas o tablones se le retira una delgada capa superficial con el propósito de quitar asperezas y astillas de la madera, dejando la superficie limpia, lisa y suave al tacto.

La cepilladora, llamada también labrante, se utiliza fundamentalmente para "planear" o "aplanar" una superficie de madera. Si la superficie cepillada es la cara de la pieza a la operación se la define como "planeado", mientras que si la

superficie cepillada es el canto de la pieza a la operación se la denomina como "canteado". Se pretende con ésta operación que la superficie sea recta en la dirección longitudinal y en la transversal y que diagonalmente no presente torsión alguna, es decir, que no esté "alabeada".



Figura 15. Cepilladora de dos caras Holytek

FUENTE: Catálogo de la Cepilladora de dos caras IROKO CIA. LTDA

- Voltaje: 420 V
- Dimensiones: 105" x 46" x 68"
- Peso: 7,27 lb.

Posee un motor de alimentación variable ofrece una gama de 23 a 53 FPM, rodillos de alimentación acanalados en sección y (4) rodillos de mesa de que proporcionan una alimentación superior, independientemente del tipo de madera en proceso; la superficie de la mesa es cromada lo que proporciona máxima resistencia al desgaste a altas velocidades.

Las guías de deslizamiento en la elevación de la mesa garantizan la estabilidad y rigidez, una lectura mecánica proporciona detalles precisos de la posición de

ajuste de mesa; el límite de control de espesor se encuentra en el extremo de entrada como una medida de seguridad.

El árbol porta-cuchillas es cilíndrico, en acero duro, equilibrado dinámicamente; posee cuatro ranuras para el alojamiento de las cuchillas de corte fijadas mediante tornillos de anclaje.

3.3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTO (AMFE)

Determinado el equipo, sus partes y funcionamiento, se procede a realizar el debido análisis del mismo, haciendo uso del Análisis Modal de Falla y Efecto (AMFE). En éste punto se va a describir los conceptos básicos del AMFE y de las tareas relacionadas al mismo. Este método es una parte fundamental dentro del desarrollo del plan de mantenimiento,

El objetivo del método AMFE, es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de efectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

En éste punto se realizará cuadros AMFE, con el fin de encontrar todas las formas y modos de fallo existentes en el equipo, dentro del proceso de fabricación de las puertas paneladas, así como de identificar las consecuencias o efectos que puede ocasionar dichas fallas. Para lo cual se realiza las siguientes actividades.

- Explicar la función de cada sub-sistema del equipo seleccionado.
- Determinar las fallas funcionales asociadas a cada función del equipo.
- Definir los modos de falla asociados a cada falla funcional.
- Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla.

3.3.6.1 Estructura del cuadro AMFE

Se comienza por explicar la manera en la que se ha estructurado las tablas AMFE, así como el objetivo de haber realizado dicha estructura.

Las partes principales de las tablas AMFE se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25. Extracto de la tabla AMFE

Sistema:		Sistema N.	Facilitador:		Fecha Inicial:	Hoja N.:	
Subsistema:		Subsistema N.	Auditor/es:		Fecha final:	De:	
FUNCIÓN	COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA

FUENTE: Mera – Simbaña

3.3.6.2 Sistema

El sistema corresponde al equipo seleccionado que va a ser objeto de estudio, se debe registrar la denominación técnica, o la que tiene el personal de mantenimiento para el equipo, en este caso el sistema sobre el que se va a aplicar es la cepilladora (dos caras).

Para el análisis cada sistema debe ir acompañado de un código el cual corresponde al realizado en el sistema de codificación de las máquinas.

MÁQUINA	CÓDIGO
Cepilladora de dos caras	PR-CE2-003

3.3.6.3 Subsistema

Una vez que se ha determinado a la cepilladora (dos caras) como el sistema a analizar, se procede a realizar una sub- división de la máquina o sistema, en el siguiente sub-sistema. En la Tabla 26 se indican los sub-sistemas que componen la cepilladora (dos caras).

Tabla 26. Codificación de los sub-sistemas

SUB-SISTEMA	CÓDIGO
Unidad de cepillado superior e inferior	UC
Unidad de transporte de madera	UTM
Unidad de elevación	UE

FUENTE: Mera – Simbaña

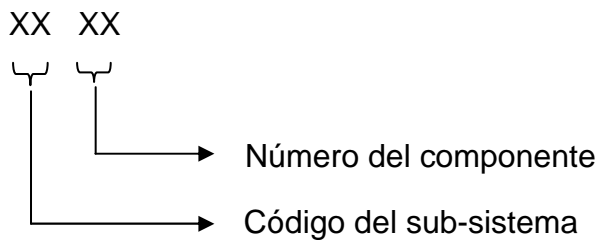
3.3.6.4 Función

Describe la función o funciones que cumple el sub-sistema dentro del sistema principal.

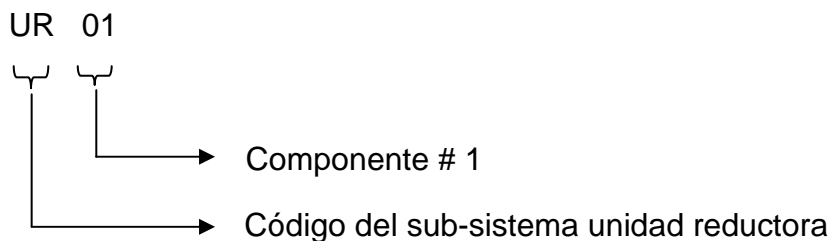
3.3.6.5 Componente

Identifica las partes que conforman cada sub-sistema, de igual manera contará con un código el cual estará estructurado de la siguiente manera.

Codificación:



Ejemplo



3.3.6.6 Funciones específicas

Describe la función o funciones que cumple cada componente dentro del sub-sistema.

3.3.6.7 Falla funcional

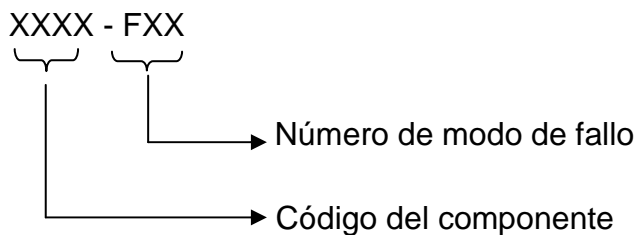
En ésta columna se encuentran todas las posibles formas en las cuales la función o funciones específicas de un componente pueden verse afectadas en su normal desempeño dentro del proceso de funcionamiento de la máquina.

3.3.6.8 Modo de falla

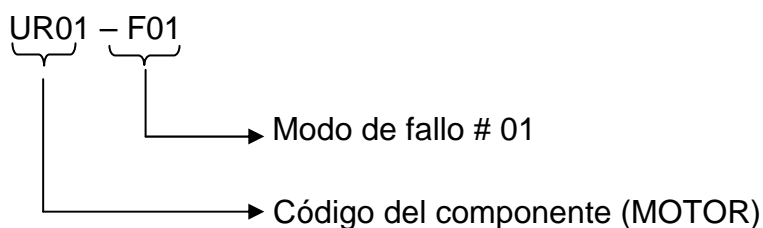
Se define como un suceso que causa la falla funcional del componente. La identificación correcta de los modos de falla es el factor básico para la determinación adecuada de las actividades de mantenimiento a realizar.

Se asigna un código a cada uno de los modos de fallo, está codificación tiene la finalidad de permitir una interacción rápida y efectiva entre los diferentes componentes de una misma máquina.

Codificación:



Ejemplo:



3.3.6.9 Efectos de falla

En ésta columna se describirán los efectos de un supuesto fallo funcional que ha ocurrido es decir el ¿Cómo? Afecta en términos operativos el modo de fallo, por lo tanto a cada modo de fallo le corresponde un efecto de fallo. Los efectos corresponden a los síntomas, hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema.

Entre los efectos típicos de fallo podrían citarse los siguientes:

- Diseño: ruido, acabado basto, inoperante, inestable, etc.
- Proceso: no puede sujetar, no puede alinearse, no puede cortar, no puede perforar, etc.

Los puntos que deben contener una descripción de los efectos de un modo de fallo son:

- Que evidencias existen de que ocurrió la falla.
- Como afecta la seguridad y el ambiente.
- De qué manera afecta a la producción o las operaciones.
- Ocurren daños físicos ocasionados por la falla.

La tabla AMFE para la Cepilladora (dos caras) se muestra en el ANEXO 10.

Tabla 27. Extracto de la tabla AMFE (CONTINUACIÓN)

Sistema:		Sistema N.	Facilitador:	Fecha Inicial:	Hoja N.:	
Subsistema:		Subsistema N.	Auditor/es:	Fecha final:	De:	
COMPONENTE	CÓDIGO COMPONENTE	CÓDIGO FALLA	CAUSAS FALLA	G F D IPR	ESTADO	CÓD. ACCIÓN CORRECTIVA

FUENTE: Mera – Simbaña

3.3.6.10 Causas de falla

Esta columna refleja todas las causas potenciales de falla atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de falla las causas deben ser lo más completas y concisas posibles de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas a las causas pertinentes. Entre las causas típicas de fallo podrían citarse las siguientes.

- El diseño: porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga, etc.
- El proceso: daño de manipulación, herramientas incorrectas, sujeción, etc.

3.3.6.11 Índice de gravedad (G)

Este índice está relacionado con los efectos de modo de falla. Valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos de fallo. El valor del índice crece en función de:

- La insatisfacción del cliente. Si tiene un gran descontento no comprará más.
- La degradación de las prestaciones. La rapidez de aparición de la avería.
- El costo de la reparación.

El índice de gravedad o también llamado de severidad es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes en la empresa se utiliza una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que se facilite la asignación de valores de G. Ver Tabla 28.

Tabla 28. Índices de gravedad de modo de fallo

Gravedad	Criterio	Valor
Muy baja, repercusión imperceptible.	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine un efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente no se da cuenta del fallo.	1
Bajas repercusiones, irrelevantes, apenas imperceptibles.	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente, probablemente se observará un leve deterioro del sistema. Provoca una ligera molestia.	2-3
Moderada, efectos de relativa importancia.	Se produce deterioro en el rendimiento del sistema. Provoca disgusto e insatisfacción.	4-6
Alta	El fallo es crítico y puede verse inutilizado el sistema. Origina un alto grado de insatisfacción.	7-8
Muy alta	Modalidad de fallo potencial, muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y de no conformidad con los reglamentos vigentes.	9-10

FUENTE: JC PEÑA; Análisis Modal de Fallo y Efecto, 2001

Este índice es posible mejorarlo mediante acciones de diseño, y no se ve afectado por los controles actuales.

3.3.6.12 Índice de frecuencia (F)

Frecuencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y de lugar al modo de fallo. En ésta columna se pondrá un valor de probabilidad de frecuencia de la causa específica. Este índice de frecuencia está íntimamente relacionado con la causa de fallo, y consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia en una escala de 1-10. Como se indica en la Tabla 29.

Tabla 29. Índice de frecuencia del modo de falla.

Gravedad	Criterio	Valor	Probabilidad
Muy baja, improbable.	Ningún fallo se asocia casi idénticos, ni se ha dado en el pasado, pero es concebible. Defecto inexistente.	1	1/10000
Baja.	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos.	2-3	1/5000- 1/2000
Moderada.	Defectos aparecidos ocasionalmente en procesos similares o previos al actual, probablemente aparecerá algunas veces en la vida del sistema.	4-5	1/1000-1/200
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos.	6-8	1/100-1/50
Muy alta	Fallo casi inevitable, el fallo se producirá frecuentemente.	9-10	1/20-1/10

FUENTE: JC PEÑA; Análisis Modal de Fallo y Efecto, 2001

Cuando se asigna la clasificación por ocurrencia, deben ser consideradas dos posibilidades:

- La probabilidad que se produzca la causa potencial de fallo.
- La probabilidad de que una vez ocurrida la causa de fallo, ésta provoque el efecto nocivo indicado.

Para reducir el índice de frecuencia, se debe emprender una o dos acciones:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de causa de fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

Para reducir el índice de frecuencia de una causa, es recomendable atacar la “raíz de la misma”. Mejorar los controles de vigilancia debe ser una acción transitoria, para más tarde buscar una solución que proporcione una mejora de dicho índice.

3.3.6.13 Índice de detección (D)

Se refiere a la posibilidad o no de detectar un modo de fallo o una causa de fallo. La escala de detectabilidad es inversa, asignando el valor de uno cuando es fácil de detectar y asignando el valor de 10 cuando es casi imposible de detectar. Los índices de detección se describen en la Tabla 30.

Tabla 30. Índice de detección del modo de fallo

Gravedad	Criterio	Valor	Probabilidad
Muy alta.	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1	1/10000
Alta	El defecto aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a algún control, aunque sería detectado con toda seguridad en lo posterior.	2-3	1/5000-1/2000
Mediana	El defecto es detectable, no llega al cliente, posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4-6	1/1000-1/200
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlos con procedimiento establecidos vigentes.	7-8	1/100-1/50
Improbable	El defecto no puede detectarse.	9-10	1/20-1/10

FUENTE: JC PEÑA; Análisis Modal de Fallo y Efecto, 2001

Para mejorar éste índice será necesario mejorar el sistema de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de costo, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad.

3.3.6.14 Índice de prioridad de riesgo (IPR)

El IPR es el producto de los índices anteriores gravedad, frecuencia y detectabilidad, y debe ser calculado para todas las causas de fallo mediante la siguiente fórmula:

$$IPR = G * F * D$$

El valor resultante oscila entre 1 y 1000 correspondiendo a 1000 el mayor potencial de riesgo. Cuando el IPR es mayor a 100, adicional a las tareas que se desprenden en éste ítem se deben incluir acciones correctivas AMFE, sin embargo no solo para estos valores de IPR se debe realizar el análisis detallado sino cuando particularmente G, F O D son altos, también se debe poner atención en bajar estos índices. El IPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras.

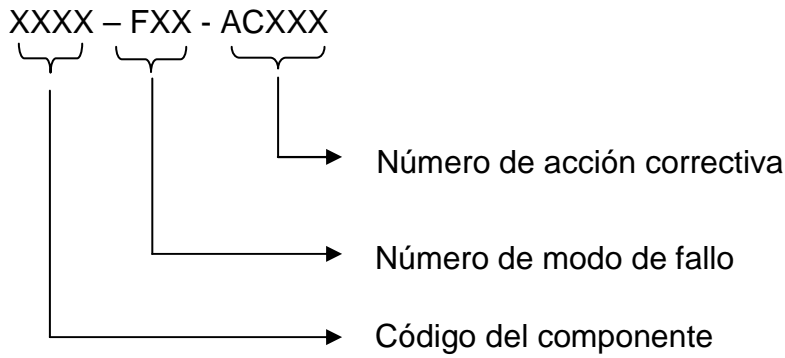
3.3.6.15 Estado

Hace referencia a los resultados obtenidos en el IPR, determinando si se requiere o no una acción correctiva para una causa de fallo, siendo “normal” si el IPR es menor a 100 y representando un alto riesgo para el funcionamiento del sistema si el IPR es mayor o igual a 100, de ser así se requiere una acción correctiva.

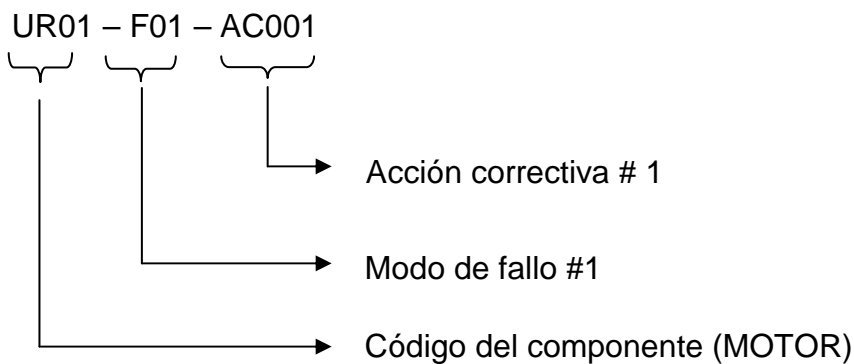
3.3.6.16 Código de acción correctiva

En ésta columna se ubica el código a través el cual se hace posible identificar fácilmente la acción correctiva que se debe tomar para aquellos casos que se requiera reducir el índice de prioridad de riesgo.

Este código se le ha ubicado en el cuadro AMFE de fallas para poder trasladarse sin problemas al cuadro correctivo AMFE, la codificación empleada se muestra a continuación:



Ejemplo:



La tabla AMFE para la Cepilladora (dos caras) correspondiente a la continuación se muestra en el ANEXO 11.

Tabla 31. Extracto del cuadro de acciones correctivas.

Sistema:		Sistema N.	Facilitador:	Fecha Inicial:	Hoja N.:
Subsistema:		Subsistema N.	Auditor/es:	Fecha final:	De:
COMPONENTE	CÓDIGO FALLA	CAUSAS FALLA	CÓD. ACCIÓN CORRECTIVA	ACCIÓN CORRECTIVA	G F D IPR CÓDIGO DE TAREA

FUENTE: Mera – Simbaña

3.3.6.17 Acción correctiva

Se detalla la acción que se debe realizar al elemento de la máquina para corregir la falla.

3.3.6.18 Código de tarea

La codificación de la tarea tiene como finalidad el ayudar a encontrar con facilidad la tarea de mantenimiento correspondiente a cada una de las causas de fallo que presenta la máquina.

El desarrollo de la tabla AMFE correspondiente a las acciones correctivas para la Cepilladora (dos caras) se encuentran en el ANEXO 12.

3.3.7 CRONOGRAMA DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO.

Para realizar el cronograma de mantenimiento se debe elaborar los cuadros AMFE de tareas donde indica las actividades y el tiempo estimado en la que se debe realizar la tarea.

3.3.7.1 Descripción de las tareas de mantenimiento.

Son aquellas tareas que se deben realizar, de todos los elementos que se encuentran en los AMFE de fallos, siendo las tareas de mantenimiento las que se establecen de forma sistemática y tienen como objetivo el poder predecir, prevenir o corregir las fallas. Las principales partes de la estructura a utilizarse de las tareas se encuentran en la Tabla 32.

Tabla 32. Extracto Cuadro de Tareas de Mantenimiento

Sistema:		Sistema N.		Facilitador:		Fecha Inicial:		Hoja N.:
Subsistema:		Subsistema N.		Auditor/es:		Fecha final:		De:
CÓD.	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA	PERIODO	DURACIÓN	REPUESTO	HERRAMIENTA	PERFIL
TAREA			PROPUEST		ESTIMADA			

FUENTE: Mera – Simbaña

- **Código de tarea.** Código que tienen todas las causas de fallo.
- **Nombre.** Se refiere al nombre de la tarea que se debe realizar.
- **Estrategia.** Mantenimiento que se debe realizar de acuerdo al nombre.
- **Descripción.** Representación de los pasos que se deben seguir para realizar la tarea.

- **Período.** Tiempo que se debe realizar la tarea.
- **Duración estimada.** Tiempo en que se demora en realizar la tarea el personal.
- **Repuestos.** Piezas que se deben tener en stock para realizar el respectivo cambio en la tarea.
- **Herramientas.** Elementos necesarios para poder desarmar la máquina y realizar la respectiva tarea.
- **Perfil del profesional.** El o las personas que debe realizar la respectiva tarea de mantenimiento.

La tabla AMFE correspondiente al cronograma de tareas de mantenimiento se muestra en el ANEXO 13.

3.3.8 DISEÑO DE UNA BASE DE DATOS PARA LA EMPRESA IROKO CIA LTDA.

3.3.8.1 Objetivo

La base de datos fue creada para una mayor facilidad en el manejo de las actividades de mantenimiento, el mismo que permite acceder a la información de forma rápida de cada una de las máquinas.

3.3.8.2 Diseño

La base de datos fue diseñada en Access 2007, en donde se puede visualizar el registro de los equipos de la empresa con las respectivas características, y repuestos, así como tablas AMFE, cuadro de acciones correctivas y las actividades de mantenimiento que se debe realizar al equipo seleccionado, para la estrategia de mantenimiento.

Además permite el almacenar y modificar la información siendo de gran utilidad para poder actualizar la información en un futuro de ser necesario.

3.3.8.3 Formulario panel de control.

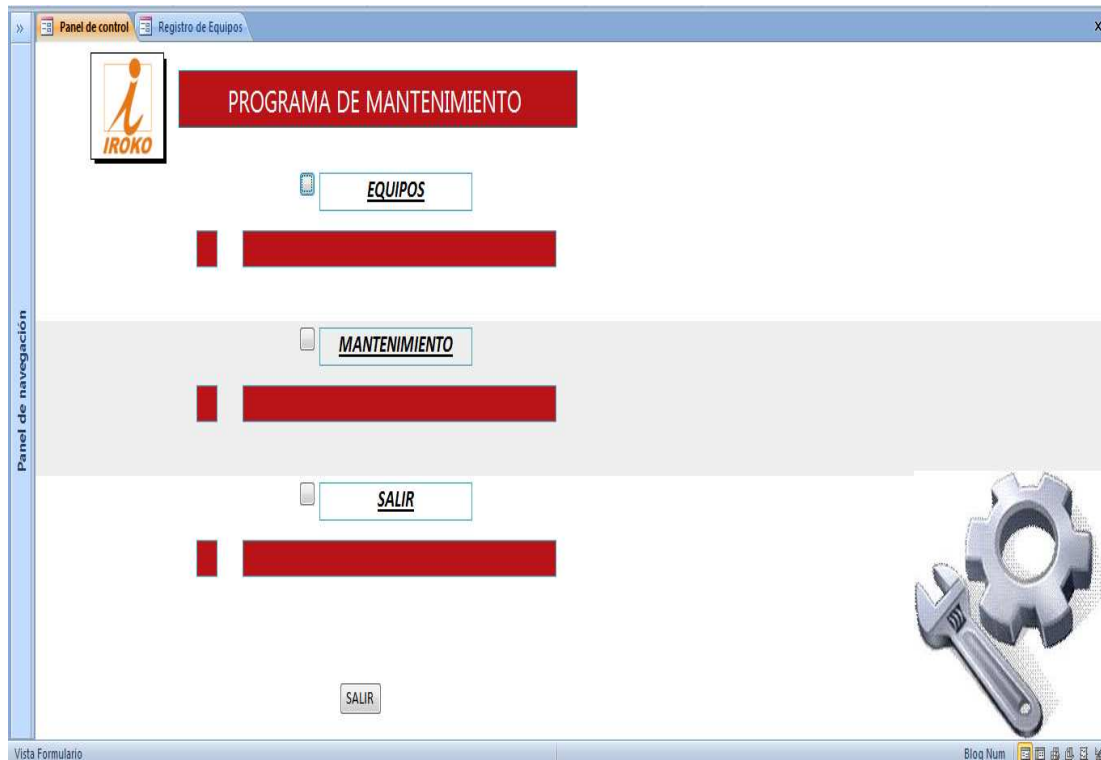


Figura 16. Formulario Panel de Control

En la pantalla de inicio del programa de mantenimiento se tiene un panel de control donde se puede escoger opciones que permiten abrir formularios de equipos y mantenimiento, los cuales cuentan con información de:

- Registro de equipos
- Repuestos
- Tareas de mantenimiento
- Tablas AMFE
- Cuadro de Acciones Correctivas

3.3.8.4 Formulario registro de equipos.

The screenshot shows a web application interface for equipment registration. The top navigation bar includes 'Panel de control' and 'Registro de Equipos'. The main header features the IROKO logo and the title 'Registro de Equipos'. A vertical sidebar on the left is labeled 'Panel de exploración'. The form fields are as follows:

Id maquinaria:	4						
Máquina:	Reaserradero						
Área:	Preparación						
Cód. Mantenimiento:	PR-RA-001						
Marca:	MILL						
Voltaje:	220	Amperaje:	8,24	Potencia:	25 HP	RPM:	1775

Below the form are two buttons: 'REPUESTOS' and 'INFORME'. To the right of the form is a photograph of a green industrial machine with 'M3 scmi' branding. The bottom status bar shows 'Registro: 4 de 35', 'Sin filtro', and a search box.

Figura 17. Formulario Registro de Equipos

Ingresamos a éste formulario dando un clic en el panel de control sobre la opción Equipos, en el formulario se tiene la información de los equipos de la empresa con su respectiva información técnica y ubicación dentro de la planta, además cuenta con dos botones que permiten ingresar a los repuestos y un informe de cada una de las máquinas.

3.3.8.5 Formulario de repuestos.

Id	Repuestos y Lubricantes
1	Banda V A 75
2	Rodamiento 6308 2Z CM
3	Braker
4	Lubricante "Mobilux EP 2"
5	Lubricante Mobil "D.T.E 26"
6	Lubricante Mobil "Gear 600 XP 220"
7	Switch ON/OFF del cabezal de corte superior e inferior
8	Contactador magnético
9	Switch limitador de ascenso y descenso de la mesa
10	Banda V A69

Figura 18. Formulario de Repuestos

En éste formulario se tiene la información de los repuestos de cada máquina necesarios para el mantenimiento.

3.3.8.6 Informe registro de equipos

Id	Máquina	Área	Cód. Mantenimiento	Marca
1	Compresor	Equipos	E-CO-001	SURMAQ
2	Montacargas	Equipos	E-MO-002	HELI 2000
3	Generador	Equipos	E-GE-003	KOHLER
4	Reaserradero	Preparación	PR-RA-001	MILL
5	Sierra Múltiple	Preparación	PR-SM-002	SCMI
6	Cepilladora dos caras	Preparación	PR-CE2-003	HOLYTEK
7	Trozadora	Preparación	PR-TR-004	HOLYTEK
8	Sierra I	Preparación	PR-SI-005	INVICTA
9	Aspiradora 1	Preparación	PR-AS-006	HOLYTEK
10	Aspiradora 2	Preparación	PR-AS-007	HOLYTEK
11	Moldurera	Manufactura	MA-ML-001	WEINIG
12	Mixer	Manufactura	MA-MX-002	CASCO PROD.
13	Encoladora	Manufactura	MA-EN-003	CASCO PROD.
14	Prensa de componente H	Manufactura	MA-PC-004	HOLYTEK
15	Prensa de paneles	Manufactura	MA-PP-005	HOLYTEK
16	Prensa de componentes S	Manufactura	MA-PC-006	SEMPRINI
17	Perforadora de Venecianas	Manufactura	MA-PV-007	GRIGGIO

Figura 19. Informe Registro de Equipos

En éste informe se tiene una lista de todos los equipos de la empresa con su respectivo código de mantenimiento, área correspondiente y la marca, este informe se puede imprimir.

3.3.8.7 Formulario de mantenimiento.

Panel de control MANTENIMIENTO

IROKO MANTENIMIENTO

Área: Equipos

Cód. Mantenimiento: E-CO-001

Máquina:

Figura 20. Formulario de Mantenimiento.

En éste formulario se tiene las opciones de ingresar a las tareas de mantenimiento, tablas AMFE y cuadro de acciones correctivas para los distintos equipos, mediante una pestaña desplegable en donde se selecciona la máquina a la cual se va realizar el mantenimiento.

Panel de control MANTENIMIENTO TABLAS AMFE

IROKO MANTENIMIENTO

Área: Preparación

Cód. Mantenimiento: PR-CE2-003

Máquina:

Panel de exploración

Registro: 6 de 35 Sin filtro Buscar

3.3.8.8 Formulario Tablas AMFE

En la ventana de tablas AMFE se tiene la siguiente información:

- Código y componente.
- Falla funcional.
- Modo, efecto y causa de fallo.
- Valor del IPR.
- Estado del componente.

Id	COMPONENTE	CÓDIG	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	CAUSAS DE FALLA
1	Motor	UC01	Girar a 1760 rpm	Incapacidad de transmitir potencia.	Sobrecarga	UC01-F01	Se apaga el motor.	Mal contacto de los terminales de cables de alimentación
2								Interruptor desgastado
3								Excesiva carga de madera para e
4	Poleas, bandas	UC02	Transmitir movimiento del eje del motor a la herramienta de	No hay transmisión de movimiento.	Rotura de bandas.	UC02-F01	El eje de la herramienta de cepillado no gira.	Desalineación entre ejes
5								Montaje inadecuado
6								Bandas no especificadas
7	Eje portacuchilla	UC03	Alojar y girar las herramientas de corte para el cepillado.	No permite el montaje correcto de las	Montaje incorrecto de las cuchillas	UC03-F01	Cepillado defectuoso	Ajuste incorrecto de la herramienta
8								Falta de limpieza del eje porta-cuc
9	Cuchilla	UC04	Realizar el cepillado de la madera.	El cepillado de la madera es irregular.	Cuchilla rota	UC04-F01	No se produce el cepillado.	Mal ajuste de la profundidad de coi
10					Cuchilla desgastada	UC04-F02	Defecto en las dimensiones	Cumplimiento de la vida útil
11	Rodamientos	UC05	Permitir que el eje del porta	Eje portacuchilla	Rodamientos	UC05-F01	Ruido y errores en las	Cumplimiento de la vida útil

Figura 21. Formulario Tablas AMFE

3.3.8.9 Formulario Acciones Correctivas

Se puede acceder a toda la información referente a las acciones correctivas de los componentes que alcanzaron un IPR mayor a 100.

Éstos contienen la siguiente información.

- Código y componente.
- Modo y causa de fallo.
- Acción correctiva.

ACCIONES CORRECTIVAS											
Id	COMPONENTE	CÓDIGO FALLA	CAUSAS FALLA	CÓD ACCIÓN CO	ACCIÓN CORRECTIVA	G	F	D	IPR	CÓDIG	ID Máquina
1	Poleas, bandas, (UC)	UC02-F01	Montaje inadecuado	UC02-F01-AC001	Desmontar y armar el mecanismo utilizando los procedimientos correctos.	8	2	4	64	CT051	6
3			Bandas no especificadas	UC02-F01-AC002	Reemplazar las bandas por las especificadas en el catálogo de la máquina.	6	3	3	54	CT052	6
4	Cuchilla	UC04-F02	Cumplimiento de la vida útil	UC04-F02-AC003	Realizar el cambio de la cuchilla de corte	6	3	4	54	CT053	6
5	Rodamientos (UC)	UC05-F01	Cumplimiento de la vida útil	UC05-F01-AC004	Cambio de rodamientos	9	1	4	36	CT054	6
6	Tomillo sin fin, corona	UTM02-F01	Falta de lubricación	UTM02-F01-AC005	Aumentar el número de inspecciones de mantenimiento	7	2	4	56	CT055	6
7	Poleas, bandas (UTM)	UTM03-F01	Montaje inadecuado	UTM03-F01-AC006	Desmontar y armar el mecanismo utilizando los procedimientos correctos.	8	2	4	64	CT056	6
9			Bandas no especificadas	UTM03-F01-AC007	Reemplazar las bandas por las especificadas en el	6	3	3	54	CT057	6

Figura 22. Formulario Cuadro de Acciones Correctivas

3.3.8.10 Formulario orden trabajo

A este formulario orden de trabajo se ingresa dando un clic sobre las opciones que se tiene dentro del formulario mantenimiento, el cual cuenta con un formato con las tareas de mantenimiento correspondientes.

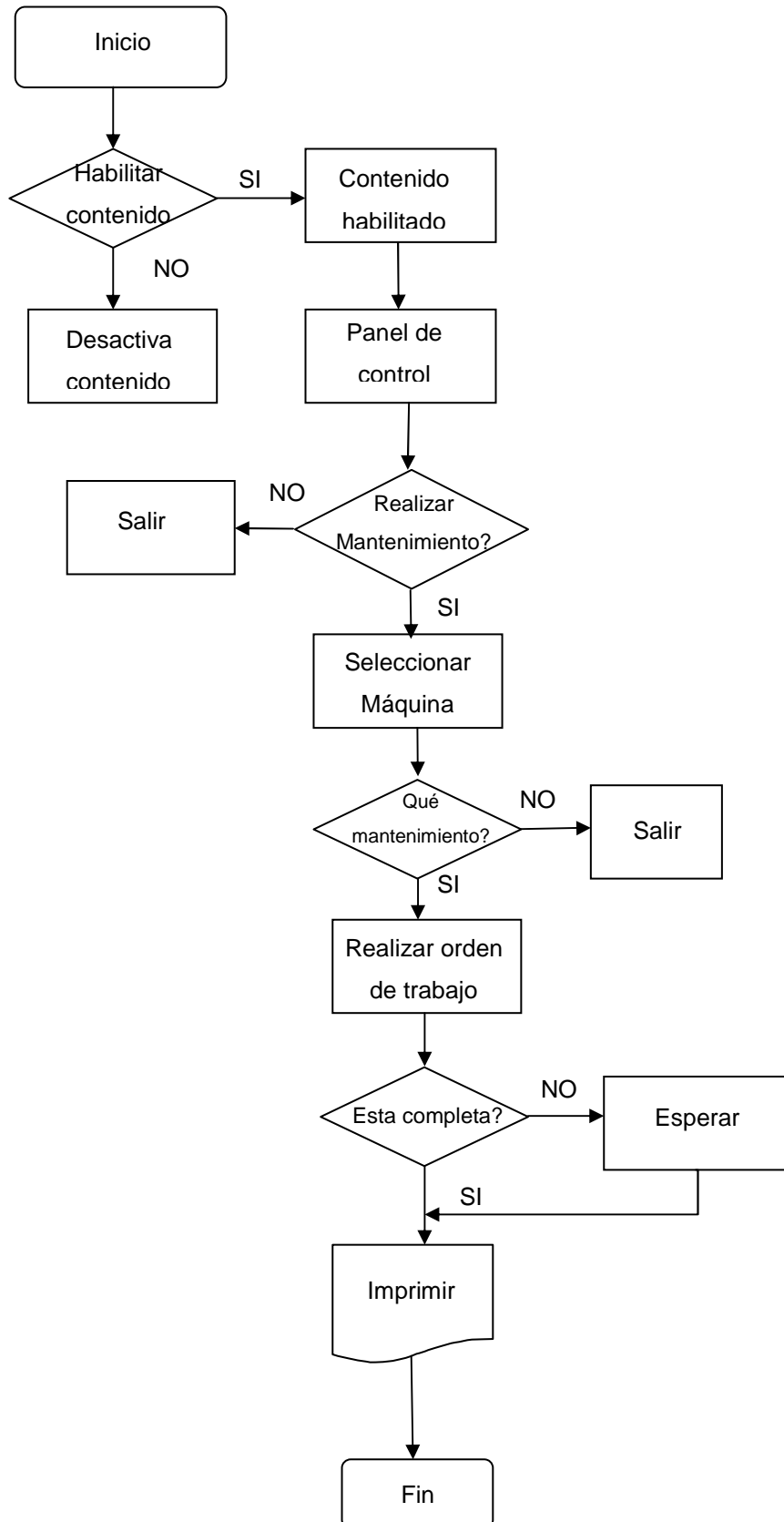
ORDEN DE TRABAJO

MAQUINA: Cepilladora de dos caras Mant-Mensual
 ORDEN: 001 COD-MANT: PR-CP2-003
 FECHA: 26/03/2011 RESPONSABLE: _____

Id	CÓD-TAREA	NOMBRE	TAREA PROPUESTA	DURACIÓN	REPUESTOS	HERRAMIENTAS
1	CT009	Calibración de la profundidad de corte	Revisar que la profundidad de corte se encuentre dentro de los límites definidos por el fabricante	30 min	Ninguno	Ninguno
2	CT010	Inspección de las cuchillas	Realizar una inspección visual periódica de las cuchillas para el cepillado y en caso de ser necesario afilar	20 min	Ninguno	Ninguno
3	CT025	Lubricación del transportador de agujas	Revisar el nivel de aceite del sistema de lubricación	10 min	Ninguno	Ninguno
4	CT027	Lubricación de rodamientos (UTM)	Realizar la lubricación de los rodamientos	20 min	Lubricante Mobilux 2	Caja de herramientas mecánicas

Registro: 1 de 7 Filtrado Buscar

A continuación se muestra el diagrama de flujo correspondiente al programa desarrollado.



4 ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1 INTRODUCCIÓN

La finalidad de un análisis económico de un proyecto, es determinar la rentabilidad del mismo. Se realiza por medio de herramientas e indicadores financieros para ver la conveniencia de la inversión.

Los métodos que se utilizan para evaluar financieramente un proyecto tienen en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Estos criterios son: Valor presente o actual (VP), Valor actual seriado (VAS), Valor futuro (VF), tasa interna de retorno (TIR).

El análisis que se realiza en el presente proyecto es en base a datos de mantenimiento estimados de la empresa.

4.2 INVERSIÓN INICIAL

4.2.1 COSTOS DE EQUIPOS DE OFICINA DE MANTENIMIENTO

Dentro de éstos rubros se considera el equipamiento necesario para implementar la oficina de mantenimiento.

Tabla 33. Costos de Equipos de Oficina

Equipos de Oficina de Mantenimiento			
Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Computadora	1	600	600
Escritorio	1	200	200
Silla	1	150	150
Costo Total:			950

FUENTE: Mera – Simbaña.

4.2.2 COSTOS DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Adicionalmente se debe considerar los equipos de protección personal necesarios para la elaboración de los trabajos.

Tabla 34. Equipos de Protección Personal

Equipos de Protección Personal (EPP)			
Descripción	Costo Unitario (USD)	Unidades	Costo Total (USD)
Ropa	70	2	140
Kit Protección	60	2	120
Costo Total:			260

FUENTE: Mera – Simbaña.

La Tabla 35 presenta el costo de los repuestos y herramientas que se utilizan para los trabajos de mantenimiento estimados para el primer año de trabajo según el plan de mantenimiento diseñado para la cepilladora de dos caras.

Tabla 35. Repuestos - Herramientas

Repuestos – Herramientas			
Descripción	Costo Unitario (USD)	Cantidad	Costo Total (USD)
Repuestos	200	30	6000
Caja de herramientas	300	1	300
Costo Total:			6300

FUENTE: Mera – Simbaña.

La inversión total que se debe realizar es la sumatoria de los costos totales anteriores.

$$I = CT_{Eq.Ofc.mant} + CT_{EPP} + CT_{Rep.-Herram.} \quad (4.1)$$

$$I = 950 + 260 + 6300$$

$$I = 7\,276 \text{ USD}$$

COSTOS MENSUALES DE OPERACIÓN (CMO)

Como parte del estudio económico se presenta en la tabla el costo del personal a cargo de mantenimiento.

Tabla 36. Costos de Mano de Obra

MANO DE OBRA		
Descripción	Cantidad	Costo /mes (USD)
Jefe de mantenimiento	1	900
Técnico	1	540
Operario	1	270
Costo Total:		1710

FUENTE: Mera – Simbaña.

Se considera los materiales de oficina que se requerirá para la elaboración de documentos propios del plan de mantenimiento.

Tabla 37. Costos de Suministros de Oficina de Mantenimiento

Suministros de Oficina de Mantenimiento		
Descripción	Cantidad	Costo /mes (USD)
Papel bond A4	1	7,00
Lápices, esferos,	1	3,00
Toner impresora	1	45,00
Varios	1	15,00
Costo Total:		70,00

FUENTE: Mera – Simbaña.

El costo mensual de operación se obtiene de la siguiente ecuación:

$$CMO = CT_{Mano\ de\ Obra} + CT_{Sum.Ofc.} \quad (4.2)$$

$$CMO = 1710 + 70$$

$$CMO = 1780\ USD$$

En la tabla se presenta un cuadro en el que se puede apreciar el resumen de costos de acuerdo a los rubros anteriormente presentados.

Tabla 38. Resumen de Costos

Resumen de Costos	
CMO	1780
Costos Indirectos	400
Costo Total:	2180

4.2.3 INGRESOS MENSUALES DE OPERACIÓN (IMO)

Para calcular los ingresos mensuales de operación del plan de mantenimiento se ha estimado un incremento del 25% en la producción de la empresa y una reducción de los costos de los repuestos en un 30%.

De acuerdo a los datos proporcionados por la empresa se producen alrededor de 120 puertas al mes, con la implementación del plan de mantenimiento se espera obtener un incremento de la producción de 3000 USD por mes.

Ingresos por producción con plan de mantenimiento:

$$\text{Incremento prod.} = 120 \frac{\text{puertas}}{\text{mes}} * 0.25 = 30 \frac{\text{puertas}}{\text{mes}} \quad (4.3)$$

$$\text{Incremento ingresos} = 30 \frac{\text{puertas}}{\text{mes}} * 100 \frac{\text{USD ganancia}}{\text{puerta}} = 3000 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} \quad (4.4)$$

En base a los registros de mantenimiento obtenidos de la empresa los gastos de repuestos y herramientas ascienden a 350 USD/mes, con la ejecución del plan la proyección de ahorro es del 30%.

$$\text{Ahorro esperado} = 350 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} * 0.3 = 105 \frac{\text{USD}}{\text{mes}} \quad (4.5)$$

Resumen de Ingresos Mensuales Operación (IMO)	
Ingresos por producción	3000
Ingreso Ahorro Repuestos	105
IMO:	3105

4.3 SÍMBOLOS Y SU SIGNIFICADO

En ingeniería económica, las relaciones comúnmente incluyen los siguientes símbolos y sus unidades:

P = valor o suma de dinero en un momento denotado como el presente, denominado el valor-presente; dólares

F = valor o suma de dinero en algún tiempo futuro, denominado valor futuro.

A = serie de sumas de dinero consecutivas, iguales de fin de periodo, denominadas valor equivalente por periodo o valor anual; dólares por año, dólares por mes; dólares

n = número de periodos de interés; años, meses, días

i = tasa de interés por periodo de interés; porcentaje anual, porcentaje mensual

t = tiempo expresado en periodos; años, meses, días

Los símbolos P y F representan ocurrencias de una vez: A ocurre con el mismo valor una vez cada periodo de interés durante un número específico de periodos. Debe quedar claro que un valor presente P representa una sola suma de dinero en algún punto anterior a un valor futuro F o un monto equivalente de la serie A.

Es importante anotar que el símbolo A siempre representa una suma uniforme (es decir, la suma debe ser la misma cada periodo), la cual debe extenderse a través de periodos de interés consecutivos. Ambas condiciones deben existir antes de que el valor en dólares pueda ser representado por A .

La tasa de interés compuesto i es expresada en porcentajes por periodo de interés, por ejemplo, 12% anual. A menos que se indique lo contrario, se debe suponer que la tasa se aplica durante todos los años o periodos de interés. En los cálculos de ingeniería económica se utiliza siempre el equivalente decimal para i .

FLUJOS DE EFECTIVO

Los flujos de efectivo se describen como las entradas y salidas reales de dinero. Toda persona o compañía tiene entradas de efectivo -recaudos e ingreso (entradas) y desembolsos de efectivo -gastos y costos (salidas). Estas entradas y desembolsos son los flujos de efectivo, en los cuales las entradas de efectivo se representan en general con un signo positivo y las salidas con uno negativo.

Los flujos de efectivo ocurren durante periodos de tiempos específicos, tales como 1 mes o 1 año.

Ejemplos de entradas de efectivo

- Ingresos (generalmente incrementales atribuidos a la alternativa).
- Reducciones en el costo de operaciones (atribuidas a la alternativa).
- Valor de salvamento de activos.
- Recibo del principal de un préstamo.
- Ahorros en impuestos sobre la renta.
- Ingresos provenientes de la venta de acciones y bonos.
- Ahorros en costos de construcción e instalaciones.
- Ahorros o rendimiento de los fondos de capital corporativos.

Las salidas de efectivo, o desembolsos, pueden estar conformadas de los siguientes, dependiendo nuevamente de la naturaleza de la actividad y del tipo de negocio.

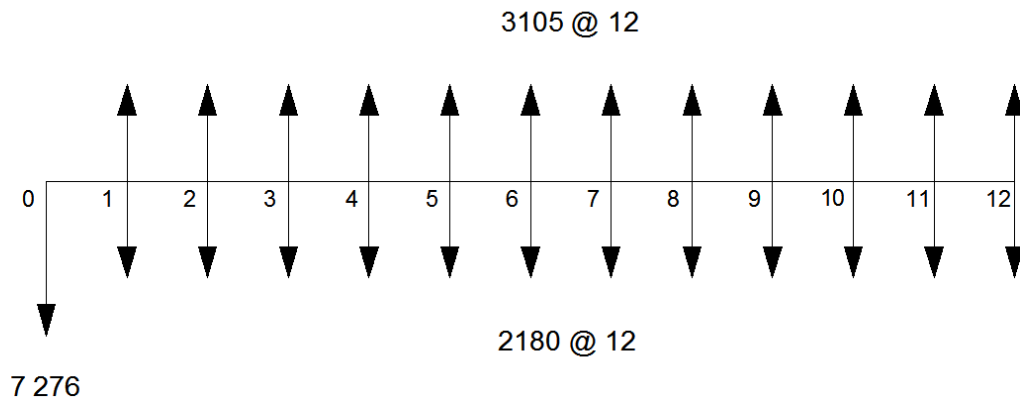
Ejemplos de salidas de efectivo

- Primer costo de activos (con instalación y envío).
- Costos de operación (anual e incremental).
- Costos de mantenimiento periódico y de reconstrucción.
- Pagos del interés y del principal de un préstamo.
- Aumento esperado de costos principales.
- Impuestos sobre la renta.
- Pago de bonos y de dividendos de bonos.
- Gasto de fondos de capital corporativos.

4.4 FACTORES ESTÁNDAR

Cálculo de la notación estándar				
Encontrar	Dado	Factor	Ecuación	Fórmula
P	F	$(P/F, i, n)$	$P = F(P/F, i, n)$	$P = F[1/(1+i)^n]$
F	P	$(F/P, i, n)$	$F = P(F/P, i, n)$	$F = P(1+i)^n$
P	A	$(P/A, i, n)$	$P = A(P/A, i, n)$	$P = A \frac{[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n}$
A	P	$(A/P, i, n)$	$A = P(A/P, i, n)$	$A = P \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]}$
A	F	$(A/F, i, n)$	$A = F(A/F, i, n)$	$A = F \frac{i}{[(1+i)^n - 1]}$
F	A	$(F/A, i, n)$	$F = A(F/A, i, n)$	$F = A \frac{[(1+i)^n - 1]}{i}$

4.5 DIAGRAMA DE FLUJO DE CAJA



VALOR PRESENTE O ACTUAL (VP)

El método de valor presente (VP) de evaluación de alternativas es muy popular debido a que los gastos y los ingresos futuros se transforman en dólares equivalentes de ahora. Es decir, todos los flujos futuros de efectivo asociados con una alternativa se convierten en dólares presentes. En esta forma, es muy fácil, aun para una persona que no está familiarizada con el análisis económico, ver la ventaja económica de una alternativa sobre otra.

Si el VP es mayor que cero es bueno, porque en dólares de hoy, los ingresos son mayores que los egresos y si este es menor que cero significa que en dólares de hoy los ingresos son menores que los egresos y por lo tanto el proyecto no debe realizarse; además si el VP es igual a cero quiere decir que los ingresos son iguales a los egresos y financieramente será indiferente al inversionista.

Para realizar los cálculos se considera que la tasa mínima atractiva de retorno TMAR es del 14% anual, sin embargo el período de cálculo considerado será 12 meses, pues se estima que el proyecto será rentable en menos de un año. Por lo tanto:

$$i = \frac{14\%}{12} = 1,17\%$$

$$n = 12$$

$$VP = -I + A \left(\frac{P}{A}, i, n \right) \quad (4.6)$$

$$VP = -I + A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$VP = -7\,276 + (3105 - 2180) \frac{(1 + 0.011)^{12} - 1}{0.011(1 + 0.011)^{12}}$$

$$VP = 3026.1 \text{ USD}$$

VALOR ACTUAL SERIADO (VAS)

El método VAS se utiliza comúnmente para comparar alternativas, significa que todos los ingresos y desembolsos (irregulares y uniformes) son convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente (fin de periodo), que es la misma cada período.

$$VAS = -I \left(\frac{A}{P}, i, n \right) + A \quad (4.7)$$

$$VAS = -I \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + A$$

$$VAS = -7\,276 * \frac{0.011(1 + 0.011)^{12}}{(1 + 0.011)^{12} - 1} + (3105 - 2180)$$

$$VAS = 271,7 \text{ USD}$$

VALOR FUTURO.

$$VF = -I \left(\frac{P}{F}, i, n \right) + A \left(\frac{A}{F}, i, n \right) \quad (4.8)$$

$$VF = -I(1+i)^n + A \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$VF = -7\,276 * (1 + 0.011)^{12} + (3105 - 2180) * \frac{(1 + 0.011)^{12} - 1}{0.011}$$

$$VF = 3\,478,1 \text{ USD}$$

ANÁLISIS DE TASA DE RETORNO¹³

Mide la rentabilidad de la inversión como porcentaje de efectivo y por periodos, según los flujos de caja que tenga.

$$VP = -I + A \left(\frac{P}{A}, i, 12 \right) = 0 \quad (4.9)$$

$$VP = -I + A \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$VP = -7\,276 + (3105 - 2180) * \frac{(1+i)^{12} - 1}{i(1+i)^{12}}$$

$$i = 86\%$$

TIR del proyecto: 86% > 14% por lo tanto el proyecto es rentable.

Al realizar el análisis mediante todos los métodos se ha podido determinar que el proyecto es rentable.

¹³ <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P658.110775/Capitulo8.pdf>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El presente documento tiene como propósito plasmar un plan de mantenimiento preventivo que trate de asegurar que las máquinas, equipos e instalaciones de las que dispone la empresa operen el mayor tiempo posible dentro de parámetros que aseguren el menor número de paros inesperados.
- Se elaboró los cuadros AMFE como parte del plan de mantenimiento para desarrollar de una forma correcta y ordenada las tareas preventivas o correctivas que requiere la máquina seleccionada.
- Se realizó la codificación de la maquinaria de la empresa, de donde se obtuvo un registro de las máquinas de acuerdo al área a la que pertenecen, lo que facilita el reconocer y ubicar las mismas que ayudaran en un futuro, a realizar un inventario de la empresa.
- Con la evaluación del área de mantenimiento se logró tener una visión más amplia de las acciones que se debía tomar para elaborar un plan que logre suplir las necesidades de la empresa en ésta área, con el fin de tener una mejor organización dentro del proceso de producción en la empresa.
- El desarrollo del proyecto está basado en guías, manuales y necesidades planteadas por la empresa para dar una solución de manera correcta y eficiente a las actividades relacionadas con el mantenimiento.
- Se determinó las principales causas por las que puede fallar un componente y/o subsistema para poder dar soluciones objetivas, rápidas y eficientes que contribuyan a disminuir el tiempo de paros imprevistos y poder evitar en un futuro se vuelvan a repetir, disminuyendo los costos que representa para la empresa.
- Los formatos elaborados facilitan el llevar de una forma más adecuada el mantenimiento, los mismos que deben ser utilizados de forma responsable para el ingreso de información verdadera y oportuna.

- La base de datos creada para la empresa ayudará al mantenimiento permitiendo el acceso más rápido a la información de la maquinaria existente, repuestos y tareas de mantenimiento.

RECOMENDACIONES

- Existe falta de capacitación al personal de mantenimiento por lo que se recomienda realizar cursos continuos que contribuyan a la mejora continua de la empresa y en particular al área de mantenimiento.
- Se recomienda designar un jefe exclusivamente para el área de mantenimiento, quien tendrá a su cargo planificar y programar las actividades a realizarse.
- Se requiere la implantación del presente plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los equipos.
- Es importante que el personal que realice las actividades de mantenimiento siempre utilice el equipo de seguridad adecuado para evitar accidentes que pueden y deben evitarse.
- Antes de realizar cualquier mantenimiento en las máquinas se debe verificar que se encuentre des-energizado.
- El uso del programa debe ser manejado exclusivamente por el personal de mantenimiento ya que esta forma se garantiza el ingreso de datos no erróneos al sistema y actualizarlo de acuerdo al desempeño de los equipos.
- El éxito del plan de mantenimiento diseñado dependerá en gran parte del empeño y honestidad con que el personal realice los trabajos programados así como la elaboración de informes que se ajusten lo más posible a las labores desarrolladas.
- Se recomienda que la administración de la empresa brinde mayor apoyo al área de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- JÁCOME, Luis; Ingeniería de Mantenimiento; EPN; 2010; Pág. 12-18.
- PRANDO, Raúl; Manual Gestión de Mantenimiento; Uruguay; Ed. Piedra Santa; 1996.
- RUDDELL, REED JR; Localización y Mantenimiento de la Planta; El Ateneo, México; 1971.
- MORROW, L; Manual de Mantenimiento Industrial; Continental; México; 1986.
- ANDREWS, GEORGE H; Mantenimiento y Buen Orden de la Fábrica; Herrero Hermanos; México; 1963.
- GARCÍA, G; Organización y Gestión del Mantenimiento; ED; 2003.
- MOUBRAY, J; Mantenimiento Centrado en Confiabilidad; Ashville; North Carolina; USA; 2000.
- UNIDAD DE POSGRADOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA; Terceras Jornadas Internacionales de Mantenimiento y Mejoramiento Empresarial; EPN; Ecuador; 2008.
- BLANK, L – TARQUIN, A; Ingeniería Económica; Mc Graw-Hill; Cuarta Edición; 2000.

CONSULTAS WEB

- <http://ibcperu.org/doc/isis/7454.pdf>
- <http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/gai/gratis/10articulo.pdf>
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/arias_s_ll/capitulo2.pdf
- http://fete.ugt.org/PRL/p_preventivo/pdf_ntp/ntp_333
- <http://www.monografias.com/trabajos55/planeacion-y-control/planeacion-y-control2.shtml>
- <http://www.monografias.com/trabajos55/planeacion-y-control/planeacion-y-control3.shtml>
- <http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/5061/1/I2.1126.pdf>
- <http://taylor.us.es/DEPEN-IMPRO/National%20Articles/Mant1.pdf>
- http://www.aloj.us.es/notas_tecnicas/AMFE.pdf

ANEXOS

ANEXO 1: PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

ANEXO 2: DIAGRAMAS DE FLUJO

ANEXO 3: NORMA AMERICANA NWWDA

ANEXO 4: FICHA DE REGISTRO DE EQUIPOS



Registro de Equipos

Id maquinaria:

Máquina

Área:

Cód. Mantenimiento:

Marca:



Haga doble clic para ver o agregar datos adjuntos.

Voltaje:

Amperaje:

Potencia:

RPM:

REPUESTOS

INFORME

ANEXO 5: FICHA DE ÓRDEN DE TRABAJO



ORDEN DE TRABAJO

MAQUINA: Cepilladora de dos caras

Mant-Mensual

ORDEN: 0001

COD-MANT: PR-CE2-003

FECHA: 29/09/2011

RESPONSABLE: Jeñe de Mantenimiento

Id	CÓD-TAREA	NOMBRE	TAREA PROPUESTA	DURACIÓN	REPUESTOS	HERRAMIENTAS
1	CT009	Calibración de la profundidad de corte	Revisar que la profundidad de corte se encuentre dentro de los límites definidos por el fabricante	30 min	Ninguno	Ninguno
2	CT010	Inspección de las cuchillas	Realizar una inspección visual periódica de las cuchillas para el cepillado y en caso de ser necesario afilar	20 min	Ninguno	Ninguno
3	CT025	Lubricación del transportador de agujas	Revisar el nivel de aceite del sistema de lubricación	10 min	Ninguno	Ninguno
4	CT027	Lubricación de rodamientos (UTM)	Realizar la lubricación de los rodamientos	20 min	Lubricante Mobilux 2	Caja de herramientas mecánicas
5	CT046	Lubricación de la tureca y tornillo de elevación	Lubricar el tornillo de elevación.	20 min	Mobil Lux EP-2	Caja de herramientas mecánicas
6	CT050	Lubricación de rodamientos (LE)	Realizar la lubricación de los rodamientos de los ejes porta cuchillas tanto superior como inferior	20 min	Lubricante SKF LGLT 2/1	Caja de herramientas mecánicas

ANEXO 6: FICHA BITÁCORA DE MANTENIMIENTO

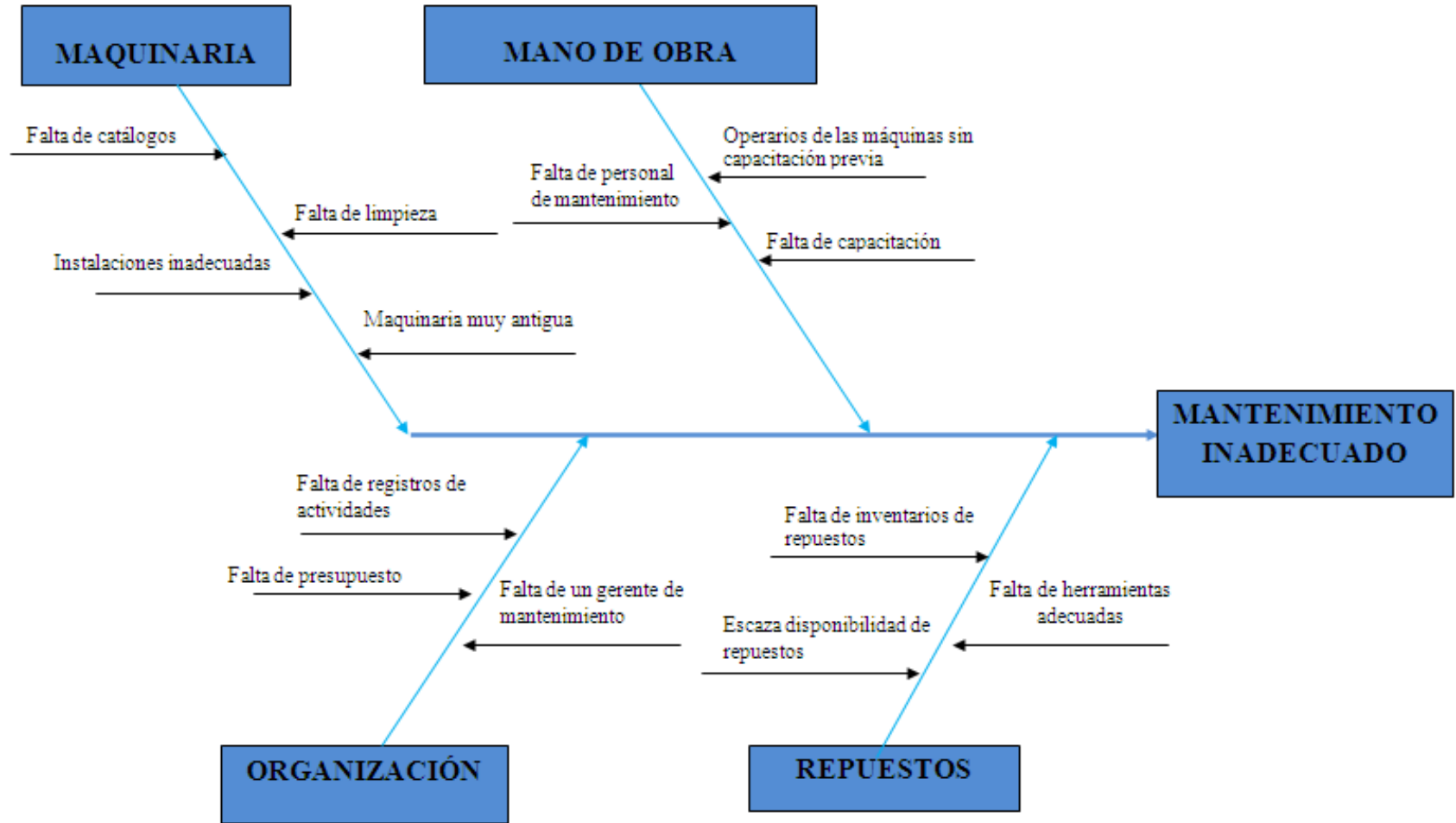
ANEXO 7: FICHA CONTROL DE MATERIALES



REPUESTOS

Id	Repuestos y Lubricantes
1	Banda V A 75
2	Rodamiento 6308 2Z CM
3	Braker
4	Lubricante "Mobilux EP 2"
5	Lubricante Mobil "D.T.E 26"
6	Lubricante Mobil "Gear 600 XP 220"
7	Switch ON/OFF del cabezal de corte superior e inferior
8	Contactador magnético
9	Switch limitador de ascenso y descenso de la mesa
10	Banda V A69
11	Cuchillas HW 15 x 15 x 2,5
12	Tornillos T20

**ANEXO 8: DIAGRAMA CAUSA EFECTO DE LA
EMPRESA IROKO CIA. LTDA.**



ANEXO 9: REGISTRO DE FALLOS DE LA EMPRESA

EQUIPOS

COMPRESOR

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
24/10/2010	Cambio de filtros	Saúl Chasi
21/12/2010	Ajuste de pernos y lubricación	Saúl Chasi

MONTACARGAS

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
16/04/2010	Cambio de llantas	Externo
25/11/2010	Cambio de bujías	Externo
27/10/2010	Se cambia las luces traseras	Externo

GENERADOR

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
23/02/2010	Cambio de aceite del generador.	Saúl Chasi
20/04/2010	Revisión de la batería.	Saúl Chasi
02/08/2010	Recargar la batería.	Saúl Chasi

ÁREA DE PREPARACIÓN

REASERRADERO

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
18/03/2010	Cambio de pernos rotos del volante	Saúl Chasi
15/11/2010	Cambio de rodamientos y guías del volante.	Saúl Chasi

SIERRA MÚLTIPLE

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
10/01/2010	Se suelda el eslabón de la cadena de arrastre.	Saúl Chasi
23/01/2010	Arreglo del mecanismo para variar la velocidad.	Saúl Chasi
16/02/2010	Cambio de aceite en caja de engranajes.	Saúl Chasi
20/03/2010	Cambio de eslabón en la cadena de arrastre.	Saúl Chasi
02/06/2010	Cambio de bandas de las poleas de la sierra.	Saúl Chasi
15/07/2010	Rectificado de camisas para elevación de sierras.	Servicio externo
07/08/2010	Cambio de rodamientos del eje.	Saúl Chasi
2/10/2010	Limpieza de toda la cadena arrastre.	Operario
17/11/2010	Cambio de cables del tablero de distribución.	Saúl Chasi

CEPILLADORA DE DOS CARAS HOLYTEK

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
06/09/2010	Se fabrican dos platinas que sirven para la guía de dos láminas de madera	Saúl Chasi
27/10/2010	Se cambia el aceite del motoreductor de la mesa de regulación de altura	Saúl Chasi
10/11/2010	Cambio de aceite del motoreductor de la mesa de avance.	Saúl Chasi
13/11/2010	Cambio del rodamiento de la mesa de avance	Saúl Chasi
18/12/2010	Cambio del eje del motoreductor	Saúl Chasi
06/02/2011	Cambio de barras sujetadoras de madera	Saúl Chasi

TROZADORA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
2010	No presentan fallas	

SIERRA INVICTA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
2010	Solo se realizaron actividades de limpieza.	Saúl Chasi

ASPIRADOR

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
06/05/2010	Cambio de bandas	Saúl Chasi
20/12/2010	Arreglo del ventilador	Saúl Chasi

ÁREA DE MANUFACTURA

MOLDURERA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
06/01/2010	Cambio de rodamientos del eje superior	Saúl Chasi
07/01/2010	Fabricación de protección para evitar fugas de aserrín	Saúl Chasi
27/10/2010	Cambio de bandas eje superior y lateral	Saúl Chasi
22/08/2010	Se cambia la polea del eje que corta la parte inferior de la madera	Saúl Chasi
29/10/2010	Cambio de la manguera que conduce el lubricante	Saúl Chasi
06/01/2011	Cambio del breaker	Saúl Chasi

MIXER

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
25/02/2010	Cambio del contenedor del catalizador	Saúl Chasi
06/09/2010	Instalación del cableado eléctrico para la máquina	Saúl Chasi
27/10/2010	Limpieza de los tableros que suministran goma y catalizador	Saúl Chasi

ENCOLADORA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
01/10/2010	Instalación de una placa en el depósito de goma del rodillo para evitar derrames de goma.	Saúl Chasi

PRENSA DE COMPONENTES HOLYTEK

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
15/09/2010	Cambio de pernos y mangueras en el sistema hidráulico	Servicio Externo
13/12/2010	Cambio de cables en el circuito eléctrico de entrada.	Saúl Chasi

PRENSA DE PANELES

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
03/06/2010	Lubricación del motoreductor y la pistola de impacto	Saúl Chasi
20/11/2010	Soldadura de la guía de cobre del centro de la máquina	Saúl Chasi

PRENSA DE COMPONENTES SEMPRINI

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
19/10/2010	Cambio de las barras	Saúl Chasi

PEFORADORA DE VENECIANAS

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
18/03/2010	Lubricación completa de la máquina.	Operario
27/04/2010	Cambio de tornillos del regulador.	Saúl Chasi

TUPI COPIADOR

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
08/04/2010	Cambio de transportadora.	Saúl Chasi
28/07/2010	Cambio de rodamientos en el eje copiador.	Saúl Chasi

ESPIGADORA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
06/01/2010	Ajuste de pernos del ventilador	Saúl Chasi

LIJADORA DE BANDA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
2010	No presentan fallas	

FINGER JOINT

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
03/01/2010	Reparación del sistema de encendido del compresor.	Servicio externo

PRENSA DE FINGER JOIN

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
19/01/2010	Modificación de la longitud de los pedazos de madera.	Saúl Chasi
09/02/2010	Cambio del calibre de los cables del sistema eléctrico.	Saúl Chasi
10/02/2010	Cambio del empaque del pistón y espárragos del cilindro.	Saúl Chasi
17/02/2010	Revisión y ajuste de los pernos del tanque del aceite.	Operario
02/03/2010	Sellado con silicona la parte del pistón.	Saúl Chasi
30/07/2010	Reparación de todo el sistema hidráulico	Saúl Chasi
30/07/2010	Cambio de rodamientos del eje de corte.	Saúl Chasi
09/09/2010	Se soldó la placa de la prensa de largueros.	Saúl Chasi
05/11/2010	Se cambio los rodamientos del eje de corte y rectificación del mismo.	Saúl Chasi
29/12/2010	Elaboración del tope de la mesa.	Saúl Chasi

LIJADORA HOLYTEK

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
02/09/2010	Se fabrica platina de conexión al rodillo y al pistón.	Saúl Chasi
11/11/2010	Lubricación de rodamientos y tornillos del sistema de elevación de la mesa.	Saúl Chasi
30/11/2010	Arreglo de los bocines del sistema de elevación.	Saúl Chasi

SIERRA ROJEK EURO 5

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
04/01/2010	Revisión del tornillo elevador de la sierra.	Saúl Chasi
17/04/2010	Se cambio los rodamientos del eje de la sierra y fabricación del eje elevador.	Saúl Chasi
22/04/2010	Fabricación del tornillo y pieza para elevar la sierra.	Servicio externo
20/12/2010	Se coloca un pasador en el tornillo para elevar la sierra.	Saúl Chasi

TROZADORA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
2010	No presentan fallas	

TARUGADORA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
06/07/2010	Rectificado del madril de la tarugadora.	Saúl Chasi

CORTADORA DE TARUGOS

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
2010	No presenta fallas	

CEPILLADORA

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
08/02/2010	Cambio de rodamientos del portacuchillas	Saúl Chasi

SIERRA OMIL

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
29/11/2010	Rectificación del eje del sistema de transporte.	Saúl Chasi, Servicio externo.

SIERRA DAFIGO

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
06/01/2010	Rectificación de la barra y cambio de perilla.	Servicio externo
06/02/2010	Lubricación del elevador de sierra y limpieza de los contactores.	Operario
08/10/2010	Se soldó el brazo de la transportadora.	Saúl Chasi

PRENSADORA DE PUERTAS PANELADAS VICKERS

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
27/01/2010	Cambio de pernos de ½".	Saúl Chasi
29/12/2010	Cambio de pernos.	Saúl Chasi

PERFORADORA DE LARGUEROS

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
25/11/2010	Lubricación del sistema de cabezales.	Operario
12/01/2011	Cambio de tornillos de los cabezales.	Saúl Chasi

PERFORADORA DE TRAVESAÑOS.

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
12/01/2011	Cambio de tornillos de los cabezales.	Saúl Chasi

LIJADORA DE DISCO

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
21/04/2010	Cambio de cable del regulador.	Saúl Chasi

CALDERO

FECHA	ACTIVIDAD	ENCARGADO
01/02/2011	Se realiza la instalación de un nuevo caldero	Servicio externo

**ANEXO 10: TABLA AMFE PARA LA CEPILLADORA DE
DOS CARAS**

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi		Fecha Inicia: 20/12/2010	Hoja N.: 1
Subsistema: Unidad de Cepillado			Subsistema N. UC	Auditor/es: Mera-Simbaña		Fecha final:	De: 6
FUNCIÓN	COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
Realizar el cepillado de la cara superior de la madera 0.3 – 0.5 mm.	Motor	UC01	Girar a 1760 rpm	Incapacidad de transmitir potencia.	Sobrecarga	UC01-F01	Se apaga el motor.
	Poleas, bandas	UC02	Transmitir movimiento del eje del motor a la herramienta de cepillado superior (1250 rpm).	No hay transmisión de movimiento.	Rotura de bandas.	UC02-F01	El eje de la herramienta de cepillado no gira.
	Eje portacuchilla	UC03	Alojar y girar las herramientas de corte para el cepillado (1250 rpm).	No permite el montaje correcto de las cuchillas	Montaje incorrecto de las cuchillas	UC03-F01	Cepillado defectuoso
	Cuchilla	UC04	Realizar el cepillado de la madera (0.3 -0.5 mm).	El cepillado de la madera es irregular.	Cuchilla rota	UC04-F01	No se produce el cepillado.
					Cuchilla desgastada	UC04-F02	Defecto en las dimensiones
	Rodamientos (UC)	UC05	Permitir que el eje del porta cuchilla gire libremente y sin esfuerzo (1250 rpm).	Eje portacuchilla desalineado	Rodamientos desgastados	UC05-F01	Ruido y errores en las dimensiones.
	Placa posterior de presión.	UC06	Ejercer presión en la parte posterior de la madera al nivel de la cuchilla.	La presión ejercida en la parte posterior no es adecuada.	La placa se encuentra floja	UC06-F01	Rugosidades en el corte (parte final)
	Placa delantera de presión.	UC07	Ejercer presión en la parte delantera de la madera. (0.3 mm bajo la cuchilla)	La presión ejercida en la parte delantera no es adecuada.	La placa se encuentra floja	UC07-F01	Rugosidades en el corte (parte delantera)

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi		Fecha Inicia: 20/12/2010	Hoja N.: 2
Subsistema: Unidad de Cepillado			Subsistema N. UC	Auditor/es: Mera-Simbaña		Fecha final:	De: 6
FUNCIÓN	COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
Realizar el cepillado de la cara superior de la madera 0.3 – 0.5 mm.	Rodillos de soporte	UC06	Brindar soporte y ayudar al avance de la madera antes y después del cepillado inferior	La madera no avanza a la velocidad deseada	La madera se atasca	UC06-F01	La madera no avanza

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi		Fecha Inicia: 20/12/2010	Hoja N.: 3
Subsistema: Unidad de Transporte de Madera			Subsistema N. UTM	Auditor/es: Mera-Simbaña		Fecha final:	De: 6
FUNCIÓN	COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
Regular la velocidad de avance del transportador de agujas y los rodillos mediante un variador de velocidad. (7-16 m/min)	Motor 1	UTM01	Girar a 1420 rpm	Incapacidad de transmitir potencia.	Sobrecarga	UTM01-F01	Se apaga el motor
	Tornillo sin fin, corona	UTM02	Reducir la velocidad 500 rpm	No se reduce la velocidad	Desgaste de los dientes de la corona.	UTM02-F01	Ruido Vibración
	Poleas, bandas	UTM03	Transmitir movimiento del eje del motor a la cadena transportadora. (250 rpm)	No hay transmisión de movimiento.	Rotura de bandas.	UTM03-F01	La cadena transportadora no se mueve
	Transportador de agujas	UTM04	Arrastrar la madera para el cepillado. (7-16 m/min)	La madera no avanza de manera uniforme	Placa guía de agujas doblada	UTM04-F01	El transportador no avanza
					Agujas desgastadas	UTM04-F02	La madera desliza
					Desgaste de las guías del transportador	UTM04-F03	Ruido
Chumaceras (UTM)	UTM05	Permitir que los ejes de los rodillos giren libremente y sin esfuerzo (250 rpm)	Rodillos desalineados	Rodamientos desgastados	UTM05-F01	Ruido y golpeteo.	
Catalinas	UTM06	Transmitir el movimiento hacia la cadena (250 rpm).	La cadena no se mueve	Desgaste de los dientes de la catalina	UTM06-F01	No hay transmisión de movimiento	

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi		Fecha Inicia: 20/12/2010	Hoja N.: 4
Subsistema: Unidad de Transporte de Madera			Subsistema N. UTM	Auditor/es: Mera-Simbaña		Fecha final:	De: 6
FUNCIÓN	COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA
Regular la velocidad de avance del transportador de agujas y los rodillos mediante un variador de velocidad. (7-16 m/min)	Rodillo de presión	UTM07	Ayudar al avance de la madera hacia la herramienta con la velocidad seleccionada.	La madera no avanza hacia la herramienta de corte a la velocidad deseada.	Estrías desgastadas	UTM07-F01	Dificultad en el avance de la madera.
			Ejercer presión sobre la madera antes del cepillado superior. (0.5 mm sobre la cuchilla)	La distancia entre el rodillo y la cuchilla es mayor a 0.5 mm	Rosca desgastada del tornillo de ajuste	UTM07-F02	La madera se adhiere al transportador de agujas.
	Rodillo de salida	UTM08	Ejercer presión sobre la madera después del cepillado superior (0.5 mm bajo la cuchilla)	Demasiada presión ejercida. La distancia entre rodillo y la cuchilla es mayor a 0.5 mm	La madera se atasca	UTM08-F01	La madera no avanza
	Cadena	UTM09	Transmitir movimiento del variador de velocidad al transportador de agujas y los rodillos.	No hay transmisión de movimiento.	Cadena rota	UTM09-F01	No hay movimiento en los rodillos.
Cadena suelta					UTM09-F02	Ruido	

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi		Fecha Inicia: 20/12/2010	Hoja N.: 5
Subsistema: Unidad de Elevación			Subsistema N. UE	Auditor/es: Mera-Simbaña		Fecha final:	De: 6
FUNCIÓN	COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
Permitir que la mesa se desplace longitudinalmente hacia arriba y hacia abajo.	Motor de elevación	UE01	Girar a 1600 rpm	Incapacidad de transmitir potencia	Sobrecarga	UE01-F01	Se para el motor
	Reductor de velocidad	UE02	Reducir la velocidad del motor y transmitir el movimiento hacia el eje de la catalina (300 rpm)	No existe transmisión de movimiento	Rotura del tornillo sin fin	UE02-F01	La mesa no se mueve
	Catalinas, cadenas	UE03	Transmitir el movimiento del reductor hacia los ejes principales de elevación (250 rpm)	La transmisión de movimiento es irregular	Catalina desgastada	UE03-F01	El movimiento de los ejes principales no es constante
					Cadena rota o suelta	UE03-F02	Los ejes no se mueven
	Ejes principales, engranes cónicos y tornillo de elevación	UE04	Transformar el movimiento del eje principal en movimiento longitudinal	No hay transmisión de movimiento del eje principal al tornillo de elevación	Dientes de los engranes desgastados	UE04-F01	Movimiento de la mesa irregular
					Fractura de las piezas de acople	UE04-F02	No hay transmisión de movimiento
	Tuerca de elevación	UE05	Permitir el movimiento del bloque de elevación (15 cm max)	Se mueve con dificultad	Acople tornillo-tuerca de elevación atascado	UE05-F01	Inmovilidad de la mesa

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi		Fecha Inicia: 20/12/2010	Hoja N.: 6
Subsistema: Unidad de Elevación			Subsistema N. UE	Auditor/es: Mera-Simbaña		Fecha final:	De: 6
FUNCIÓN	COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	FUNCIONES ESPECÍFICAS	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	CÓDIGO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA
Permitir que la mesa se desplace longitudinalmente hacia arriba y hacia abajo	Bloque de elevación	UE06	Mover la mesa longitudinalmente hacia arriba y hacia abajo (15 cm max)	El bloque no tiene movimiento	Bloque atascado	UE06-F01	La mesa no tiene movimiento
	Sensor de altura	UE07	Medir la altura a la que se encuentra la mesa (1-15 cm)	No existe lectura del movimiento de la mesa	Funcionamiento incorrecto del sensor	UE07-F01	El panel de control no registra los cambios de altura.
	Chumaceras (UE)	UE08	Permitir que los ejes giren libremente y sin esfuerzo (250 rpm)	Los ejes giran con dificultad	Problemas con los rodamientos	UE08-F01	Existe un ruido anormal, incremento de temperatura en la carcasa

**ANEXO 11: TABLA AMFE PARA LA CEPILLADORA DE
DOS CARAS (CONTINUACIÓN)**

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi				Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 1	
Subsistema: Unidad de Cepillado			Subsistema N. UC	Auditor/es: Mera-Simbaña				Fecha final:	De: 6	
COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	G	F	D	IPR	ESTADO	CÓD DE ACCIÓN CORRECTIVA	CÓDIGO DE TAREA
Motor	UC01	UC01-F01	Mal contacto de los terminales de los cables de alimentación	5	2	3	30	Normal		CT001
			Interruptor desgastado	5	1	3	15	Normal		CT002
			Excesiva carga de madera para el corte	6	5	2	60	Normal		CT003
Poleas, bandas (UC)	UC02	UC02-F01	Desalineación entre ejes	7	2	7	98	Normal		CT004
			Montaje inadecuado	8	4	4	128	Fallo potencial	UC02-F01-AC001	CT005
			Bandas no especificadas	6	8	3	124	Fallo potencial	UC02-F01-AC002	CT006
Eje portacuchilla	UC03	UC03-F01	Ajuste incorrecto de la herramienta.	6	2	3	36	Normal		CT007
			Falta de limpieza del eje porta-cuchilla	4	3	3	36	Normal		CT008
Cuchilla	UC04	UC04-F01	Mal ajuste de la profundidad de corte	7	3	3	46	Normal		CT009
		UC04-F02	Cumplimiento de la vida útil	6	5	4	120	Fallo potencial	UC04-F02-AC003	CT010
Rodamientos (UC)	UC05	UC05-F01	Cumplimiento de la vida útil	9	3	4	108	Normal	UC05-F01-AC004	CT011
			Falta de lubricación	9	2	3	54	Normal		CT012
Placa posterior de presión.	UC06	UC06-F02	Presión baja del plato posterior.	5	3	3	45	Normal		CT013

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi				Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 2	
Subsistema: Unidad de Cepillado			Subsistema N. UC	Auditor/es: Mera-Simbaña				Fecha final:	De: 6	
COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	G	F	D	IPR	ESTADO	CÓD DE ACCIÓN CORRECTIVA	CÓDIGO DE TAREA
Placa delantera de presión.	UC07	UC07-F02	Presión baja del plato delantero.	5	3	3	45	Normal		CT014
Rodillos de soporte	UC08	UC08-F01	Rodillos desalineados	4	2	7	56	Normal		CT015

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi				Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 3	
Subsistema: Unidad de Transporte de Madera			Subsistema N. UTM	Auditor/es: Mera-Simbaña				Fecha final:	De: 6	
COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	G	F	D	IPR	ESTADO	CÓD DE ACCIÓN CORRECTIVA	CÓDIGO DE TAREA
Motor 1	UTM01	UTM01-F01	Mal contacto de los terminales de los cables de alimentación	5	2	3	30	Normal		CT016
			Interruptor desgastado	5	1	3	15	Normal		CT017
Tornillo sin fin, corona	UTM02	UTM02-F01	Lubricación inadecuada	7	4	4	132	Fallo potencial	UTM02-F01-AC005	CT018
			Falta de limpieza	5	3	2	30	Normal		CT019
Poleas, bandas (UTM)	UTM03	UTM03-F01	Desalineación entre ejes.	7	2	7	98	Normal		CT020
			Montaje inadecuado	8	4	4	128	Fallo potencial	UTM03-F01-AC006	CT021
			Bandas no especificadas	6	8	3	124	Fallo potencial	UTM03-F01-AC007	CT022
Transportador de agujas	UTM04	UTM04-F01	Dimensiones de la madera ha cepillar inadecuada	6	4	5	120	Fallo potencial	UTM04-F01-AC008	CT023
		UTM04-F02	Desgaste natural de las agujas	6	2	3	36	Normal		CT024
		UTM04-F03	Lubricación inadecuada	5	4	3	60	Normal		CT025
Chumaceras (UTM)	UTM05	UTM05-F01	Cumplimiento de la vida útil	9	4	3	108	Normal	UTM05-F01-AC009	CT026
			Falta de lubricación	9	2	3	54	Normal		CT027

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi				Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 4	
Subsistema: Unidad de Transporte de Madera			Subsistema N. UTM	Auditor/es: Mera-Simbaña				Fecha final:	De: 6	
COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	G	F	D	IPR	ESTADO	CÓD DE ACCIÓN CORRECTIVA	CÓDIGO DE TAREA
Catalinas	UTM06	UTM06-F01	Lubricación inadecuada	6	5	3	90	Normal		CT028
			Falta de limpieza	6	4	3	72	Normal		CT029
Rodillo de presión	UTM07	UTM07-F01	Desgaste natural de las estrías	6	2	3	36	Normal		CT030
		UTM07-F02	Falta de lubricación	7	2	3	42	Normal		CT031
Rodillo de salida	UTM08	UTM08-F01	Mala regulación	5	4	3	60	Normal		CT032
Cadena	UTM09	UTM09-F01	Esfuerzo excesivo	8	1	1	8	Normal		CT033
			Falta de mantenimiento	8	2	1	16	Normal		CT034
		UTM09-F02	Tensión inadecuada	5	5	2	50	Normal		CT035

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi				Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 5	
Subsistema: Unidad de Elevación			Subsistema N. UE	Auditor/es: Mera-Simbaña				Fecha final:	De: 6	
COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	G	F	D	IPR	ESTADO	CÓD DE ACCIÓN CORRECTIVA	CÓDIGO DE TAREA
Motor de elevación	UE01	UE01-F01	Mal contacto de los terminales de los cables de alimentación	5	2	3	30	Normal		CT036
			Interruptor desgastado	5	1	3	15	Normal		CT037
Reductor de velocidad	UE02	UE02-F01	Fatiga del tornillo sin fin	9	3	4	108	Fallo potencial	UE02-F01-AC010	CT038
			Lubricación incorrecta	8	2	3	48	Normal		CT039
Catalinas, cadenas	UE03	UE03-F01	Falta de lubricación	8	1	1	8	Normal		CT040
			Falta de limpieza	8	2	1	16	Normal		CT041
		UE03-F02	Tensión de la cadena no es la adecuada.	5	5	2	50	Normal		CT042
Ejes principales, engranes cónicos y tornillo de elevación	UE04	UE04-F01	Falta de lubricación	7	3	3	63	Normal		CT043
		UE04-F02	Desalineamiento del eje	8	2	4	64	Normal		CT044
			Montaje irregular	8	2	4	64	Normal		CT045
Tuerca de elevación	UE05	UE05-F01	Falta de lubricación	5	2	3	30	Normal		CT046

Sistema: Cepilladora (dos caras)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi				Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 6	
Subsistema: Unidad de Elevación			Subsistema N. UE	Auditor/es: Mera-Simbaña				Fecha final:	De: 6	
COMPONENTE	CÓDIGO DE COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSAS DE FALLA	G	F	D	IPR	ESTADO	CÓD DE ACCIÓN CORRECTIVA	CÓDIGO DE TAREA
Bloque de elevación	UE06	UE06-F01	Falta de lubricación	6	2	5	60	Normal		CT047
Sensor de altura	UE07	UE07-F01	Cableado del sensor roto	8	3	2	48	Normal		CT048
Chumaceras (UE)	UE08	UE08-F01	Cumplimiento de la vida útil	5	3	7	105	Fallo potencial	UE08-F01-AC011	CT049
			Falta de lubricación	5	2	7	70	Normal		CT050

**ANEXO 12: TABLA AMFE DE ACCIONES CORRECTIVAS
PARA LA CEPILLADORA DE DOS CARAS.**

CUADRO AMFE DE ACCIONES CORRECTIVAS

Sistema: CEPILLADORA (DOS CARAS)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi	Fecha Inicial: 20/12/2010				Hoja N.: 1
				Auditor/es: Mera-Simbaña	Fecha final:				De: 2
COMPONENTE	CÓDIGO FALLA	CAUSAS FALLA	CÓD. ACCIÓN CORRECTIVA	ACCIÓN CORRECTIVA	G	F	D	IPR	CÓDIGO DE TAREA
Poleas, bandas (UC)	UC02-F01	Montaje inadecuado	UC02-F01-AC001	Desmontar y armar el mecanismo utilizando los procedimientos correctos.	8	2	4	64	CT051
		Bandas no especificadas	UC02-F01-AC002	Reemplazar las bandas por las especificadas en el catálogo de la máquina.	6	3	3	54	CT052
Cuchilla	UC04-F02	Cumplimiento de la vida útil	UC04-F02-AC003	Realizar el cambio de la cuchilla de corte	6	3	4	54	CT053
Rodamientos (UC)	UC05-F01	Cumplimiento de la vida útil	UC05-F01-AC004	Cambio de rodamientos	9	1	4	36	CT054
Tornillo sin fin, corona	UTM02-F01	Falta de lubricación	UTM02-F01-AC005	Aumentar el número de inspecciones de mantenimiento	7	2	4	56	CT055
Poleas, bandas (UTM)	UTM03-F01	Montaje inadecuado	UTM03-F01-AC006	Desmontar y armar el mecanismo utilizando los procedimientos correctos.	8	2	4	64	CT056
		Bandas no especificadas	UTM03-F01-AC007	Reemplazar las bandas por las especificadas en el catálogo de la máquina.	6	3	3	54	CT057

Sistema: CEPILLADORA (DOS CARAS)			Sistema N. PR-CP2-003	Facilitador: Saúl Chasi	Fecha Inicial: 20/12/2010				Hoja N.: 2
				Auditor/es: Mera-Simbaña	Fecha final:				De: 2
COMPONENTE	CÓDIGO FALLA	CAUSAS FALLA	CÓD. ACCIÓN CORRECTIVA	ACCIÓN CORRECTIVA	G	F	D	IPR	CÓDIGO DE TAREA
Transportador de agujas	UTM04-F01	Dimensiones de la madera ha cepillar inadecuada	UTM04-F01-AC008	Cambiar la placa guía de agujas	8	2	3	48	CT058
Chumaceras (UTM)	UTM05-F01	Cumplimiento de la vida útil	UTM05-F01-AC009	Cambio de rodamientos	9	1	4	36	CT059
Reductor de velocidad	UE02-F01	Fatiga del tornillo sin fin	UE02-F01-AC010	Cambio del tornillo sin fin	9	2	4	72	CT060
Chumaceras (UE)	UC05-F01	Cumplimiento de la vida útil	UE08-F01-AC011	Cambio de rodamientos	9	1	4	36	CT061

**ANEXO 13: TABLA AMFE DE CRONOGRAMA DE
TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA LA
CEPILLADORA DE DOS CARAS**

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 1
Subsistema: Unidad de Cepillado		Subsistema N. UC		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT001	Revisión de terminales de alimentación	Mantenimiento preventivo	Apretar los tornillos de los terminales de los cables de alimentación.	1 año	15 min	Ninguno	Herramientas eléctricas	Técnico de mantenimiento
CT002	Cambio de interruptor	Mantenimiento correctivo	Desarmar el interruptor dañado y colocar el nuevo interruptor.	No es periódico	20 min	Interruptor	Herramientas eléctricas	Técnico de mantenimiento
CT003	Inspección de la carga de madera	Mantenimiento correctivo	Reducir la velocidad de avance tomando en cuenta la cantidad de madera a cepillar.	No es periódico	10 min	Ninguno	Ninguno	Técnico de mantenimiento
CT004	Revisión de alineación del eje	Mantenimiento preventivo	Revisar y calibrar la alineación del eje	1 año	30 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT005	Revisión del montaje de la banda	Mantenimiento correctivo	Desmontar y armar el mecanismo utilizando los procedimientos correctos	No es periódico	20 min	Ninguno	Catálogo y caja de herramientas	Técnico de mantenimiento
CT006	Cambio de la banda	Mantenimiento correctivo	Desmontar el mecanismo, seleccionar la banda con las especificaciones del fabricante, y armar correctamente	No periódico	30 min	Bandas A72x4 (superior) y A62x4 (inferior)	Catálogo y caja de herramientas	Técnico de mantenimiento

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 2
Subsistema: Unidad de Cepillado		Subsistema N. UC		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT007	Revisión del ajuste de las cuchillas	Mantenimiento preventivo	Realizar una inspección del ajuste de todas las cuchillas antes de poner en funcionamiento la máquina.	3 mes	30 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Operario
CT008	Limpieza del eje porta-cuchilla	Mantenimiento preventivo	Realizar la limpieza de todo el eje porta-cuchilla especialmente donde van montadas las cuchillas.	3 meses	30 min	Ninguno	Ninguna	Operario
CT009	Calibración de la profundidad de corte	Mantenimiento preventivo	Revisar que la profundidad de corte se encuentre dentro de los límites definidos por el fabricante	1 mes	30 min	Ninguno	Ninguna	Operario
CT010	Inspección de las cuchillas	Mantenimiento preventivo	Realizar una inspección visual periódica de las cuchillas para el cepillado y en caso de ser necesario afilar.	1 mes	20 min	Ninguno	Ninguno	Operario
CT011	Cambio de rodamiento (UC)	Mantenimiento Correctivo	Verificar las especificaciones de los cojinetes establecidas por el fabricante de la máquina	No es periódico	60 min	Rodamiento 6308 2Z CM	Extractor de rodamientos	Técnico de mantenimiento

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 3
Subsistema: Unidad de Cepillado		Subsistema N. UC		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT012	Lubricación de rodamientos (UC)	Mantenimiento preventivo	Realizar la lubricación de los rodamientos de los ejes porta cuchillas tanto superior como inferior	2 meses	20 min	Lubricante SKF LGLT 2/1	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT013	Revisión de la placa posterior de presión	Mantenimiento correctivo	Inspeccionar y ajustar de ser el caso la posición de la placa posterior de presión.	No es periódico	15 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Operario
CT014	Revisión de la placa delantera de presión	Mantenimiento correctivo	Revisar y ajustar de ser el caso la posición de la placa delantera de presión.	No es periódico	15 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Operario
CT015	Inspección de rodillos	Mantenimiento preventivo	Revisar y calibrar la alineación de los rodillos.	1 año	30 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 4
Subsistema: Unidad de Transporte de Madera		Subsistema N. UTM		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT016	Revisión de terminales de alimentación	Mantenimiento preventivo	Apretar los tornillos de los terminales de los cables de alimentación.	1 año	15 min	Ninguno	Herramientas eléctricas	Técnico de mantenimiento
CT017	Cambio de interruptor	Mantenimiento correctivo	Desarmar el interruptor dañado y colocar el nuevo interruptor.	No es periódico	20 min	Interruptor	Herramientas eléctricas	Técnico de mantenimiento
CT018	Lubricación del reductor de velocidad	Mantenimiento preventivo	Reemplazar el aceite de la caja de reductora.	1 año	30 min	Lubricante Mobil "Gear 600"	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT019	Inspección del tornillo sin fin, corona	Mantenimiento preventivo	Revisar que el tornillo sin fin, corona esté libre de impurezas.	1 año	10 min	Ninguno	Herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT020	Revisión de alineación del eje	Mantenimiento preventivo	Revisar y calibrar la alineación del eje	1 año	30 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT021	Revisión del montaje de la banda	Mantenimiento correctivo	Desmontar y armar el mecanismo utilizando los procedimientos correctos	No es periódico	20 min	Ninguno	Catálogo y caja de herramientas	Técnico de mantenimiento
CT022	Cambio de la banda (UTM)	Mantenimiento correctivo	Desmontar el mecanismo, seleccionar la banda con las especificaciones del fabricante, y armar	No periódico	30 min	4 Bandas: A69	Catálogo y caja de herramientas	Técnico de mantenimiento

			correctamente					
Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 5
Subsistema: Unidad de Transporte de Madera		Subsistema N. UTM		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT023	Cambio de la placa guía de agujas	Mantenimiento correctivo	Cambio de la placa guía de agujas e inspeccionar que la madera a ser cepillada no sea muy pequeña.	No es periódico	1 día	Ninguno	Ninguno	Trabajo externo
CT024	Cambio de agujas	Mantenimiento correctivo	Inspeccionar y cambiar las agujas desgastadas del transportador.	No es periódico	30 min	Agujas	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT025	Lubricación del transportador de agujas	Mantenimiento preventivo	Revisar el nivel de aceite del sistema de lubricación	1 mes	10 min	Ninguno	Ninguno	Operario
CT026	Cambio de Chumacera (UTM)	Mantenimiento Correctivo	Verificar las especificaciones de los rodamientos de la chumacera establecidas por el fabricante de la máquina	No es periódico	60 min	Chumacera C(M)-UCFS-208	Extractor de rodamientos	Técnico de mantenimiento
CT027	Lubricación de rodamientos (UTM)	Mantenimiento preventivo	Realizar la lubricación de los rodamientos	1 mes	20 min	Lubricante Mobilux 2	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento

CT028	Lubricación de catalinas	Mantenimiento preventivo	Realizar la lubricación de las catalinas.	3 meses	15 min	Lubricante Mobil DTE 24	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
-------	--------------------------	--------------------------	---	---------	--------	-------------------------	--------------------------------	--------------------------

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 6
Subsistema: Unidad de Transporte de Madera		Subsistema N. UTM		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT029	Limpieza de catalinas	Mantenimiento preventivo	Revisar y limpiar las catalinas.	3 mese	15 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT030	Rectificado de las estrías del rodillo	Mantenimiento correctivo	Desmontar el rodillo y rectificar las estrías	No es periódico	1 día	Ninguno	Ninguno	Trabajo externo
CT031	Lubricación del tornillo de ajuste del rodillo de presión	Mantenimiento preventivo	Inspeccionar el tornillo de ajuste y lubricarlo	3 meses	10 min	Lubricante Mobil "D.T.E Oil Medium"	Caja de herramientas mecánicas	Operario
CT032	Revisión del rodillo de salida	Mantenimiento preventivo	Revisar la regulación del rodillo de salida de acuerdo a lo especificado en el catálogo de la máquina (0.5 mm bajo la cuchilla)	3 meses	30 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT033	Revisión de la cadena	Mantenimiento preventivo	Inspeccionar el estado de la cadena	3 meses	15 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT034	Lubricación de la cadena	Mantenimiento preventivo	Realizar la lubricación de la cadena.	3 meses	15 min	Lubricante Mobil DTE	Ninguno	Técnico de mantenimiento

						24		
CT035	Revisión de tensión de la cadena	Mantenimiento preventivo	Verificar que la tensión de la cadena sea adecuada ajustar si es necesario.	3 meses	20 min	Ninguno	Ninguno	Técnico de mantenimiento

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 7
Subsistema: Unidad de Elevación		Subsistema N. UE		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT036	Revisión de terminales de alimentación	Mantenimiento preventivo	Apretar los tornillos de los terminales de los cables de alimentación.	1 año	15 min	Ninguno	Herramientas eléctricas	Técnico de mantenimiento
CT037	Cambio de interruptor	Mantenimiento correctivo	Desarmar el interruptor dañado y colocar el nuevo interruptor.	No es periódico	20 min	Interruptor	Herramientas eléctricas	Técnico de mantenimiento
CT038	Cambio del tornillo sin fin	Mantenimiento correctivo	Desmontar el reductor de velocidad y realizar el cambio del elemento averiado	No es periódico	1 día	Tornillo sin fin	Herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT039	Lubricación del reductor de velocidad	Mantenimiento preventivo	Lubricar el reductor de velocidad	1 año	30 min	Lubricante Mobil "Gear 600"	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT040	Revisión de la cadena	Mantenimiento preventivo	Inspeccionar el estado de la cadena	3 meses	15 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT041	Lubricación de la cadena	Mantenimiento preventivo	Realizar la lubricación de la cadena.	3 meses	15 min	Lubricante Mobil DTE 24	Ninguno	Técnico de mantenimiento

CT042	Revisión de tensión de la cadena	Mantenimiento preventivo	Verificar que la tensión de la cadena sea adecuada ajustar si es necesario.	3 meses	20 min	Ninguno	Ninguno	Técnico de mantenimiento
CT043	Lubricación de los engranes	Mantenimiento preventivo	Lubricar los engranes	1 año	30 min	Lubricante Mobil "Gear 600	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT044	Cambio de piezas averiadas	Mantenimiento correctivo	Reemplazar elementos y aumentar el número de inspecciones de mantenimiento	No es periódico	30 min	Piezas nuevas	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 8
Subsistema: Unidad de Elevación		Subsistema N. UE		Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT045	Revisión del montaje	Mantenimiento correctivo	Desmontar el mecanismo y realizar el montaje de las piezas siguiendo los procedimientos adecuados.	No es periódico	30 min	Ninguno	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT046	Lubricación de la tureca y tornillo de elevación	Mantenimiento preventivo	Lubricar el tornillo de elevación.	1 mes	20 min	Mobil Lux EP-2	Caja de herramientas mecánicas	Operario
CT047	Lubricación de las guías del bloque de elevación	Mantenimiento preventivo	Lubricar las guías por donde se desplaza el bloque de elevación	3 meses	20 min	Lubricante Mobil "Mobil D.T.E Oil Medium"	Caja de herramientas mecánicas	Operario
CT048	Cambio de los cables del sensor	Mantenimiento correctivo	Realizar la sustitución de los cables rotos.	No es periódico	30 min	Cables	Caja de herramientas eléctricas	Técnico de mantenimiento

CT049	Cambio de Chumacera (UE)	Mantenimiento correctivo	Realizar el cambio de rodamientos	No es periódico	30 min	Chumacera C(M)-UCFS-208	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento
CT050	Lubricación de rodamientos (UE)	Mantenimiento preventivo	Realizar la lubricación de los rodamientos de los ejes porta cuchillas tanto superior como inferior	1 mes	20 min	Lubricante SKF LGLT 2/1	Caja de herramientas mecánicas	Técnico de mantenimiento

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 9
Tareas de las Acciones Correctivas				Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT051	Inspección de la banda (UC)	Mantenimiento preventivo	Inspección del estado de la banda.	3 meses	15 min	Ninguno	Caja de herramientas	Técnico de mantenimiento
CT052	Selección de bandas. (UC)	Mantenimiento preventivo	Utilizar el catálogo y el historial de la máquina para comprobar el rendimiento.	No es periódica	30 min	Ninguno	Catálogo e historial de la máquina	Ing. de Mantenimiento
CT053	Determinar el periodo de vida de las cuchillas de corte	Mantenimiento preventivo	Determinar el período adecuado para realizar el cambio de las cuchillas de corte	No es periódico	2 horas	Ninguno	Ninguno	Ing. de Mantenimiento
CT054	Estimar el tiempo de vida de los rodamientos (UC)	Mantenimiento preventivo	Determinar el período adecuado para realizar el cambio de los rodamientos	No es periódico	2 horas	Ninguno	Ninguno	Ing. de Mantenimiento
CT055	Chequeo del nivel de aceite	Mantenimiento preventivo	Realizar chequeos del nivel de aceite.	1 mes	30 min	Ninguno	Ninguno	Técnico de mantenimiento
CT056	Inspección de la banda (UTM)	Mantenimiento preventivo	Inspección del estado de la banda.	3 meses	15 min	Ninguno	Caja de herramientas	Técnico de mantenimiento
CT057	Selección de bandas (UTM).	Mantenimiento preventivo	Utilizar el catálogo y el historial de la máquina para comprobar el rendimiento.	No es periódica	30 min	Ninguno	Catálogo e historial de la máquina	Ing. de Mantenimiento
CT058	Determinar las dimensiones de la madera	Mantenimiento preventivo	Determinar las longitudes de la madera para las que fue diseñada la máquina	No es periódica	1 hora	Ninguno	Catálogo de la máquina	Ing. de Mantenimiento

Sistema: Cepilladora (dos caras)		Sistema N. PR-CP2-003		Facilitador: Saúl Chasi			Fecha Inicial: 20/12/2010	Hoja N.: 10
Tareas de las Acciones Correctivas				Auditor/es: Mera-Simbaña			Fecha final:	De: 10
CÓDIGO TAREA	NOMBRE	ESTRATEGIA	TAREA PROPUESTA	PERIODO	DURACIÓN ESTIMADA	REPUESTOS	HERRAMIENTAS	PERFIL
CT059	Estimar el tiempo de vida de los rodamientos (UTM)	Mantenimiento preventivo	Determinar el período adecuado para realizar el cambio de los rodamientos	No es periódico	2 horas	Ninguno	Ninguno	Ing. de Mantenimiento
CT060	Inspección visual del reductor de velocidad	Mantenimiento preventivo	Realizar inspecciones visuales del estados del reductor de velocidad	6 meses	20 min	Ninguno	Ninguno	Técnico de mantenimiento
CT061	Estimar el tiempo de vida de los rodamientos (UE)	Mantenimiento preventivo	Determinar el período adecuado para realizar el cambio de los rodamientos	No es periódico	2 horas	Ninguno	Ninguno	Ing. de Mantenimiento