

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA EL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

DIEGO ALEXANDER NIÑO BONILLA
WILLIAM ANDRES SOTO DIAZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2014

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA EL DEPARTAMENTO DE
MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

DIEGO ALEXANDER NIÑO BONILLA
WILLIAM ANDRES SOTO DIAZ

Trabajo de Grado para optar el título de
Ingeniero Mecánico

Director

Ing. PhD. CARLOS BORRAS PINILLA

Codirector

Ángel Enrique Ortiz Meneses

Gerente. CONCENTRADOS ESPARTACO S.A

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2014

Este trabajo de grado dedico:

A DIOS, por bendecirme y darme fortaleza en cada momento de mi vida para alcanzar mis objetivos a pesar de las adversidades.

A mis padres Álvaro Soto Beltrán y Yolanda Díaz Peña, por su incondicional apoyo, perseverancia, motivación y brindarme su confianza para alcanzar mis metas.

A mi hermano Oscar Soto, por su motivación y acompañamiento en toda mi vida.

A mi familiares y amigos que siempre me han acompañado con su comprensión y apoyo en los proyectos que me eh planteado.

WILLIAM ANDRES SOTO DIAZ

Agradezco a Dios por permitirme cumplir uno de mis objetivos.

A mis padres, LIGIA BONILLA Y RAIMUNDO NIÑO por formarme como persona y apoyarme para alcanzar mis objetivos.

A mi hermana y abuela por su apoyo incondicional en todo momento, y por brindarme su confianza para seguir siempre adelante.

A los profesores que me transmitieron sus conocimientos y formaron un gran profesional y ser humano en el transcurso de mi carrera.

A mis tíos, familiares y demás personas que siempre estuvieron en cada traspie para animarme y seguir adelante.

A todos mis amigos que fueron importantes para alcanzar este logro.

Gracias y mil Gracias a todos.

DIEGO ALEXANDER NIÑO BONILLA

AGRADECIMIENTOS

Damos agradecimientos a las personas que se involucraron en el proyecto con su ayuda, colaboración y apoyaron la realización del presente trabajo de grado.

Al Ing. PhD. Calor Borrás Pinilla, director del proyecto, por su orientación y colaboración en el desarrollo del presente trabajo de grado.

A la señora Sandra Ortiz y la junta directiva de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A por su colaboración abriéndonos las puertas de su empresa.

Al Gerente Ángel Ortiz, por creer en el proyecto y su apoyo brindado en el transcurso del desarrollo del trabajo.

A los trabajadores de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A, por su disposición, colaboración y apoyo en la realización del proyecto.

DIEGO ALEXANDER NIÑO BONILLA

WILLIAM ANDRES SOTO DIAZ

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	20
1. CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.....	23
1.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	23
1.2. UBICACIÓN.....	23
1.3. MISIÓN.....	24
1.4. VISIÓN	24
1.5. POLITICAS DE CALIDAD	25
1.6. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	25
1.7. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS.....	26
1.8. PROCESO DE FABRICACION.	27
1.9. DEFINICION TECNICA DE LOS SUB-SISTEMAS DE LA PLANTA	34
1.10. DIAGRAMA DEL PROCESO	36
1.11. UBICACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	37
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	39
2.1. Objetivo General.....	39
2.2. Objetivos Específicos	39
3. ANTECEDENTES GENERALES DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	41
3.1. DEFINICION DEL MANTENIMIENTO.....	41
3.2. HISTORIA Y EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO	43
3.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	45
3.4 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y APLICACIONES DE CADA TIPO DE MANTENIMIENTO.	54
3.5 HISTORIA DEL RCM	57
3.6 METODOLOGIA DE DESARROLLO DE RCM	63
4. DIAGNOSTICO DEL AREA DE MANTENIMIENTO	74
4.2 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	74
4.3 ANALISIS DE LOS ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LA EMPRESA PARA DETERMINAR LA CONVENIENCIA DE REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	82

5. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO.....	86
5.1 CODIFICACIÓN	86
5.2 INVENTARIOS	89
5.3 HOJAS DE VIDA DE LOS EQUIPOS.....	92
5.4 RUTINA DIARIA DE MANTENIMIENTO	93
6. ANALISIS DE CRITICIDAD	100
6.1 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD	103
6.2 EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD..	103
6.3 INFORMACION RECOPIADA.....	105
6.4 RESULTADOS ANALISIS DE CRITICIDAD.....	108
7. ANALISIS RCM II.....	113
7.1 APLICACIÓN DEL ANALISIS DE MODO DE FALLAS Y ANALISIS DE CAUSA (FMEA) (Failure Mode and Effects Analisis)	113
7.2 HOJA DE DECISIONES.....	118
8. DISEÑO DEL PROGRAMA DE ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO (AD HOC) PARA CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. 123	
8.1 PORQUE ES IMPORTANTE PROGRAMAR EN JAVA.	123
8.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	124
8.3 FINALIDAD DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	126
9. PROGRAMA PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO DE CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.	128
9.1 MAQUINAS	129
9.2 RCM II	133
9.3 ORDEN DE TRABAJO.....	135
9.4 ALARMAS	138
9.5 ALMACEN	141
9.6 AYUDA	144
10 CAPACITACION.....	145
10.1 INGRESO AL PROGRAMA DE ADMINISTRACION	145
10.2 MODULO DE MAQUINAS.....	147
10.3 MODULO DE ORDEN DE TRABAJO	152
10.4 MODULO ALMACEN	156
10.5 MODULO RCM II.....	156
10.6 MODULO ALARMAS.....	158

10.7 MODULO DE AYUDA	160
CONCLUSIONES	161
RECOMENDACIONES.....	164
BIBLIOGRAFIA.....	165
ANEXOS.....	167

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Logo ESPARTACO.....	23
Figura 2 Ubicacion.....	24
Figura 3 Estructura organizacional	26
Figura 4 Descargue de materias primas	28
Figura 5 Silos de almacenamiento.....	29
Figura 6 Molino Horizontal (Metalteco)	30
Figura 7 Bascula	31
Figura 8 Molino vertical.....	31
Figura 9 Mezcladora	32
Figura 10 Empacadora	33
Figura 11 Bandas transportadoras.....	33
Figura 12 Proceso de producción	36
Figura 13 Distribución del trabajo	42
Figura 14 Categorías del mantenimiento	43
Figura 15 Historia del mantenimiento	45
Figura 16 Diagrama RCM	65
Figura 17 Patrones de falla.....	68
Figura 18 Diagrama de decisiones RCM: Fallas ocultas	72
Figura 19 Diagrama de decisiones RCM: Consecuencias de seguridad y medio ambiente	72
Figura 20 Diagrama de decisiones RCM: Consecuencias operacionales.....	73
Figura 21 Diagrama de decisiones RCM: Concecuencias no operacionales....	73
Figura 22 Organización del Mantenimiento en la planta	76
Figura 23 Jerarquía del mantenimiento	77
Figura 24 Estructura codificación de equipos	88
Figura 25 Hoja de vida mezcladora	93
Figura 26 Zonas de criticidad.....	101
Figura 27 Mapa conceptual de criterios	102
Figura 28 Criterios de frecuencia de fallas.....	102
Figura 29 In and Out Programa	126

Figura 30 Módulos del programa	128
Figura 31 Ficha técnica.....	132
Figura 32 RCM II.....	134
Figura 33 Orden de trabajo	137
Figura 34 Acceso de usuario	146
Figura 35 Interfaz Principal	147
Figura 36 Submodulos, fichas técnicas, hoja de vida	147
Figura 37 Ficha técnica elevador	148
Figura 38 Hoja de vida elevador	149
Figura 39 Modificación descripción del mantenimiento.....	150
Figura 40 Modificación historial de mantenimiento correctivo.....	150
Figura 41 Modificación de estado del equipo.....	151
Figura 42 Crear hoja de vida	152
Figura 43 Modulo orden de trabajo	153
Figura 44 Rutina de mantenimiento	154
Figura 45 Formato orden de trabajo	155
Figura 46 Modulo almacén	156
Figura 47 Modulo RCM II.....	157
Figura 48 FMEA mezcladora	157
Figura 49 Hoja de decisiones mezcladora	158
Figura 50 Modulo de alarmas	159
Figura 51 Creación de alarma.....	160

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Matriz del estado del arte.....	79
Tabla 2: Índice de evaluación de aspectos organizativos de la empresa.....	84
Tabla 3: Evaluación organizacional de la planta CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.....	85
Tabla 4: Codificación de equipos.....	88
Tabla 5: Inventarios.....	90
Tabla 6: Hoja de rutina diaria.....	95
Tabla 7: Codificación de equipos de transporte.....	103
Tabla 8: Codificación de equipos del proceso.....	104
Tabla 9: Codificación de equipos alternos.....	105
Tabla 10: Ponderación de frecuencias de fallas por año.....	106
Tabla 11: Ponderación de consecuencias.....	106
Tabla 12: Resultados de análisis de criticidad de los equipos de transporte..	108
Tabla 13: Resultados de equipos involucrados en el proceso.....	109
Tabla 14: Resultados de equipos alternos.....	109
Tabla 15: Matriz de análisis de criticidad.....	110
Tabla 16: Resultado de análisis de criticidad en orden de relevancia.....	110
Tabla 17: Análisis FMECA mezcladora.....	115
Tabla 18: Análisis FMECA molino vertical.....	116
Tabla 19: Análisis FMECA molino horizontal.....	117
Tabla 20: Hoja de decisiones mezcladora.....	120

Tabla 21: Hoja de decisiones molino vertical.....	121
Tabla 22: Hoja de decisiones molino horizontal.....	122
Tabla 23: Formato de hoja de vida de los equipos.....	130
Tabla 24: Explicación hoja de vida.....	130
Tabla 25: Explicación fichas técnicas.....	133
Tabla 26: Explicación RCM II.....	134
Tabla 27: Explicación orden de trabajo.....	137
Tabla 28: Fallas de los equipos.....	139
Tabla 29: Inventarios y herramientas del almacén.....	140

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO A. Codificación total de los equipos.....	167
ANEXO B. Hoja de recopilación de datos.....	169
ANEXO C. Rutas de los diferentes tipos de fórmulas.....	170
ANEXO D. Diagrama del proceso de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.	170
ANEXO E. Visto bueno de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.....	171

RESUMEN

TITULO:

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM II) PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.*

AUTORES:

Diego Alexander Niño Bonilla

William Andrés Soto Díaz†

PALABRAS CLAVES:

Programa de mantenimiento, mantenimiento centrado en la confiabilidad, metodología RCM.

DESCRIPCIÓN:

El programa de administración de mantenimiento centrado en confiabilidad es una herramienta tecnológica, que permitirá a la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A, administrar el mantenimiento mecánico de forma eficiente las actividades y procesos. Permitiendo un acceso a la información confiable, rápido y fácil. Aportando así una herramienta más para su crecimiento industrial como empresa comprometida con las metodologías de ingeniería aplicables.

El desarrollo del proyecto se cumple bajo la metodología RCM II, y la norma SAE J1011. La cual es necesario cumplir un proceso de solución de siete preguntas, el primer paso fue realizar un diagnóstico y recopilar la información mecánica con la que cuenta la planta de producción para crear una codificación a los equipos involucrados en la empresa, así mismo realizar las fichas técnicas, formatos de hoja de vida y una rutina de mantenimiento. La cual genera órdenes de trabajo. Posteriormente se realizaron los análisis requeridos para jerarquizar los equipos como también los análisis de estudio de fallas y su posible mantenimiento proactivo.

Finalmente se realizó el programa de mantenimiento el cual contiene toda la información y los análisis realizados como sus formatos con la capacidad de guardar y extraer archivos. Manteniendo la proyección que tiene la empresa para competir nacionalmente siendo más productiva en todos los departamentos.

* Trabajo de Grado.

† Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingeniería Mecánica. Director: Ing. PhD. Carlos Borrás Pinilla.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE RELIABILITY CENTERED PROGRAM (RCM II) FOR THE MAINTENANCE DEPARTMENT OF CONCENTRADOS ESPARTACO COMPANY S.A. ‡

AUTHORS:

Diego Alexander Niño Bonilla

William Andrés Díaz Soto§

KEY WORDS:

Maintenance Program, reliability centered maintenance, RCM methodology.

ABSTRACT:

The management reliability centered maintenance program is a technological tool that will allow the company CONCENTRADOS ESPARTACO S.A., manage the mechanical maintenance efficiently activities and processes. Allowing access to reliable information quickly and easily. Thus providing a tool for industrial growth as a company committed with methodologies applicable engineering.

Project development is met under the RCM methodology II, and standard SAE J1011 Which is necessary to enforce a settlement process of seven questions, the first step was to diagnose mechanical and gather information that has the production floor to create a coding equipment involved in the company, also make technical specifications sheets, resume formats and a maintenance routine. Which generates work orders.

Subsequently the required analyzes to rank the teams as well as the study of failure analysis and the possible proactive maintenance.

Finally the maintenance program which contains all the information and analyzes with their formats with the ability to store and extract performed files. Keeping the projection that the company has to nationality compete in order to be more productive in all departments.

‡ Degree book

§ Physical-Mechanical sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. PhD. Carlos Borrás Pinilla

INTRODUCCIÓN

ESPARTACO S.A. es una empresa santandereana dedicada a la producción y comercialización de concentrados balanceados para el sector pecuario en sus diferentes etapas de crecimiento, cumpliendo con los mejores estándares de calidad en nutrición animal y buscando el mejoramiento continuo de sus productos. Con la adquisición de maquinaria automatizada para lograr mayor producción, aplicando metodologías de ingeniería obteniendo mejores estándares de calidad.

Surge la necesidad de hacer un programa mantenimiento a los equipos mecánicos involucrados en los procesos. Así evitando grandes pérdidas económicas, las cuales podemos mitigar teniendo una planeación adecuada.

La meta de este proyecto es establecer e implementar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II), para mejorar notablemente la producción de la planta, evitar paradas innecesarias de los equipos, aumentar la vida útil de los equipos, reducir los costos de mantenimiento, tener en inventario los repuestos disponibles como las herramientas y prevenir que una parada de producción se extienda por más tiempo.

Al realizar un diagnóstico de la empresa se encontró que esta no cuenta con ninguna clase de registro de mantenimiento, cabe resaltar que la planta de producción cuenta con un departamento de mantenimiento donde su operario realiza una rutina diaria de prevención, la cual no lleva registro ni archivo alguno y a su vez se hacen las correcciones necesarias en horas ajenas al horario de trabajo por parte del departamento en mención. Sin ninguna planificación.

Para garantizar un buen desarrollo del proyecto se recopila y tabula un inventario de todos los equipos, repuestos y herramientas que se encuentran en el almacén en stock, también se realiza una codificación de los equipos mecánicos con los que cuenta la planta, donde en el código se puede saber la ubicación del equipo en la planta, su nombre y la cantidad. Otra necesidad fue crear las fichas técnicas de las maquinas, para reunir la información en un formato donde sea

fácil para procesar la información promedio de las diferentes metodologías de: análisis, normas técnicas y realizar las diferentes planificaciones de los mantenimientos necesarios centrados en confiabilidad. Por medio de la información técnica más la ayuda de los operarios y jefe de mantenimiento se realizó un formato de rutina de mantenimiento la cual se relaciona con las ordenes de trabajo, donde se especifican los trabajos a realizar, los repuestos que se utilizan en las tareas realizadas y la empresa tenga la capacidad de hacer cronogramas de trabajo y sea más productiva. Esta información de los trabajos realizados se procesa y son guardados en las hojas de vida de cada equipo las cuales se crearon con un formato dinámico y con todas las especificaciones de los equipos.

En el siguiente capítulo explica y desarrolla la metodología de jerarquización de equipos por medio del análisis de criticidad y factores ponderados, el cual se aplicó a toda la planta de producción tomando los criterios y rangos de frecuencias de fallas por las consecuencias, creando una matriz de criticidad y por medio de sus resultados cuantificados se determinan cuales equipos están en las tres zonas (alta, media y baja), logrando la centralización de las operaciones de mantenimiento que requiere la empresa.

Posteriormente se aplica la metodología de RCM II a los equipos más críticos de la empresa, por medio de una análisis FMEA el cual está basado en la norma SAE J1011 y siguiendo las recomendaciones del libro de John Moubray. La cual consiste en identificar las funciones operacionales, las fallas funcionales, los modos de falla y sus efectos o consecuencias. Respondiendo a cuatro preguntas de las siete que consiste al análisis RCM. Las pregunta restantes se resuelven por medio de hoja de decisiones, donde se crea un mantenimiento proactivo para todos los modos de fallas de los equipos críticos.

El diseño del programa de administración de mantenimiento para la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A consta de seis módulos y varios sub-módulos los cuales tiene toda la información necesaria para llevar una administración de mantenimiento. Este se realizó en el lenguaje de programación JAVA, en la plataforma Java Standard Edition versión 7 con un motor de base

de datos no relacional basado en documentos, para cualquier equipo que soporte la máquina virtual Java como Windows, Linux, Solaris o Macintosh.

En el último capítulo del proyecto encontramos un manual de usuario que sirve como guía de capacitación al personal técnico encargado del mantenimiento de la planta de producción de la empresa.

1. CONCENTRADOS ESPARTACO S.A

1.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. con su nueva planta de producción, quiere posicionarse como empresa líder en la fabricación de concentrados para el sector pecuario en el oriente colombiano, ubicándose como una de las cinco empresas santandereanas con más crecimiento en los últimos años, presentando un aumento en la calidad y cantidad de los productos que ella ofrece.

Como la tecnología avanza a pasos agigantados ESPARTACO S.A. ahora cuenta con una planta automatizada en un 80% lo cual ha solucionado la demanda a la que estaba sometidos años atrás, y así cumpliendo con las metas propuestas por parte de la empresa.

Figura 1 Logo ESPARTACO



Fuente: <http://www.concentradosespartaco.com>

1.2. UBICACIÓN

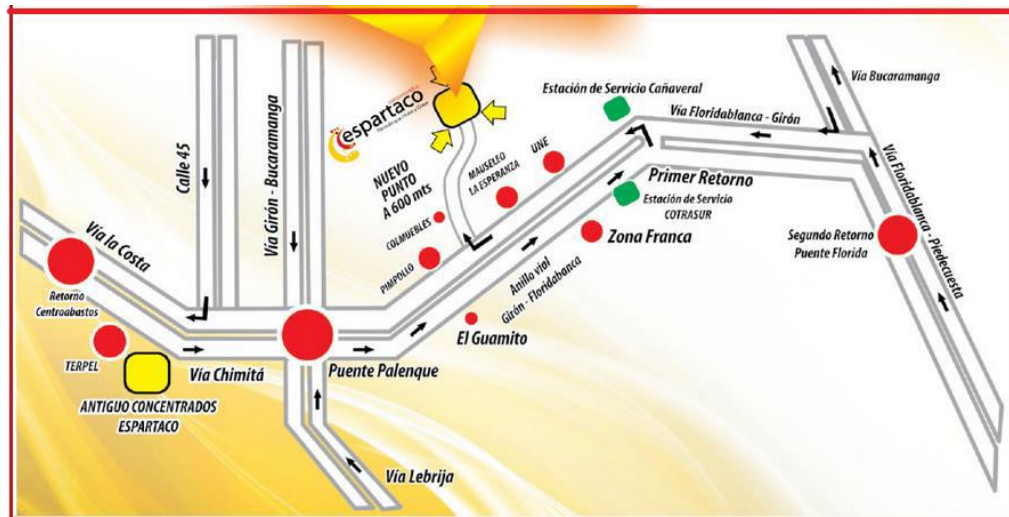
Su planta de producción se encuentra ubicada en el anillo vial, kilómetro 4 vía Floridablanca-Girón, Santander, Colombia.

Teléfonos: (57) (7) 631-0606 / 651-6299

Celular: 3187357663

Email: gerencia@concentradosespartaco.com

Figura 2 Ubicación



Fuente: <http://www.concentradosespartaco.com/>

1.3. MISIÓN

Concentrados Espartaco S.A., es una empresa dedicada a la producción y comercialización de alimentos balanceados para el sector pecuario. Nuestros productos cumplen con altos estándares de calidad en nutrición animal, siendo el mejor aliado de nuestros clientes en la satisfacción de sus necesidades, buscando el mejoramiento continuo y el bienestar de los trabajadores, accionistas y comunidad en general.

1.4. VISIÓN

Para el año 2020 nos consolidaremos como una empresa con amplio reconocimiento en el mercado nacional de alimentos balanceados para el sector pecuario, cumpliendo con los más altos estándares de calidad que nos permitan conquistar el mercado internacional al igual que la intensificación de nuestro

portafolio de productos, comprometidos social y ambientalmente con nuestro país.

1.5. POLITICAS DE CALIDAD

- Cumplir con las normas sanitarias para la elaboración de los productos.
- Comercializar los diferentes tipos de concentrados en el oriente colombiano.
- Disponibilidad del producto de excelente calidad.
- Mejorar continuamente en los procesos de producción.

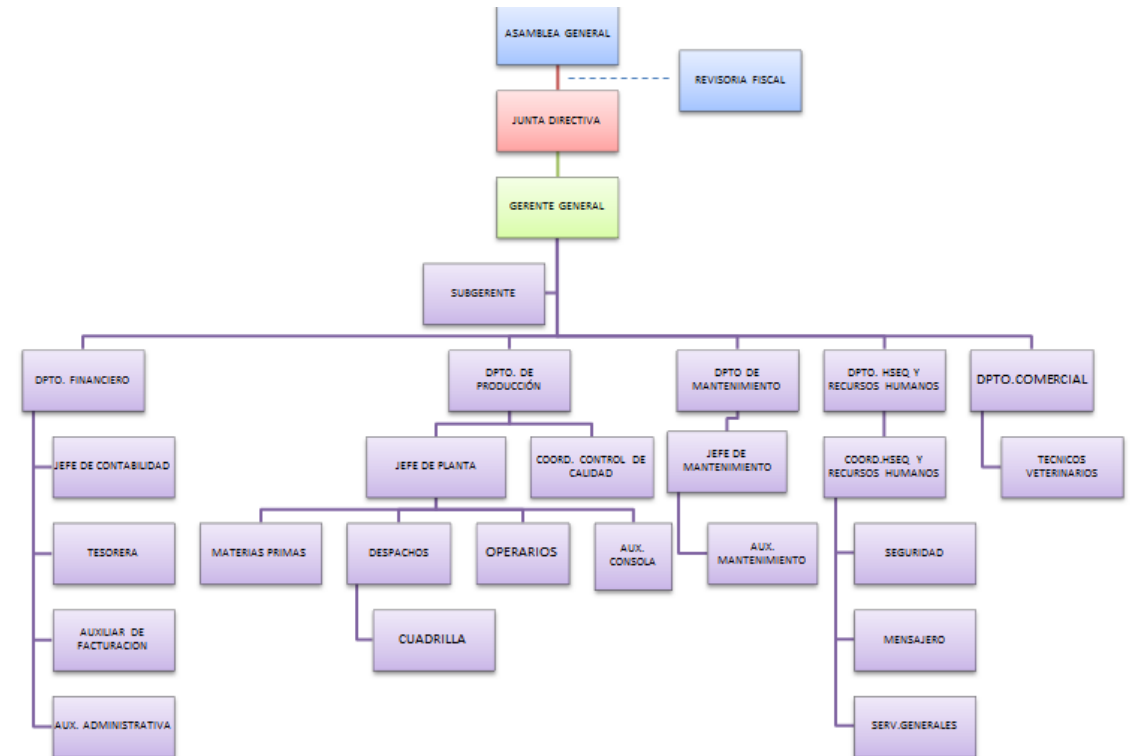
1.5.1. VALORES CORPORATIVOS

- Calidad
- Responsabilidad
- Puntualidad

1.6. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional de ESPARTACO S.A. la podemos ver en la siguiente gráfica.

Figura 3 Estructura organizacional



Fuente: Concentrados Espartaco S.A.

1.7. PORTAFOLIO DE PRODUCTOS

Son fabricantes y distribuidores de alimentos concentrados para el sector avícola y porcino atendiendo en las zonas de Santander, Norte de Santander y los llanos.

Sus productos se encuentran distribuidos de acuerdo al tipo de animal al cual se le va a suministrar de la siguiente forma:

- Alimentos concentrados para Ponedoras.
 - Pre iniciación.
 - Iniciación.
 - Levante.
 - Pre postura.
 - Producción.
- Alimentos concentrados para Ganadería.
 - Lechería.

- Levante Terneros.
- Ovinos.
- Sales Mineralizadas.
- Alimentos concentrados para Ovinos
 - Cría.
 - Levante.
 - Engorde.
- Alimentos concentrados para Porcicultura
 - Iniciación.
 - Levante.
 - Engorde Corriente.
 - Engorde Finalizador.
 - Gestación.
 - Lactancia.
- Alimentos concentrados para Pollo de Engorde
 - Pre iniciación pollito.
 - Iniciación Pollito.
 - Engorde etapa Final.

1.8. PROCESO DE FABRICACION.

1.8.1. Descargue de materia prima

Los diferentes tipos de grano llegan en tracto mulas y camiones los cuales son descargados por medio de una pala conectada a un malacate para arrojar el grano hacia la tolva primaria, este proceso es artesanal y requiere de 3 operarios para realizar el trabajo. La figura 4 muestra la zona de descarga.

Figura 4 Descargue de materias primas



Fuente: los Autores

1.8.2. Almacenamiento

Posterior a la descarga del grano este ingresa en un transportador sin fin el cual se comunica con un elevador de cangilones que lo sube a una altura de 14 [m] y distribuirlo en 3 transportadores sin fin, los cuales se comunican cada uno con su respectivo silo de almacenamiento; paralelo a esto se encuentra los demás productos necesarios para el proceso tales como sales y aceites, las sales llegan en bultos y son almacenadas en una bodega exclusiva para esta materia prima, en cuanto a los aceites son almacenados en unos tanques herméticos ubicados en la parte exterior de la planta. La figura 5 muestra la zona de almacenamiento.

Figura 5 Silos de almacenamiento



Fuente: los Autores.

1.8.3. Pre-molienda

En esta parte la materia prima (granos) es molida por un molino horizontal en su primera etapa como parte fundamental del proceso, lo que beneficia reduciendo el tamaño del grano en cuanto al transporte y procesos subsiguientes. La figura 6 muestra la zona de premolienda.

Figura 6 Molino Horizontal (Metalteco)



Fuente los autores.

1.8.4. Basculado

El material debe ser previamente almacenado en unas tolvas ubicadas en la parte superior de la báscula, ya que el material debe ser pesado para la siguiente etapa no debe sobrepasar la cantidad de grano permitida. La figura 7 muestra la báscula.

Figura 7 Báscula



Fuente: los autores

1.8.5. Molienda

Es la parte más importante del proceso pues acá la materia prima alcanza el tamaño necesario para un producto de buena calidad, esta etapa es la que más se atiende por parte de los departamentos de mantenimiento, control de calidad y producción; de acuerdo al tipo de concentrado que se esté produciendo el tiempo del proceso aumenta o disminuye. La figura 8 muestra la zona de molienda.

Figura 8 Molino vertical



Fuente: los autores

1.8.6. Mezclado

Esta etapa involucra varios productos necesarios para la culminación del proceso de elaboración tales como sales y aceites para tener un producto homogéneo listo para el empaclado con las especificaciones necesarias según la clase y el tipo de producto que se esté fabricando. La figura 9 muestra la zona de mezclado.

Figura 9 Mezcladora



Fuente los autores.

1.8.7. Empacado

El producto es pesado previamente con la cantidad de 25 kilogramos que debe llevar cada saco y posteriormente empaclado según las especificaciones para cada tipo y clase, luego se realiza un proceso de sellado por costura para el empaque. La figura 10 muestra la zona de empaclado.

Figura 10 Empacadora



Fuente los Autores.

1.8.8. Acopio

Todos los bultos son llevados por bandas transportadoras a la bodega de producto terminado y es ordenado por operarios que son asignados para este trabajo. La figura 11 muestra la zona de acopio.

Figura 11 Bandas transportadoras



Fuente: los autores.

1.9. DEFINICION TECNICA DE LOS SUB-SISTEMAS DE LA PLANTA

1.9.1. Molienda

Es la operación tecnológica de transformar el grano en harina. Los granos libres de sustancias extrañas son triturados y reducidos a partículas de diferentes tamaños que se pueden separar entre sí por procedimientos mecánicos. No solo reduce el tamaño sino que selecciona los diferentes componentes pudiendo obtener productos muy diferentes. Se pueden distinguir distintos procedimientos:

Molienda baja

Molienda alta o gradual, operación en dos fases; el grano se transforma en harina y a continuación la separación del endospermo del salvado.

1.- Lavado del grano, limpieza, tamizado, centrifugado.

2.- Acondicionado del grano: en condiciones óptimas para que la molienda tenga máximo rendimiento. Consiste en ajustar la humedad: se calientan los granos a 80° durante 2 o 3 días y se deja en acondicionador para que estabilice su contenido en humedad.

3.- Trituración o rotura de los granos con el fin de conseguir una disociación de las distintas partes anatómicas.

4.- Tamización

5.- Purificación. Elimina todas las partículas que procedan de otras partes del grano de las células del endospermo.

Los subproductos de la molienda son las sémolas y semolinas.

1.9.2. Mezclado

El mezclado es una operación universal en la industria. Las operaciones de mezclado se usan con una gran variedad de propósitos. Entre ellos se encuentra la homogenización de materiales, la transferencia de calor, la dispersión de gases en líquidos, etc. Entre las industrias que emplean ampliamente el mezclado destacan aquellas que manejan materiales viscosos y de reología compleja. A pesar de que las operaciones de mezclado se usan rutinariamente en la industria, su manejo es prácticamente empírico, en parte debido a que casi ningún programa curricular de ingeniería aborda la tecnología de mezclado. Este aspecto es aprendido frecuentemente de los fabricantes de equipo y en ocasiones impide tener un panorama crítico y general del tema. Mejorar la eficiencia de las operaciones de mezclado en un proceso puede conducir a mejoras substanciales en la productividad y/o calidad del producto final. Es frecuente que las condiciones de una operación de mezclado puedan mejorarse sin grandes cambios al proceso y permitirle a una empresa, ahorrar o emplear sus recursos de manera más eficiente.

1.9.3. Empacado y pesaje

En las ensacadoras de BOCA ABIERTA se incluyen los diferentes sistemas de llenado de sacos, tales como por gravedad (el producto cae al vaso de pesaje, se pesa mediante sistema electrónico y se introduce en el saco). Por tornillo sin fin transportador (para llevar el producto al vaso de pesadas). Las ensacadoras para sacos de válvula presentan como sistemas de llenado: gravedad, turbina, tornillo, "sin fin" y fluidificación del producto.

En todos los casos el control de peso se realiza con sistema electrónico, por medio de células de carga y visor de control, pudiendo realizarse éste desde los ajustes de pesada.

1.11. UBICACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación se mencionaran las consideraciones en la organización del mantenimiento para CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

Es una empresa dedicada a la fabricación de alimento para animales en cada una de sus etapas de crecimiento.

1.11.1. NATURALEZA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE FABRICACION

A partir de la culminación de descargue de materia prima la planta de producción está totalmente automatizada y la fabricación se realiza por lotes de acuerdo a la fórmula para cada animal y su respectiva etapa de crecimiento.

1.11.2. CONTINUIDAD DE LAS OPERACIONES

La empresa tiene un horario laboral que inicia a las 7 A.M y culmina a las 4 P.M teniendo su respectivo tiempo para el almuerzo.

1.11.3. TIPO DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento de la empresa es descentralizado, porque el departamento de mantenimiento es el encargado de solucionar todos los inconvenientes que se presenten, para mantener una operación continua y optima de la planta.

La planta cuenta con un 70% de mantenimiento autónomo porque los encargados de este, están en la capacidad de hacer el cambio de piezas que generalmente cumplen su vida útil y hacer pequeñas reparaciones oportunas, en

cuanto a mantenimientos especializados de la maquinaria se contrata externamente los servicios.

CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. quiere que le sea implementado un mantenimiento más programado ya que en el momento los encargados de tener las maquinas a punto no tienen nada planeado y tienen que estar en la planta en horas no laborales lo cual a la empresa le acarrea gastos adicionales.

1.11.4. PERSONAL DE LA EMPRESA

Cuenta con personas capacitadas en las labores administrativas, producción, calidad, mantenimiento; para un óptimo funcionamiento de la empresa.

1.11.5. DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS

La clave y objetivo fundamental del mantenimiento es lograr una total disponibilidad de los equipos. La disponibilidad es el tiempo total en el cual la maquina este trabajando satisfactoriamente, más el tiempo que estando en receso, pueda trabajar sin ningún contratiempo durante un periodo.

La Disponibilidad diverge de la duración del tiempo en servicio por operaciones, y es una medida de qué tan frecuente el sistema está bien y listo para operar. Esta es frecuentemente expresada como $(\text{tiempo en servicio}) / (\text{tiempo en servicio} + \text{tiempo en parada})$ con muchas variantes.

Dada que la disponibilidad es el porcentaje de tiempo en que un equipo o instalación estuvo disponible para el desempeño de su función nominal: se trata del periodo en que este ha funcionado en su plenitud, sin considerar el tiempo destinado al mantenimiento o a la desactivación por cualquier motivo.

En toda empresa, del sector de producción tiene objetivos y metas que se procuran alcanzar.

Se suele justificar que no se han cumplido tales metas debido al tiempo en que determinado equipo se encontraba inactivo para su mantenimiento. A su vez, es

común que el sector de Mantenimiento argumente la rotura del equipo dado que la producción no ha facilitado la realización del mantenimiento preventivo.

De esa forma, es importante tener parámetros que indiquen la efectiva disponibilidad y productividad de los equipos, de manera que se pueda identificar las verdaderas causas de fracasos en cuanto al cumplimiento de las metas de producción.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

2.1. Objetivo General

Consolidar la relación Universidad-Empresa, contemplada en la misión de la Universidad Industrial de Santander, por medio de un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II). Para ser implementado en la solución de problemas que se presentan en el área de mantenimiento de la empresa CONCENTRADOS ESPARTACOS S.A y contribuyendo a la formación del estudiante.

2.2. Objetivos Específicos

El cumplimiento del objetivo general del trabajo de grado comprende:

- Realizar una auditoría y diagnóstico del estado actual del mantenimiento de la planta de producción de la empresa ESPARTACO S.A.
- Realizar un inventario y codificación de los equipos mecánicos activos con los que cuenta la planta de producción, y elaborar información detallada del proceso de mantenimiento que requiere cada uno, como hojas de vida, fichas técnicas, procedimientos de reparación, e información general.
- Desarrollar un análisis de modo de fallas y análisis de causa FEMECA (failure modes and effects analysis) a los equipos de la planta de

producción, y adjuntar como falla cada equipo, y cual es la causa de cada fallo, como puede evitarse cada fallo, que debe hacerse si no es posible evitar un fallo para los equipos críticos. Basados en la norma ISO 14224.

- Realizar un análisis de criticidad a los equipos bajo la metodología de factores ponderados que intervienen en el proceso de la planta de producción como la selectora de granos, los molinos, la mezcladora, y el empaclado de los productos de la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad a los equipos más críticos enfocado en el resultado del análisis de criticidad. Basado en la norma SAE J1011.
- Diseñar e implementar un programa de gestión de mantenimiento (CMMS) para la empresa (AD HOC), utilizando el lenguaje de programación JAVA con los siguientes módulos: RCM II orden de trabajos, alarmas, inventario de herramientas y gestión de inventario, e indicadores de gestión. Para el departamento de mantenimiento de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.
- Capacitar al personal e inducirlos a la aplicación del programa de mantenimiento implementado en la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

3. ANTECEDENTES GENERALES DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Para tener en cuenta las herramientas conceptuales y teóricas del mantenimiento para fundamentar de cómo se debe desarrollar un mantenimiento y cómo ha evolucionado a través de la historia, todo con el fin de aplicarlo a la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

3.1. DEFINICION DEL MANTENIMIENTO

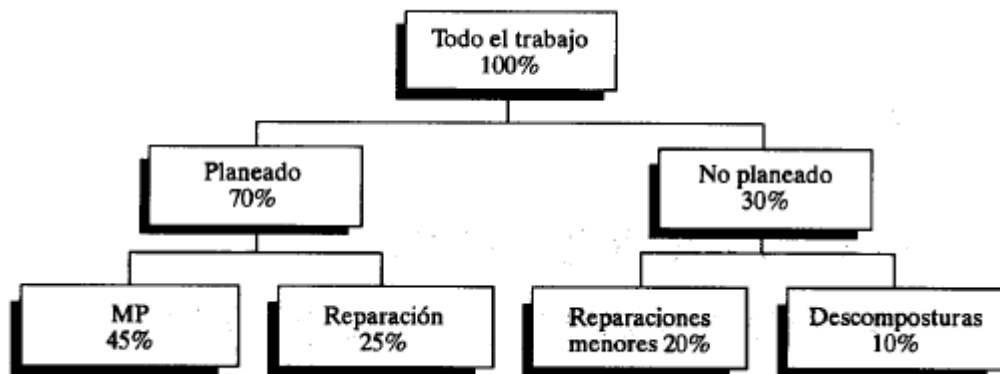
Si el mantenimiento se define como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo fijo continúe realizando las funciones para las que fueron creados, entonces el mantenimiento preventivo es una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de dichas funciones. Esto es diferente a un mantenimiento de reparación, el cual normalmente se considera como el reemplazo, renovación reparación general del o de los componentes de un equipo o sistema para que sea capaz de realizar la función para la que fue creado.

- Puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia.
- Puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias.
- Puede proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada.
- Puede reducir el costo global de la administración de los activos.

El mantenimiento de reparación puede dividirse en dos amplias categorías: reparación planeada y reparación no planeada. La reparación planeada implica, en primer lugar, que todos los recursos necesarios para realizar las tareas han sido planeados previamente y están disponibles, y en segundo lugar, que el trabajo se llevara a cabo de acuerdo con un programa establecido. La reparación no planeada puede tener disponibles un conjunto de instrucciones normales, puede tener a la mano los trabajadores y piezas necesarias. O puede estar

insertado en un programa de mantenimiento bajo una base *ad hoc*, pero no cumple con los criterios de planeación previa ni de programación previa. Si el mantenimiento preventivo se considera como trabajo “planeado”, la distribución por horas de mano de obra en una instalación industrial que funciona correctamente, se muestra en la siguiente figura.

Figura 13 Distribución del trabajo



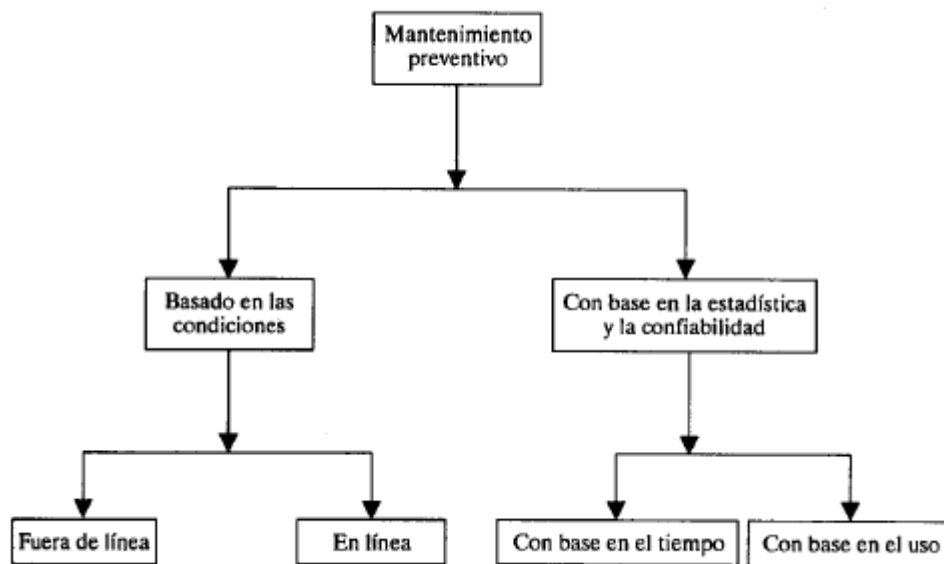
Fuente Duffua, Sistemas de Mantenimiento

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La disponibilidad del equipo puede definirse como la probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en el momento t .

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, que se conoce comúnmente como mantenimiento preventivo. Una de las principales características de un equipo bien diseñado es que puede repararse/mantenerse durante el tiempo especificado para ello. Esto se conoce como mantenibilidad o facilidad de mantenimiento y puede definirse como la probabilidad de ser reparado/mantenido durante un tiempo específico. El mantenimiento preventivo también es un medio para proporcionar retroalimentación a los diseñadores de equipo para mejorar su facilidad de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo puede estar basado en las condiciones o en datos históricos de fallas del equipo. La figura que veremos a continuación muestra una representación gráfica del mantenimiento preventivo. Consta de dos categorías; estas tienen una base estadística y de confiabilidad o se basan en las condiciones. La primera categoría se basa en datos obtenidos de los registros históricos del equipo. La segunda categoría se basa en el funcionamiento y las condiciones del equipo. La figura 14 muestra la distribución del mantenimiento preventivo.

Figura 14 Categorías del mantenimiento



Fuente: Duffua sistemas de mantenimiento

3.2. HISTORIA Y EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO

El término “mantenimiento” se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en U.S.A. En Francia se fue imponiendo progresivamente el término “entretenimiento”.

El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción (Entretenimiento) hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el costo global.

En cualquier caso podemos distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento:

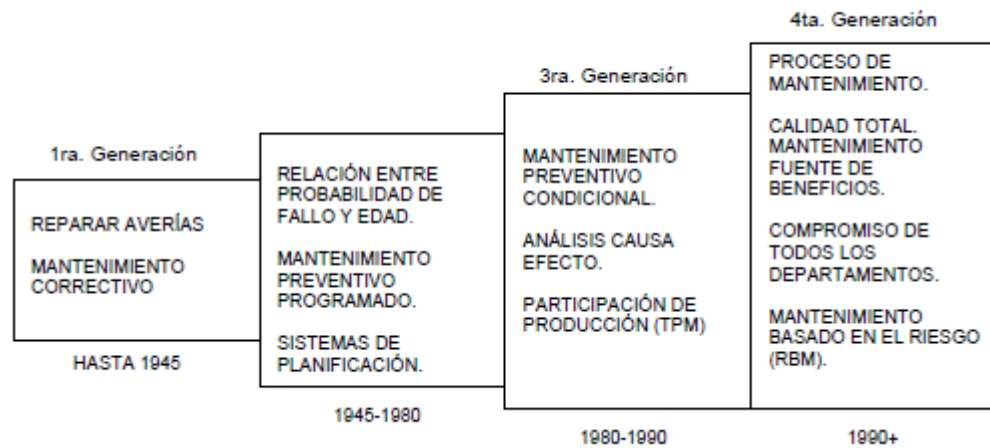
1ª Generación: La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la 2ª Guerra mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El mantenimiento se ocupa solo de arreglar las averías. Es el mantenimiento correctivo.

2ª Generación: entre la 2ª Guerra mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es el mantenimiento preventivo.

3ª Generación: Surge en los 80. Se empieza a realizar estudios CAUSA-EFECTO para averiguar el origen de los problemas. Es el mantenimiento predictivo o detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe la producción en las tareas de detección de fallos.

4ª Generación: Aparece en los primeros años de los 90. El mantenimiento contempla como una parte del concepto de calidad total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad el que se reduce los costos. Es el mantenimiento basado en el riesgo, se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifique el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una maquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo costo. La figura 15 muestra la evolución del mantenimiento.

Figura 15 Historia del mantenimiento



Fuente: Técnicas del mantenimiento industrial 2004

3.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento se basa principalmente en solucionar y prever las posibles averías que puedan ocasionarse en nuestros equipos, máquinas o instalaciones, con el fin de reducir los costes debidos a las intervenciones y paradas de máquina, de tal forma que aumente la calidad en nuestro proceso productivo. De forma más generalista es el conjunto de todas las acciones mínimas y necesarias para mantener y garantizar un funcionamiento óptimo de nuestros activos a un costo mínimo.

Podemos clasificar los diferentes tipos de mantenimiento como:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento proactivo

El mantenimiento tradicional ha adquirido mayor peso económico en las grandes y medianas empresas, adquiriendo mayor presencia en ámbitos financieros, de ingeniería, logística y producción. Un término que define bien este hecho es la “Terotecnología” que se basa en la unión de la gestión económica con la

tecnología, aplicada a los activos físicos logrando reducir los costos económicos de su ciclo de vida.

3.3.1. Mantenimiento correctivo

Consiste en reparar la avería una vez se ha producido. Por lo general, cuando se realiza este mantenimiento el proceso de fabricación está parado, por tanto la producción disminuye y los costos aumentan. Es muy impredecible conocer el tiempo de reparación así como el gasto que deriva de la avería ya que se presenta de forma imprevista originando trastornos en la línea.

Su ámbito de aplicación por tanto corresponde a activos con bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen gran problema temporal ni económico. Suele ser rentable en equipos puntuales donde otras técnicas de mantenimiento resultarían más costosas.

3.3.2. Mantenimiento Preventivo.

Este mantenimiento está planificado en el tiempo y su objetivo es evitar que se produzca la avería. A diferencia del anterior, no es necesario realizarlo en tiempo de producción y por tanto es planificado en tiempos libres de fábrica.

Lo que se pretende con este tipo de mantenimiento es reducir el número de intervenciones correctivas, realizando tareas de revisión periódicas y sustitución de componentes gastados.

Es un tipo de mantenimiento exigente, pues requiere de una disciplina estricta de supervisión y elaboración de un plan preventivo a cumplir por personal especializado. Además, al estar formado por tareas rutinarias, puede provocar falta de motivación en el personal encargado y, si no se realiza correctamente, llegar a suponer un sobre coste sin mejoras notables en productividad.

Por el contrario, el realizarlo correctamente supone el conocer perfectamente la máquina con la que se trabaja, lo que permite realizar estudios de fiabilidad óptimos y reducir las intervenciones correctivas a nuestros activos.

3.3.3. Mantenimiento Predictivo.

Al igual que el preventivo, este mantenimiento consiste en anteponerse a la avería. La diferencia es que se basa en la aplicación de herramientas o técnicas de detección de los diferentes elementos medibles de anticipación al fallo, como por ejemplo el desgaste. Su objetivo es realizar el mantenimiento justo en el momento preciso.

Para poder realizarlo es necesario disponer de tecnología basada en indicadores que sean capaces de medirnos las variables que marquen la intervención a la máquina, así como personal preparado en la interpretación de los datos.

A partir de los mantenimientos anteriores citados, surgió el concepto de Mantenimiento Productivo Total, originario en los años sesenta en Japón con el único fin de conseguir una producción Just in Time.

Esta técnica se basa en hacer partícipes a todos los integrantes de la empresa en labores de mantenimiento. Las responsabilidades no recaen exclusivamente en los técnicos de mantenimiento, sino que es responsabilidad de todos, por tanto se consigue un resultado final más participativo y enriquecido. Está ligado al proceso de mejora continua y calidad total, y recoge conceptos del Mantenimiento Basado en el Tiempo y en las Condiciones.

3.3.3.1. Análisis de vibraciones.

El interés de las Vibraciones Mecánicas llega al Mantenimiento Industrial de la mano del Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el interés de alerta que significa un elemento vibrante en una Máquina, y la necesaria prevención de las fallas que traen las vibraciones a medio plazo.

El interés principal para el mantenimiento deberá ser la identificación de las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas en el elemento o máquina, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

3.3.3.2. Análisis de lubricantes

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

Análisis Iniciales: se realizan a productos de aquellos equipos que presenten dudas provenientes de los resultados del Estudio de Lubricación y permiten correcciones en la selección del producto, motivadas a cambios en condiciones de operación

Análisis Rutinarios: aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo, siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros

Análisis de Emergencia: se efectúan para detectar cualquier anomalía en el equipo o Lubricante, según:

- Contaminación con agua
- Sólidos (filtros y sellos defectuosos).
- Uso de un producto inadecuado
- Equipos
- Bombas de extracción
- Envases para muestras
- Etiquetas de identificación
- Formatos

3.3.3.3. Análisis por ultrasonido.

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El Ultrasonido permite:

4. Detección de fricción en máquinas rotativas.
5. Detección de fallas y/o fugas en válvulas.
6. Detección de fugas de fluidos.
7. Pérdidas de vacío.
8. Detección de "arco eléctrico".
9. Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Se denomina Ultrasonido Pasivo a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 KHz Frecuencia con características muy aprovechables en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 KHz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.

La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficientemente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 RPM.

3.3.3.4. Termografía

Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda. Esto nos permite medir la energía radiante emitida por objetos y, por consiguiente, determinar la temperatura de la superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones demográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante Termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

3.3.3.5 Análisis por árbol de fallas

El Análisis por Árboles de Fallos, es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular y proporciona un método para determinar las causas

que han producido dicho accidente. Nació en la década de los años 60 para la verificación de la fiabilidad de diseño del cohete Minuteman y ha sido ampliamente utilizado en el campo nuclear y químico. El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es suficiente para desembocar en un suceso accidental.

La técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Álgebra de Boole, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo (por ejemplo rotura de un depósito de almacenamiento de amoníaco) en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, ligados normalmente a fallos de componentes, errores humanos, errores operativos, etc. Este proceso se realiza enlazando dichos tipos de sucesos mediante lo que se denomina puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol.

➤ Análisis Fmeca

Otra útil técnica para la eliminación de las características de diseño deficientes es el análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA); o análisis de modos de fallos y efectos críticos (FMECA)

La intención es identificar las áreas o ensambles que es más probable que den lugar a fallos del conjunto.

El FMEA define la función como la tarea que realiza un componente, por ejemplo, la función de una válvula es abrir y cerrar, y los modos de fallo son las formas en las que el componente puede fallar. La válvula fallará en la apertura si se rompe

su resorte, pero también puede tropezar en su guía o mantenerse en posición de abierta por la leva debido a una rotura en la correa de árbol de levas.

La técnica consiste en evaluar tres aspectos del sistema y su operación:

- Condiciones anticipadas de operación, y el fallo más probable.
- Efecto de fallo en el rendimiento.
- Severidad del fallo en el mecanismo.

La probabilidad de fallos se evalúa generalmente en una escala de 1 a 10, con la criticidad aumentando con el valor del número.

Esta técnica es útil para evaluar soluciones alternativas a un problema pero no es fácil de usar con precisión en nuevos diseños.

El FMEA es útil para evaluar si hay en un ensamble un número innecesario de componentes puesto que la interacción de un ensamble con otro multiplicará los efectos de un fallo. Es igualmente útil para analizar el producto y el equipo que se utiliza para producirlo.

El FMEA, ayuda en la identificación de los modos de fallo que es probable que causen problemas de uso del producto. Ayuda también a eliminar debilidades o complicaciones excesivas del diseño, y a identificar los componentes que pueden fallar con mayor probabilidad. Su empleo no debe confinarse al producto que se desarrolla por el grupo de trabajo. Puede también usarse eficazmente para evaluar las causas de parada en las máquinas de producción antes de completar el diseño.

3.3.4 Mantenimiento proactivo

El Mantenimiento Proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de

que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio. En sistemas mecánicos operados bajo la protección de lubricantes líquidos, controlar cinco causas de falla plenamente reconocidas, puede llevar a la prolongación de la vida de los componentes en muchas ocasiones hasta de 10 veces con respecto a las condiciones de operación actuales. Estas cinco causas críticas a controlar son:

- Partículas
- Agua
- Temperatura
- Aire

Combustible o compuestos químicos; cualquier desviación de los parámetros de las causas de falla anteriores, dará como resultado deterioro del material del componente, seguido de una baja en el desempeño del equipo y finalizando con la pérdida total de los componentes o la funcionalidad del equipo.

Las condiciones de uso de los equipos que conducen a fallas (condicional de falla), producen deterioro material (falla incipiente), que es la causa directa de la pérdida en el desempeño del equipo (falla operacional) y que finalmente resulta en la falta de funcionalidad del equipo (falla catastrófica). Para poder detectar y corregir las causas de falla, debemos establecer métodos de control y seguimiento que nos permitan identificar su nivel y comportamiento. En la diaria actividad del mantenimiento, es común encontrarnos con condiciones de "convivencia" con los problemas en vez de utilizar una técnica real de detección y solución de las causas de falla.

El Mantenimiento Proactivo, establece una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros considerados como causa de falla, para tomar acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas que le permitan desempeñarse adecuadamente por

más tiempo. El análisis de aceites tradicionalmente se le conoce como una técnica del Mantenimiento Predictivo, ya que nos permite predecir la falla de un componente, sin embargo, nos preguntamos ¿Por qué esperar a que la pieza falle o nos aparezca desgaste para tomar una acción que le permita extender su vida de servicio? Al analizar los resultados de desgaste de metales - comúnmente reportados en ppm. (Partes por millón), sólo tomamos una acción cuando los resultados exceden los límites de advertencia o críticos establecidos. La cantidad de ppm de hierro que aparece en el reporte de laboratorio, nunca regresará al componente, es decir, la vida del componente ha sido acortada.

3.4 VENTAJAS, DESVENTAJAS Y APLICACIONES DE CADA TIPO DE MANTENIMIENTO.

3.4.1 Mantenimiento correctivo.

VENTAJAS:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal del mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de reparaciones.

DESVENTAJAS:

- Es muy probable que se originen algunas fallas al momento de la ejecución, lo que ocasiona que este sea más tardado.
- El precio puede ser muy costoso, lo cual podría afectar a la hora de comprar los repuestos de recursos en el momento que se necesiten.

APLICACIONES:

- Cuando el costo total de las paradas ocasionadas sea menor que el costo total de las acciones preventivas.
- Esto solo se da en sistemas secundarios cuya avería no afecta de forma importante la producción.
- Estadísticamente resulta ser el aplicado en mayor proporción en la mayoría de las industrias.
- No podemos asegurar el tiempo que tardara en repararse dichas fallas.

3.4.2 Mantenimiento preventivo

VENTAJAS:

- Bajo costo en relación con el mantenimiento predictivo
- Reducción importante del riesgo por fallas o fugas.
- Reduce la probabilidad de paros imprevistos.
- Permite llevar un mejor control y planeación sobre el propio mantenimiento a ser aplicado en los equipos.

DESVENTAJAS:

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

- Se requiere tanto de experiencia del personal de mantenimiento como de las recomendaciones del fabricante para hacer el programa de mantenimiento a los equipos.
- No permite determinar con exactitud el desgaste o depreciación de las piezas de los equipos.

APLICACIONES:

- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro.
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

3.4.3 Mantenimiento predictivo

VENTAJAS:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

DESVENTAJAS:

- La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.
- Se debe tener un personal 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.

APLICACIONES:

- Generación eléctrica. Grandes turbinas, las cuales son vulnerables de averías mecánicas severas que pueden ocasionar su autodestrucción.
- Petroquímico. Resaltamos los mecanismos de trasvase de fluidos, los cuales ponen en cuestión el total de la instalación.
- Cemento. Motores y reductores son partes fundamentales de la cadena de transmisión de potencia. La vigilancia sobre ellos es fundamental a fin de evitar la parada de la producción.
- Papel. Sus prensas condicionan la calidad del papel. El análisis de las vibraciones da información de rodamientos, cilindros, lubricación, accionamientos.
- Laminación de metales, industria del automóvil, alimentarias, farmacéuticas, son campos habituales de aplicación.

3.5 HISTORIA DEL RCM

La industria de la aviación fue la pionera en desarrollar el mantenimiento centrado en confiabilidad, al darse cuenta que se debía poner tanto esfuerzo en asegurar que el personal de mantenimiento este haciendo el trabajo en forma correcta, como en garantizar que se está haciendo el trabajo correcto.

El objetivo principal que busca el mantenimiento centrado en confiabilidad es que los esfuerzos del mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función de los equipos más que los equipos mismos, las condiciones de los quipos deben garantizar la funcionalidad del mismo. También se debe conocer con gran detalle las funciones que le interrumpen o dificultan su funcionalidad.

Los diseñadores de aviones comenzaron a desarrollar piezas para disminuir las consecuencias de las fallas – esto significa que aprendieron a diseñar aviones “tolerables a las fallas”, El trabajo de la F.A.A. (Agencia de aviación federal) estableció el programa de confiabilidad descrito de la siguiente manera:

“el desarrollo de este programa tiene por objetivo el control de la confiabilidad a través de un análisis de factores que la afectan, y proveer un sistema de acciones para mejorar los niveles bajos de confiabilidad cuando existan. En el pasado, se puso muchísimo énfasis en el control de los periodos de reacondicionamiento para proveer un nivel de confiabilidad satisfactorio. Luego de cuidadosos estudios el comité está convencido que la confiabilidad y los controles de reacondicionamiento no son temas directamente relacionados”

El siguiente paso fue un intento por organizar lo que había aprendido de los numerosos programas de confiabilidad y desarrollar un método de aplicación lógica y general al diseño de programas de mantenimiento preventivos.

El borrador fue realizado por un grupo de mantenimiento formado para seguir el curso del programa inicial para el nuevo Boeing 747. Este documento conocido como MSG-1, fue utilizado por grupos especiales de industrias. El programa del mantenimiento del Boeing fue un éxito.

El objetivo de la técnica subrayada en MSG-1 Y MSG-2 era desarrollar un programa de mantenimiento que asegurara a máxima seguridad y confiabilidad de que fuera capaz el equipo, y también que las provea al costo más bajo posible, un mejor entendimiento del proceso de falla en los equipos complejos ha mejorado la confiabilidad haciendo posible dirigir las tareas preventivas a la evidencia específica de fallas potenciales.

3.5.1 La evolución de RCM

El autor y sus colaboradores comenzaron trabajando con la aplicación de RCM en los sectores mineros y de manufactura a principios de 1980. Ellos utilizaron una versión con una modificación mínima del diagrama del Nowlan and Heap entre 1983 y 1990. Durante este periodo, el medioambiente se volvió todo un

tema. En los primeros días, los facilitadores tenían la orden de tratar los riesgos medioambientales con la misma seriedad que los riesgos de seguridad. Sin embargo en la práctica esto significaba que muchos problemas medioambientales que no representaban una amenaza directa a la seguridad eran pasados por alto. El medioambiente puede ser un tema altamente contencioso que no se permite una evaluación subjetiva como lo hace la seguridad.

Como resultado, en 1988 el autor comenzó a trabajar con un número de organizaciones multinacionales para desarrollar un enfoque más preciso hacia las fallas que amenazaban el medioambiente.

Esto termino en el agregado de la pregunta E del diagrama de decisión en 1990. El uso de normas y reglamentos como base para esta decisión quito el elemento de subjetividad. Sin embargo, al tema se le dio la misma importancia acorde a la prioridad de la seguridad, en reconocimiento a la prioridad cada vez mayor que la sociedad pone en el medioambiente. La suma de esta pregunta sola cambio el diagrama de decisión lo suficiente para garantizar el cambio de su nombre a RCM2.

3.5.2 Definiciones básicas de RCM

Antes de formular la teoría y fundamentos básicos del proceso RCM es conveniente dar algunas definiciones que resultan claves para comprender los conceptos dados posteriormente.

Según John Moubray, Mantenimiento es la capacidad de asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan y Mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan en su contexto operacional. Otra definición para RCM según SAE, es un proceso específico usado para

identificar políticas, las cuales tiene que ser implementadas para manejar modos de fallos los cuales pueden causar pérdida de la función de cualquier activo físico en el contexto operacional dado. Otras definiciones son la disponibilidad, que es la probabilidad de que el equipo opere satisfactoriamente en el momento que sea requerido bajo condiciones estables de funcionamiento, y confiabilidad, que es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales fue diseñado, durante un periodo de tiempo específico y bajo condiciones de operaciones dadas.

3.5.3 Otros cambios incorporados a RCM 2

Cuando se lanzó RCM 2 en septiembre de 1990, se incorporaron un número de otros cambios en el proceso de decisión que había estado bajo desarrollo por varios años. Estos fueron los siguientes:

- * Los términos “técnicamente viable” y “Conveniente y beneficioso” fueron substituidos por “Aplicable” y “efectivo”.
- * El pequeño pero significativo número de casos donde la búsqueda de fallas era imposible o impráctica llevo al agregado de un criterio de selección formal para esta tarea. También llevo a la suma del proceso de decisión secundario para las funciones ocultas.
- * El término “restauración Programada” se sustituyó por “reconstrucción programada” porque “reconstrucción” tiene un sentido diferente en las fábricas. Esto frecuentemente causaba confusión.
- * Las preguntas en el diagrama de decisión revisado fueron recodificadas.

Con la posible excepción de la pregunta referida a las consecuencias medioambientales, ninguno de estos cambios representa una separación de la filosofía remarcada en el diagrama de decisión de Nowlan and Heap.

El efecto neto de estos cambios fue llevar a cabo una técnica que ya sea extraordinariamente robusta a nivel teórico aún más fuerte, y hacerla más fácil y rápida de aplicar.

3.5.4 Cuando se aplicó RCM

RCM se aplicó en más de 1000 plantas en 41 países. Los proyectos van desde capacitación in-Company (dentro de la empresa), para gerentes de operaciones y mantenimiento, hasta la aplicación completa de RCM a todos los niveles y equipos de la planta. Los sectores en los que se llevaron a cabo los proyectos alcanzan casi todos los campos del esfuerzo humano.

Estos incluyen minas, fabricas, petroquímicas, Servicios (electricidad, gas y agua), transporte masivo (especialmente trenes) construcciones y servicio a constructoras y plantas militares (fuerzas aéreas, armada y marina).

3.5.5 Otras versiones de RCM y de la norma SAE J1011

El resto de este capítulo provee un resumen de la evolución de RCM en general. Los párrafos en cursiva fueron extraídos directamente de un artículo titulado “La nueva Norma RCM de SAE” por Netherton.

En 1980, [la Asociación Americana de Transporte Aéreo] produjo MSG-3, Documento para el Desarrollo de Programa de Mantenimiento para Aerolínea/Fabricante. MSG-3 estaba influenciado por el libro de 1978 de Nowlan and Heap, pero se intento sea una continuación de la tradición empezada por los primeros documentos de MSG. Este es el documento que hoy guía el desarrollo de los programas iniciales de mantenimiento programado de los nuevos aviones comerciales de los Estados Unidos.

En un trabajo separado pero paralelo, a principios de 1980, el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI), un grupo de investigación para los servicios de energía eléctrica de USA, llevo a cabo dos aplicaciones piloto de RCM en la industria de energía eléctrica. Su interés surgió de una creencia de que esta industria estaba alcanzando niveles adecuados de seguridad y confiabilidad, pero que estaban manteniendo en exceso sus equipos. Como resultado, su principal objetivo era simplemente reducir los costos de mantenimiento, más que mejorar la confiabilidad, y modificaron el proceso de RCM de acuerdo a eso.(Tanto, en realidad, que tiene poco que ver con el proceso de RCM original descrito por Nowlan y Heap; debería ser descrito más correctamente como Optimización Planeada de Mantenimiento PMO, más que RCM). Este proceso modificado, fue adoptado en una base amplia industrial por la industria de energía nuclear Americana en 1987, y muchas variaciones de este enfoque fueron adoptadas por otras utilidades nucleares, otras ramas de la generación y distribución de electricidad, y parte de la industria petrolífera.

3.5.6 La necesidad de una norma: Década del 90

Desde comienzos de los 90, muchas más organizaciones desarrollaron variaciones del proceso de RCM, Algunas, como el Comando Aéreo Naval de Estados Unidos con sus “Guía para el Proceso de Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (NAVAIR 00-25-403)” y la Marina Real Británica con sus Normas de Ingeniería Naval orientadas a RCM (NES45), permanecieron fieles al proceso expuesto originalmente por Nowlan and Heap. Sin embargo, a medida que comenzó a rodar el vagón de RCM, emergieron un montón de nuevos procedimientos llamados “RCM”, pero que se parecen en poco y nada al proceso original, investigado meticulosamente, estructurado, y totalmente comprobado. Como resultado, si una organización decía que necesitaba ayuda en usar o aprender a usar RCM, no podía saber con certeza que proceso le estaban ofreciendo.

La Marina de USA no tenía respuesta para ese argumento, porque en 1994 William Perry, el Secretario de Defensa de EE.UU., estableció una nueva política sobre normas y especificaciones militares, que decía que la milicia norteamericana no solicitaría nunca más a los proveedores industriales utilizar los procesos estándares o específicos del cuerpo militar. En lugar de esto, se establecerían requisitos de desempeño, y permitiría a los proveedores utilizar cualquier proceso que provean equipos que cumplan con esos requisitos.

Este desarrollo coincidió con el repentino interés del mundo industrial en RCM. Durante los 90, revistas y conferencias devotas al mantenimiento de equipos se multiplicaron, y los artículos de revistas y escritos de conferencias sobre RCM se volvieron cada vez más numerosos. Esto mostró que procesos muy diferentes están siendo dados por el mismo nombre, "RCM". De modo que tanto la milicia Americana como la Industria Comercial vieron la necesidad de definir que es un proceso de RCM.

La norma ahora aprobada por la SAE no presenta un programa Standard (RCM). Su título es "Criterio de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (SAE J1011)". Esta norma presenta un criterio contra el cual se puede comparar un proceso. Si el proceso cumple con ese criterio, puede ser considerado un "Proceso de RCM" con confianza. (Esto no significa necesariamente que los procesos que no cumplen con la norma SAE RCM no sean procesos válidos para la formulación de estrategias de mantenimiento. Simplemente significa que no se debería aplicar el término "RCM").

3.6 METODOLOGIA DE DESARROLLO DE RCM

La implementación de un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II, pretende mejorar la estructura del mantenimiento en la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. haciendo posible la planeación y ejecución de todo lo concerniente con el mantenimiento de la maquinaria, para

así prevenir cualquier imprevisto no planeado que nos afecten el correcto funcionamiento de la planta y por ende en la producción.

EL RCM o mantenimiento centrado en la confiabilidad es una herramienta sistemática por medio de documentación que se puede utilizar en cualquier industria que tenga la necesidad de realizar un plan de mantenimiento más eficiente, operando al revisar cada sistema y su posible falla funcional. Los efectos de cada falla son clasificados de acuerdo con el impacto en la seguridad, la operación y el costo.

El objetivo que busca el RCM es que los esfuerzos deben ser dirigidos hacia el mantenimiento de mantener la función de los equipos más que los equipos mismos, es decir no es necesario tener equipos nuevos, si no en condiciones que garanticen la funcionalidad de los sistemas. Igualmente implica que se debe conocer con detalle las funciones que la interrumpen o dificultan.

La metodología consiste en un árbol de decisiones. Donde su éxito ha sido comprobado por la experiencia de las industrias que la aplicaron en sus procesos, teniendo información referente a las fallas y periodos de ocurrencias registradas. La división de sistemas y subsistemas es amplia teniendo en cuenta los criterios definidos por el grupo que elabora el RCM. Lo mismo ocurre con la profundidad de análisis para cada modo de falla / causa de falla, limitando únicamente pero el grado de detalle que oriento el análisis.

“Mantenimiento Centrado en la garantía de funcionamiento: un proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe funcionando como sus usuarios lo desean en el presente contexto operativo.”

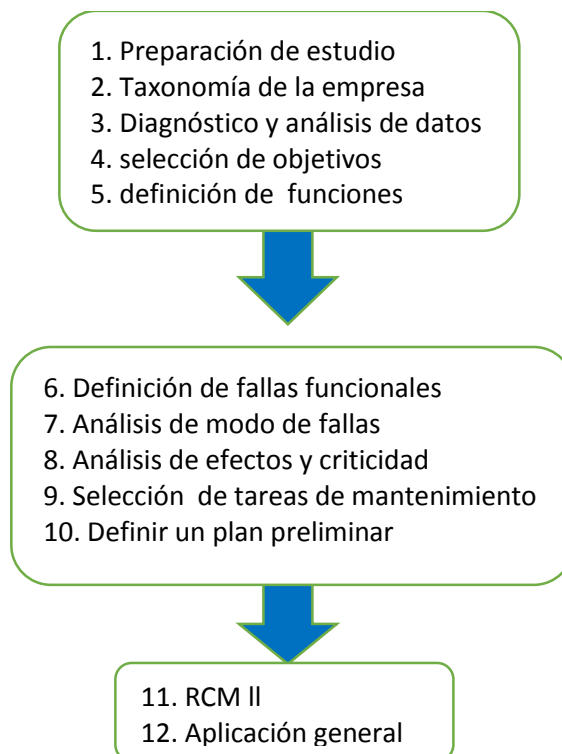
El proceso RCM incita a responder las siete preguntas sobre el bien o sistema bajo revisión.

3.6.1 Siete preguntas básicas del RCM

1. ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
2. ¿En qué aspecto no corresponde al cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Que ocasiona cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando se produce cada falla en particular?
5. ¿De qué modo afecta cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra el plan de acción apropiado?

3.6.2 Procedimiento para un proyecto RCM

Figura 16 Diagrama RCM



Fuente: Autores

3.6.3 Funciones y niveles de desempeño

Antes de que sea posible aplicar un proceso, es necesario realizar dos pasos

- Determinar cuál es la función que los usuarios quieren que cumpla.
- Asegurar que el bien es capaz de comenzar con lo que los usuarios esperan.

El primer paso del RCM es definir las funciones de cada bien en su contexto operativo, como así también los estándares de desempeño deseados. Y pueden dividirse en dos categorías.

- ❖ **FUNCIONES PRIMARIAS:** Cubren temas tales como velocidad, rendimiento, capacidad de transporte o almacenamiento, calidad del producto y servicio al cliente.
- ❖ **FUNCIONES SECUNDARIAS:** Los usuarios también tienen expectativas en áreas como de seguridad, control, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia de operación, cumplimiento con las normas medioambientales, y hasta la estética o apariencia del bien.

3.6.4 Fallas funcionales

El único suceso que puede hacer que un bien deje de funcionar al nivel requerido es algún tipo de falla. El departamento de mantenimiento alcanza sus objetivos, al adoptar un acercamiento al manejo de las fallas. Sin embargo antes de aplicar la conjunción de herramientas apropiadas, necesitamos identificar el tipo de fallas que pueden presentarse.

El proceso de RCM se realiza en dos niveles:

- Primero, identificando en qué circunstancias llevaron a un estado fallido.
- Investigando que situaciones son las causantes de que un bien caiga en ese estado de falla.

Los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, cuando un bien es incapaz de cumplir una función a un nivel de desempeño que sea aceptable por el usuario.

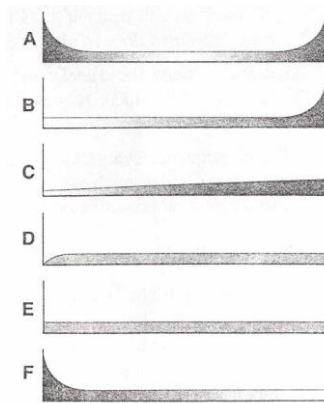
3.6.5 Modo de falla

Se puede definir los modos de falla como cualquier evento que causa una falla funcional. Al describir cada modo de falla se debe considerar como mínimo un sustantivo y un verbo, tratando de ser lo suficientemente detallados para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada. Las principales categorías de modo de falla son:

- Capacidad decreciente: es cuando un activo físico decae por debajo del funcionamiento deseado una vez puesto en servicio. Sus principales causas son el deterioro, la falta de lubricación, polvo o suciedad, desarme y los errores humanos.
- Aumento del funcionamiento deseado: es cuando el funcionamiento deseado aumenta hasta que el activo físico no puede responder. El aumento del esfuerzo causa que se acelere el deterioro hasta que deja de ser confiable y ya no es útil. Sus principales causas son la sobrecarga deliberada o intencional, de forma constante o repentina, o usar materias primas o materiales de empaques inadecuados.
- Insuficiente capacidad inicial: es cuando el funcionamiento deseado está fuera de la capacidad inicial desde un comienzo.

Para poder saber cómo se comportan las fallas existentes diferentes patrones de falla típicos para los diferentes equipos y componentes. Las gráficas de patrones de falla se dividen en seis tipos básicos, en donde se ilustra la probabilidad de falla contra el tiempo de vida de la máquina.

Figura 17 Patrones de falla



Fuente: Monbray, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad 2004

- Tipo A: se conoce como curva de la bañera, comienza con una probabilidad de falla alta llamada mortalidad infantil seguida de la probabilidad de falla constante o que aumenta gradualmente, y al final termina con una probabilidad de falla alta que se conoce como la región de desgaste.
- Tipo B: comienza con una probabilidad de falla constante o que aumenta, seguido de una región marcada de desgaste. Un límite de edad puede ser conveniente. Esta falla es típica de los motores alternativos.
- Tipo C: la probabilidad de falla aumenta gradualmente, pero no tiene edad de desgaste identificable. La teoría de límite del equipo por lo general no es aplicable. Esta falla es típica de las turbinas.
- Tipo D: comienza con una baja probabilidad de falla cuando el artículo es nuevo, seguida por un aumento rápido hasta un nivel relativamente constante.
- Tipo E: es de probabilidad de falla relativamente constante en todas las edades.
- Tipo F: comienza con una probabilidad de falla alta o mortalidad infantil, luego decrece hasta un valor relativamente constante o aumenta lentamente. Esta falla es típica en los equipos electrónicos.

Los patrones de A y B son típicos de componentes o elementos simples, tales, como neumáticos, pastillas de frenos y miembros estructurales. La mayoría de

los elementos complejos tiene a tener un comportamiento como el de los patrones C, D, E, Y F. la diferencia básica entre los patrones de fracaso de los elementos complejos y simples con frecuencia demuestran una relación directa entre la confiabilidad y edad. Esto es particularmente cierto para factores tales como la fatiga o desgaste mecánico. En estos casos un límite de edad que dependa del tiempo de funcionamiento puede ser eficaz para mejorar la confiabilidad global del equipo.

Al recopilar los modos de fallas para cada falla funcional es necesario revisar tanto aquellos que podrían ocurrir, como los que han ocurrido, de donde podemos utilizar como fuente de información al fabricante o proveedor del equipo, listas genéricas de modos de fallas, otros usuarios de la misma máquina, registros de antecedentes técnicos y errores humanos entre otros.

3.6.6 Efectos de fallas

Implica enlistar los efectos de las fallas, que describen lo que sucede cuando se presentan cada modo de falla.

- Evidencias, (si las hubiera), de que la falla ocurrió
- En qué manera, (si las hubiera), representa una amenaza para la seguridad del medio ambiente.
- De qué modo, (si los hubiera), afecta la producción u operaciones.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

“El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modos y efectos de las fallas trae aparejadas oportunidades sorprendentes de mejorar el desempeño y seguridad, y de eliminar lo innecesario.”

3.6.7 Consecuencias de las fallas.

Cada una de estas fallas afectan a la organización en alguna escala, pero en cada caso los efectos son diferentes. Todas implican gasto de tiempo y dinero para repararlas.

Son esas consecuencias las que ejercen la mayor influencia para que tratemos de prevenir cada falla. Si una falla trae consecuencias serias, tendremos a hacer todo lo posible para tratar de evitarla.

Uno de los puntos fuertes de RCM clasifica estas consecuencias en los siguientes cuatro grupos:

- ❖ **CONSECUENCIAS DE FALTAS OCULTAS:** las faltas ocultas no usas un impacto directo, pero son consecuencias serias y frecuentemente catastróficas.
- ❖ **CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES Y DE SEGURIDAD:** si la falla potencial mente puede dañar o causar la muerte es de seguridad, y si tiene consecuencias medio ambientales.
- ❖ **CONSECUENCIAS OPERATIVAS:** cuando se afecta la producción
- ❖ **CONCECUENCIAS NO OPERATIVAS:** no afectan la seguridad ni operación ósea que solo implican el costo de reparación.

3.6.8 Otras acciones de mantenimiento o acciones a falla de

Cuando no es posible hallar para un modo de falla una tarea que sea técnicamente factible y que merezca la pena ser realizada se usa estas acciones:

- **Tareas de búsqueda de falla:** son aquellas para diseñadas para verificar si algo todavía funciona o no y solo se aplican a fallas ocultas o no reveladas. La mejor manera de realizar esta tarea es simular las condiciones en las que el equipo debería responder.
- **Mantenimiento correctivo o ningún mantenimiento programado:** es válido cuando no se puede encontrar una tarea cíclica para una función oculta y la falla oculta no tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente.
- **Rediseño:** en el caso de las fallas que tienen consecuencia para la seguridad y medio ambiente, sin poder encontrar ninguna otra tarea que

sea factible aplicarla, la acción de rediseño es obligatoria, para los otros casos debe justificarse el rediseño del componente.

- Recorridas de inspección: sirven para determinar daños accidentales o para determinar problemas debidos por negligencia como materiales peligrosos, objetos extraños abandonados, derrames y otros conceptos relacionados con la limpieza y conservación del lugar del trabajo.

3.6.9 Diagrama de decisión RCM

Para poder llegar a establecer cuál es la técnica de mantenimiento más adecuada para poder prevenir o predecir las fallas, es necesario realizar una metodología de decisiones de mantenimiento llamada Diagrama de Decisión RCM, en el cual se determina cual técnica es técnicamente factible en el contexto operacional dado para el activo. Todo esto es analizado ampliamente tomando como punto de referencia las consecuencias de las fallas en la empresa. En la primera parte del diagrama se analizan si el modo de falla es evidente u oculto y se elige cual es la mejor tarea para tratar fallas de funciones ocultas. En la segunda parte se analizan las fallas con consecuencias para la seguridad y medio ambiente y las dos últimas partes analizan las fallas con consecuencias operacionales y no operacionales.

Figura 18 Diagrama de decisiones RCM: Fallas ocultas

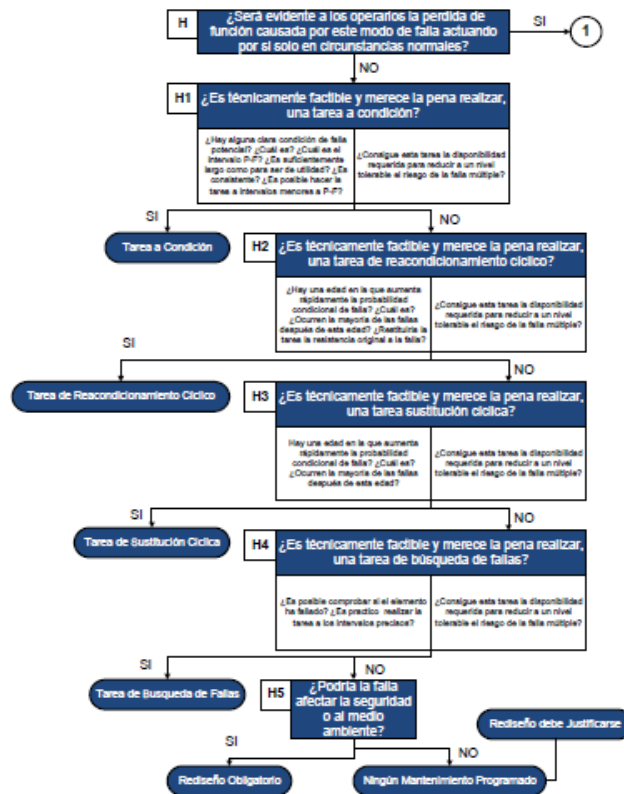


Figura 19 Diagrama de decisiones RCM: Consecuencias de seguridad y medio ambiente

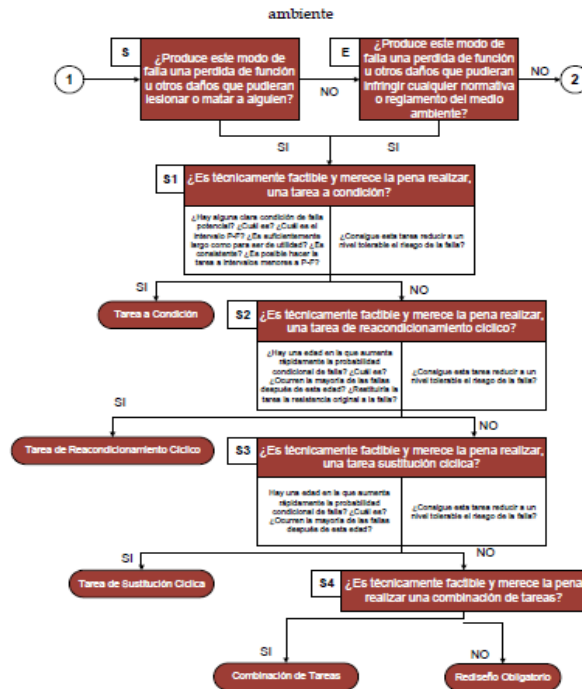


Figura 20 Diagrama de decisiones RCM: Consecuencias operacionales

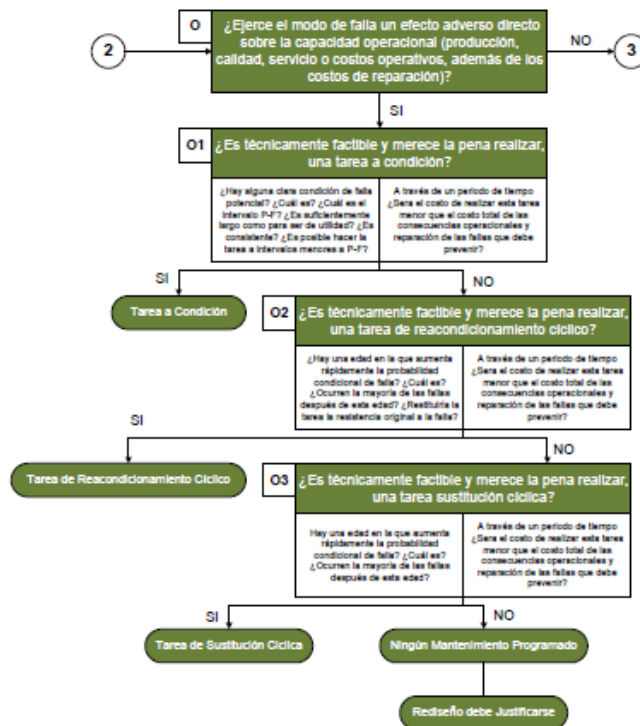
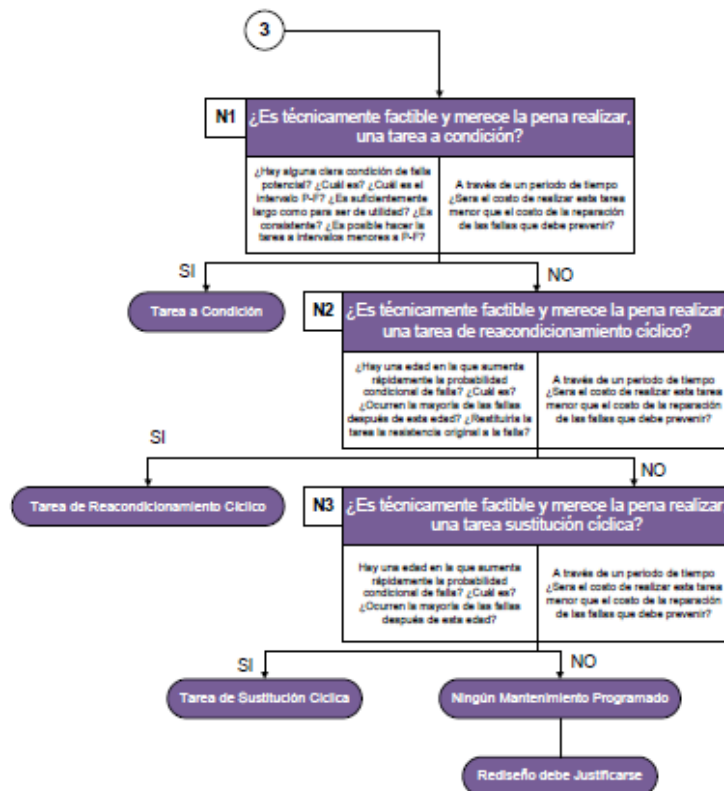


Figura 21 Diagrama de decisiones RCM: Consecuencias no operacionales



4. DIAGNOSTICO DEL AREA DE MANTENIMIENTO

En cuanto a la situación del mantenimiento en la planta y su diagnóstico tomaremos en cuenta varios aspectos los cuales se analizan a continuación.

4.1 MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA DE PRODUCCION

Dependiendo de la carga de mantenimiento, el tamaño de la planta, las destrezas de los trabajadores, etc., el mantenimiento se puede organizar por departamentos, por área o en forma centralizada. Cada tipo de organización tiene sus pros y sus contras. En las organizaciones grandes, la descentralización de la función de mantenimiento puede producir un tiempo de respuesta más rápido y lograr que los trabajadores se familiaricen más con los problemas de una sección particular de la planta. Sin embargo, la creación de un número de pequeñas unidades tiende a reducir la flexibilidad del sistema de mantenimiento como un todo. La gama de habilidades disponibles se reduce y la utilización de la mano de obra es generalmente menor que en una unidad de mantenimiento centralizada.

El sistema de mantenimiento se pone en movimiento por la demanda de trabajos de mantenimiento. En la carga de trabajo de este tipo, influye sobre todo la filosofía del mantenimiento. La administración y el control del trabajo de mantenimiento son esenciales para lograr los planes establecidos.

4.2 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

4.2.1 Posición y objetivos de la empresa respecto al mantenimiento.

CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. viendo la necesidad de seguir mejorando sus productos en el sector pecuario se ve en la necesidad de implementar un

programa de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II, así con esto lograr mayor competitividad y aceptación por sus clientes, esta será una herramienta que garantizara un aumento en el rendimiento y disponibilidad de sus equipos, por consiguiente genera mayor rentabilidad en su área productiva.

4.2.2 Interrelación con otras áreas.

El mantenimiento es un proceso que debe llevar apoyo por diferentes áreas de la empresa para que se realice de manera oportuna y eficaz; es necesidad de los encargados del mantenimiento crear vínculos con el personal de otras áreas ya que en la mayoría de los casos necesitamos de su ayuda y conocimientos.

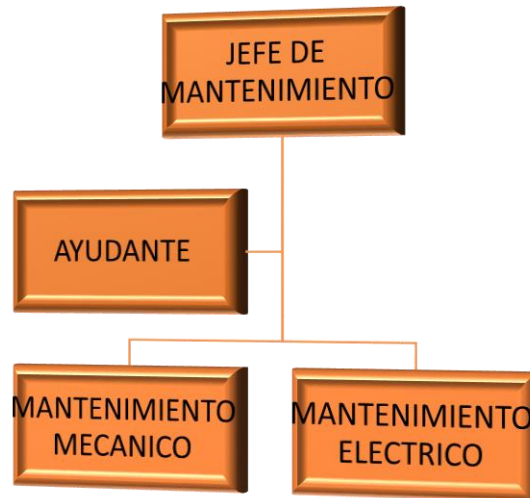
4.2.3 Divisiones del mantenimiento dentro de la planta.

El mantenimiento en la planta CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. esta subdivido en una parte mecánica y la otra eléctrica.

El área de mantenimiento mecánico es la encargada de mantener en correcto funcionamiento de toda la maquinaria necesaria en el proceso de producción y garantizar una respuesta inmediata a cualquier eventualidad que suceda en los equipos.

El área de mantenimiento eléctrico es la encargada de garantizar un buen funcionamiento de los equipos eléctricos, teniendo en cuenta todas las normas de seguridad necesarias en los equipos eléctricos. La figura 22 muestra la distribución del mantenimiento en la empresa.

Figura 22 Organización del Mantenimiento en la planta



Fuente Autores

Un sistema de operación y control del mantenimiento es la columna vertebral de una sólida administración del mantenimiento. El control del mantenimiento significa coordinar la demanda del mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel deseado de eficacia y eficiencia.

El área de mantenimiento es de suma importancia para el proceso de producción y la mejora continua de sus productos garantizando competitividad en el sector pecuario.

Es de vital importancia crear un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II para garantizar una continuidad en los procesos, brindando seguridad en los equipos y poder prever fallas evitando las paradas inesperadas que tiene gran costo en la industria.

Un mecanismo para llevar a cabo la solución de esta falencia es la creación de un programa de mantenimiento adecuado que garantice una operación continua de los procesos, dando pautas de metodologías a seguir y operaciones necesarias para los equipos siempre buscando la prevención de fallas que nos afecten la planta.

A partir de la implementación del programa de mantenimiento se llevara a cabo un registro de todas las actividades en los formatos establecidos para cada labor ya sean preventivos o correctivos.

No se cuenta con ningún tipo de hoja de vida de los equipos ni fichas técnicas de los mismos, no se hace ningún tipo de gestión con la orden de trabajo lo cual dificulta en ciertas ocasiones las labores de mantenimiento oportunas.

4.2.3.3 Planeación de mantenimiento.

No hay ningún tipo de mantenimiento para ninguna de las actividades requeridas, todo se hace por rutinas simples e ineficientes que solo las puede realizar el jefe de mantenimiento o en su defecto su ayudante los cuales son los únicos que conocen a fondo que acciones se deben hacer periódicamente en los equipos. Ciertas maquinas son revisadas con visión reparadora semanalmente y no se lleva ningún control ni se conoce con certeza cuales son las tareas de mantenimiento que a estas se les hace.

4.2.3.4 Apoyo informático

El área de mantenimiento no cuenta con ninguna herramienta informática, base de datos, ni programa especializado para las labores de mantenimiento en la planta.

4.2.3.5 Análisis del estado del arte

En la fase de diagnóstico del estado actual de la empresa, se requiere análisis de información, con métodos aplicados a la investigación como son la matriz de estado del arte mostrada en la tabla siguiente. La cual describe una serie de estados ideales para el mantenimiento de una empresa de su envergadura, los cuales se analizan si están implementados, en proceso o no están

implementados. Y por medio de esta información se dan prioridad a algunos estados creando soluciones a corto, mediano y largo plazo.

Tabla 1 Matriz del estado de arte

Descripción del estado	Implementado	En proceso de implementación	No implementado
Programa de administración de mantenimiento			X
Plan de mantenimiento preventivo			X
Rutinas de mantenimiento		X	
Inventario de máquinas mecánicas	X		
Jerarquización de los equipos			X
Fichas técnicas y manuales de los equipos		X	
Hojas de vida de los equipos de la planta			X
Ordenes de trabajo			X
Inventario de herramientas		X	
Inventario de repuestos		X	
Estudios relacionados al mantenimiento			X
Mantenimiento correctivo	X		
Taller de mantenimiento	X		
Departamento de mantenimiento	X		
Información general		X	

Fuente Autores

4.2.3.6 Documentación técnica

En lo concerniente a la documentación, la empresa cuenta con 3 manuales de usuario, lo relacionado a hojas de vida, fichas técnicas, rutinas de mantenimiento, formatos de mantenimiento; no se cuenta con nada de esta información todo se hace empíricamente para darle solución a las labores de mantenimiento. Por tal motivo acarrea problemas en el control de las actividades de mantenimiento haciendo muy tedioso el trabajo por más sencillo que se pueda presentar.

4.2.3.7 Costos de mantenimiento

La información de los costos de mantenimiento debe estar disponible en las ordenes de trabajo, lo cual como se mencionó anteriormente no se cuenta con ello; no se registra los costos por mano de obra, materiales, repuestos y tiempo que involucra la actividad, y es de vital importancia tenerlos en cuenta para el programa de mantenimiento. Estos no se detallan simplemente se remiten a la gestión administrativa la cual solo desembolsa el dinero necesario para tal fin.

El mantenimiento puede contribuir a reducir el costo del producto mediante un esfuerzo continuo de reducción de costos en las operaciones de mantenimiento. Esto se puede obtener aplicando técnicas que estudian la forma que el trabajo se está llevando a cabo con el fin de desarrollar una mejor forma de realizar el mantenimiento; lo cual debe dar óptimos resultados con el plan de mantenimiento, reduciendo costos que son innecesarios y que se dan frecuentemente en la planta.

4.2.3.8 Área física para mantenimiento.

El departamento de mantenimiento cuenta con un área en la parte exterior de la planta. Allí funciona el taller de mantenimiento, lugar donde están almacenados toda clase de insumos, repuestos, materiales y herramientas los cuales son utilizados para las labores de mantenimiento.

Desde allí se coordinan todas las labores de mantenimiento necesarias que deben ser atendidas oportunamente por el encargo y su equipo de trabajo.

4.2.3.9 Servicio de mantenimiento por terceros

Lo concerniente al mantenimiento especializado como lo son la calibración de los diferentes tipos de sensores utilizados en todas las etapas de la producción, aire acondicionado, estación de control automatizado; son realizados por empresas especializadas para cada área mediante la modalidad de prestación de servicios.

4.2.3.10 Personal de mantenimiento

Son personas técnicas capacitadas para ejecutar sus labores de acuerdo a la especialidad con la que cuentan, el jefe de mantenimiento es técnico electromecánico, y son personas con serio sentido de pertenencia con la empresa y las labores de mantenimiento que esta requiera.

4.2.3.11 Diagnóstico de condiciones de los equipos

No se ha realizado ningún diagnóstico especializado de los equipos que nos permita evaluar su condición.

4.2.3.12 Almacén y gestión de repuestos.

Es físicamente imposible y económica impráctico que cada refracción llegue de manera exacta cuando se necesita y donde se necesita; por estas razones se mantiene inventarios. Es esencial mantener un nivel óptimo de refracciones que disminuya el costo de tener el artículo en existencias y el costo en que se incurre si las refracciones no están disponibles. En la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. el almacén se encuentra ubicado en el área de mantenimiento en donde se hizo un inventario de los repuestos, que hay en stock y de cuáles son los que hacen falta según los requerimientos de cada una de las máquinas; según lo mencionado hay algunos repuestos que son de suma importancia tenerlos en inventario por tal motivo se lleva un control de todos estos.

4.2.3.13 Estado de equipos y carga de trabajo

En general todos los equipos de la planta se encuentran en excelente estado, con tendencia a ser mejorados cada vez por parte del equipo de mantenimiento, así evitando en mayor porcentaje las paradas en la producción.

La sección de mantenimiento maneja un horario similar al del resto de los trabajadores donde se debe atender cualquier imprevisto que se presente dónde nos pueda generar pérdidas de tiempo y ponga en riesgo la producción; excepto por el mantenimiento correctivo que se realiza los domingos de 7 AM a 10 AM donde se hacen los ajuste requeridos para un óptimo funcionamiento de los equipos cuando inicie la semana siguiente.

4.3 ANALISIS DE LOS ASPECTOS ORGANIZATIVOS DE LA EMPRESA PARA DETERMINAR LA CONVENIENCIA DE REALIZAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Los sistemas de mantenimiento desempeñan una función clave para apoyar a los sistemas de producción y contribuir al logro de los objetivos de la organización. Para que el sistema de mantenimiento pueda desempeñar su papel, todos sus factores y componentes deben estar bien diseñados, optimizados, y ser evaluados y mejorados continuamente.

- Jornada de trabajo: Se diferencian dos clases de empresas, las que trabajan en un solo turno y las que cuentan con un número determinado de turnos que cubren las 24 horas del día. En el caso de las empresas que trabajan en un solo turno, si se produce un daño o avería, la producción podrá detenerse y el tiempo que allí se pierde puede ser recuperado extendido el turno de trabajo una vez se solucione el problema.

En el caso de empresas que trabajan durante las 24 horas del día, un daño o avería en un equipo provocara una disminución de su disponibilidad, ya que no habrá el tiempo para recuperar la producción perdida. Esto determina la necesidad de programar o no turnos para el equipo de mantenimiento.

- Tamaño de la empresa: Por simple observación, los costos originados por el daño de un equipo son más relevantes en una empresa grande que en una empresa pequeña, además el fallo en una empresa grande afectara a un número mayor de empleados que en una empresa pequeña.
- Tipo de proceso: En procesos continuos, un paro debido a una avería implica una reducción en la disponibilidad de los equipos. En el caso de una producción en serie esto implica un paro general, y si se trabaja bajo pedido se sufrirá un retardo en la entrega.
- Ritmo de la actividad: La actividad de una empresa se puede considera como estacional o permanente. Actividad estacional cuando se concentra en periodos determinados del año, actividad permanente cuando su actividad es continua a lo largo del año. Cuando se trabaja bajo un ritmo estacional, el mantenimiento se puede realizar en las épocas de baja producción de modo que en los periodos de mayor producción sea difícil que aparezcan averías.
- Grado de automatización: Cuanto más automatizada este la empresa, mayores recursos deberán presupuestarse para mantenimiento.
- Inversión: Se pueden clasificar las empresas en las que su inversión es mayor a 5000 millones, las que su inversión está entre 1000 y 5000 millones y las que su inversión es menor o igual a 1000 millones de pesos.

A continuación se muestra una tabla que cualifican a la organización y el puntaje que representan.

ASPECTO	PUNTUACION		
JORNADA DE TRABAJO			
Tres turnos	10		
Dos turnos		5	
Un turno			1
TAMAÑO DE LA EMPRESA			
Grande	10		
Mediana		5	
Pequeña			1
TIPO DE PROCESO			
Continuo	10		
Serie		5	
Por lotes			1
RITMO DE LA ACTIVIDAD			
Permanente	10		
Estacional		5	
GRADO DE AUTOMATIZACION			
Alta	10		
Media		5	
Baja			1
INVERSION			
Grande	10		
Medina		5	
pequeña			1

Tabla 2. Índices de evaluación de aspectos organizativos de la empresa.

4.3.1 Evaluación organizativa de la empresa.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente mencionadas antes de elaborar un plan de mantenimiento debemos conocer todos los aspectos organizativos pertinentes para la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. y a partir de los valores obtenidos, se medirá si es factible realizar un mantenimiento preventivo tomando como punto de partida la siguiente ponderación:

- Si la puntuación suma entre 31 y 61 puntos, es necesaria la aplicación del mantenimiento preventivo.
- Si la puntuación esta entre 26 y 30 puntos, debe realizarse un estudio en profundidad para determinar la conveniencia de la aplicación del mantenimiento preventivo.
- Si la puntuación es menor a 26 puntos, la empresa no requiere la implementación de un plan de mantenimiento preventivo.

En la siguiente tabla se dan los resultados obtenidos de la conveniencia de implementar el mantenimiento preventivo en la planta.

Tabla 3: Evaluación organizacional para la planta concentrados Espartaco s.a.
(fuente Autores).

ASPECTO	PUNTUACION
JORNADA DE TRABAJO	
Un turno	1
TAMAÑO DE LA EMPRESA	
Mediana	5
TIPO DE PROCESO	
Por lotes	1
RITMO DE LA ACTIVIDAD	
Permanente	10
GRADO DE AUTOMATIZACION	
Alta	10
INVERSION	
Mediana	5
TOTAL	32

Los resultados que nos arroja la tabla tenemos que para la planta de producción CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. requiere la implementación de un plan de mantenimiento.

5. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

Para realizar el inventario y la codificación de los equipos es necesario conocer el funcionamiento de la planta de producción y cuáles son los equipos con los que cuenta la planta de producción y así de esta manera hacer una recopilación adecuada de acuerdo a los requerimientos de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

Para hacer el inventario y la codificación es necesario identificar las secciones y nombre de los equipos con las que cuenta la planta así por medio de estas generalidades hacer una codificación de fácil entendimiento teniendo en cuenta una nomenclatura adecuada.

5.1 CODIFICACIÓN

La empresa no cuenta con ninguna codificación especificada se siguen algunas generalidades especificadas previamente. Ya determinada la nomenclatura a seguir, se realiza la codificación empezando por el parámetro de sección en la que se encuentre identificados de la siguiente manera:

01: Corresponde a la sección de descarga.

02: Corresponde a la sección de almacenamiento.

03: Corresponde a la sección de molienda.

04: Corresponde a la sección de mezclado.

05: Corresponde a la sección de empacado.

06: Corresponde a la sección de acopio.

07: Corresponde a la sección de equipos alternos.

Distribuidos los equipos por sección procederemos a nombrarlos con dos letras de acuerdo al nombre de cada máquina de la siguiente manera:

MA: Corresponde al malacate.

SF: Corresponde al transportador sin fin.

EC: Corresponde al elevador de cangilones.

AL: Corresponde al alimentador.

MH: Corresponde al molino horizontal.

MV: Corresponde al molino vertical.

MZ: Corresponde a la mezcladora.

ES: Corresponde a la empacadora.

BA: Corresponde al bascula.

LP: corresponde a la limpiadora.

DG: Corresponde al distribuidor giratorio.

CS: Corresponde a la cosedora.

BT: corresponde a la banda transportadora.

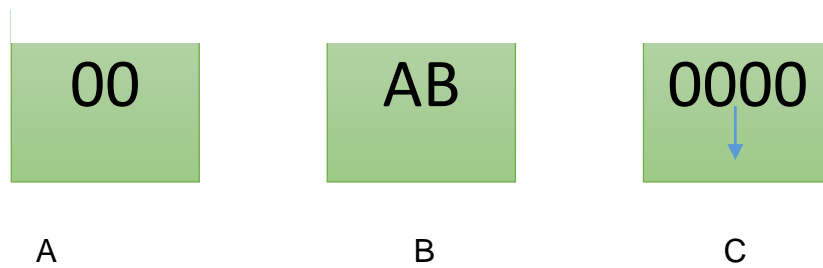
BC: Corresponde a la bomba centrífuga.

CA: Corresponde al compresor de aire.

Teniendo ya está nomenclatura determinada se enumera la cantidad de equipos de la misma especie de acuerdo al orden en la etapa de producción, cada uno de ellos con cuatro dígitos empezando por el 0001 hasta la cantidad necesaria para satisfacer toda la maquinaria.

La codificación completa se muestra en la figura 24 de cada uno de los equipos y está dada de la siguiente manera:

Figura 24 Estructura codificación de equipos



Fuente: Los autores de proyecto

A: Corresponde a la sección en la planta de producción.

B: Corresponde a la identificación de cada equipo individualmente.

C: Corresponde a la enumeración de acuerdo al orden en la etapa de producción.

Una vez asignado el código a cada una de las maquinas es referenciado para su incorporación; a continuación se muestra la tabla de los equipos codificados.

Tabla 4. Codificación de los equipos

CODIFICACION DE EQUIPOS	
CODIGO	DESCRIPCION
01MA0001	Malacate
01SF0001	Transportador sin fin
01EC0001	Elevador de cangilones
03AL0001	Alimentador
03MH0001	Molino horizontal
03LP0001	Maquina Limpiadora
03MV0001	Molino Vertical
04MZ0001	Mezcladora
02DG0002	Distribuidor giratorio
05ES0001	Ensayadora
03BA0001	Bascula
05CS0001	Cosedora
06BT0001	Banda transportadora
07BC0001	Bomba centrifuga
07CA0001	Compresor de Aire

Fuente: Autores del proyecto

5.2 INVENTARIOS

Inventarios o stock son la cantidad de bienes o activos fijos que una empresa mantiene en existencia en un momento determinado, el cual pertenece al patrimonio productivo de la empresa.

En el inventario de materiales y suministros se incluye:

Materias primas secundarias, sus especificaciones varían según el tipo de industria.


Artículos de consumo destinados para ser usados en la operación de la industria, dentro de estos artículos de consumo los más importantes son los destinados a las operaciones, y están formados por los combustibles y lubricantes, estos en las industria tiene gran relevancia.

Los artículos y materiales de reparación y mantenimiento de las maquinarias y aparatos operativos, los artículos de reparación por su gran volumen necesitan ser controladores adecuadamente, la existencia de estos varían en relación a sus necesidades.

El inventario realizado en el almacén del área de mantenimiento se refiere a repuestos y herramientas, ya que por petición de los encargados sugirieron que ellos se encargaban de llenar el inventario cuando el programa se pusiera en marcha; la razón es que si se hacía en el momento, habrían algunos elementos que deberían agregar y otros que suprimir. Por este motivo se tomaron en cuenta los elementos que a concepto de ellos van a durar un largo tiempo en el stock.

A continuación se muestra una tabla de los elementos encontrados en el almacén clasificados por nombre, cantidad y una breve descripción:

Tabla 5. Inventarios

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO MECANICO		
	HOJA No 1	INVENTARIO DE HERRAMIENTAS
NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCION
Llave Inglesa	2	1 1/4 pulg
Llave Inglesa	2	1 1/8 pulg
Llave Inglesa	2	1 1/16 pulg
Llave Inglesa	2	1 pulg
Llave Inglesa	2	15/16 pulg
Llave Inglesa	2	7/8 pulg
Llave Inglesa	2	3/4 pulg
Llave Inglesa	2	11/16 pulg
Llave Inglesa	2	5/8 pulg
Llave Inglesa	2	9/16 pulg
Llave Inglesa	2	1/2 pulg
Llave Inglesa	2	7/16 pulg
Llave Inglesa	3	3/8 pulg
Llave Inglesa	3	1/4 pulg
Llave Inglesa	1	7 mm
Llave Inglesa	1	14 mm
Llave Inglesa	1	13 mm
Llave Inglesa	1	11 mm
Llave Inglesa	1	9 mm
Llave Inglesa	2	9/16 - 1/2 pulg
Llave Inglesa	1	1 15/16 pulg
Hombresolo	2	No aplica
Alicate	1	No aplica
Tijeras de lamina	2	No aplica
Llave de expansion	2	15 pulg
Remachadora	2	No aplica

Llave de tubo	1	12 pulg
Llave de tubo	1	18 pulg
Llave de tubo	1	24 pulg
Pistola Neumatica	1	No aplica
Escuadra metalica	1	No aplica
Pela cables	2	No aplica
Juego de llaves bristol allen	2	3/8 - 1/16 pulg
Destornillador de pala	2	No aplica
Destornillador de estrella	3	No aplica
Martillo	2	No aplica
Porras	2	No aplica
Cinsel	1	No aplica
Pulidora	1	4 pulg
Pulidora	1	7 pulg
Taladro	1	No aplica
Difrencial	1	1 ton
Careta para soldar	1	No aplica
Machete	2	No aplica
Pulidora	1	6 pulg
Pinzas	5	No aplica
Equipo de soldadura (Lincoln electrico)	1	225 Amp
Taladro de arbol	1	No aplica
Esmeril	1	No aplica
Flexometros	2	No aplica
Extensiones de cable	2	10 mts
Motoreductor Siemens	5	(1790-90); (18:1); 7 hp
Motoreductor SEW eurodrive	1	(1800-90); (19:1); 3 Kw
Motor de dos velocidades SEW eurodrive	1	2 hp
Motoreductor SEW eurodrive	1	2 hp

Motoreductor (reductor sin fin corona)	1	0,75 Kw; 36 rpm
Motor WEG	1	2 hp; 1740 rpm
Motor siemens	1	5 hp; 1800 rpm
Motor ABB	1	5 hp; 1700 rpm
Motor SEW	1	1,5 Kw; 1800 rpm
Motor WEG	1	6,75 Kw
Motor	1	100 hp
Caja reductora WEG	1	(1730 a 30 rpm)
Bomba engrazadora	1	No aplica
Hombresolo de uña	4	No aplica
Prensa Manual	1	No aplica
Martillos de caucho	3	No aplica
Cosedora Manual	1	No aplica
Bomba de fumigacion	1	No aplica
Arnes de seguridad	3	No aplica
Aceitera	1	No aplica
Cepillo Metalico	1	No aplica
Bisturi	1	No aplica
Pistola para pintura	1	No aplica
Escalera de aluminio	1	2 mts
Juego de terrajas	1	Utilizado para tubos

Fuente Autores

5.3 HOJAS DE VIDA DE LOS EQUIPOS

En este documento se registra los trabajos en materia de mantenimiento y movimientos que se hagan a los equipos. La idea principal es llevar un registro de los mantenimientos realizados para poder programar los próximos según lo indique el plan de mantenimiento y las rutinas programadas del mismo.

Aparte de contener algunos detalles del equipo, básicamente se compone por la descripción del mantenimiento preventivo teniendo como ítems; actividad, periodicidad, y materiales a utilizar; también encontraremos la forma detallada

de llevar un control de los mantenimientos correctivos con fecha, descripción del mantenimiento, avería o daño, repuestos y nombre del responsable del mantenimiento.

Como no hay ningún registro de mantenimiento, a partir de la implementación del programa se llevara su respectivo registro detallado en la hoja de vida correspondiente a cada acción que se realice.

Figura 25 Hoja de vida mezcladora

		HOJA DE VIDA DE LA MAQUINA: MEZCLADORA DE PALETAS			
TIPO DE DOCUMENTO:	FORMATO		CODIGO: 94M2001		
NOMBRE:	GESTIÓN ADMINISTRATIVA / HOJA DE VIDA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS		VERSION: 1		
RESPONSABILIDAD POR APLIC:	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		Página: 1 de 1		
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA:	MEZCLADORA DE PALETAS				
DESCRIPCION:	MEZCLA HOMOGENEAMENTE TODOS LOS COMPONENTES DE CADA FORMULA.				
RESPONSABLE DEL EQUIPO:					
CÓDIGO: NO TIENE	MARCA: METALTECO	VOLTAJE: 220 V	AMPERAJE: 19,9/9,9	VELOCIDAD: 1770 RPM	
UBICACION: En la seccion 04, entre la vascula y la empacadora.	REFERENCIA:	N° DE SERIE:	AÑO DE ADQUISICION MM / DD / AA		
POTENCIA: 30 Kw	EN LA OFICINA DE MANTENIMIENTO.				
CUENTA CON MANUAL: SI X NO	UBICACION DEL MANUAL				
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO NECESARIO					
ACTIVIDAD	PERIODICIDAD	MATERIALES A UTILIZAR			
Revisar los dispositivos de seguridad	Semanal	Linterna, brocha.			
Limpieza y lubricacion de las chumaceras, rodamientos y cadena de transmision.	Semanal	Aceitera, inyector de grasa; aceite y grasa.			
Revisar los separadores magneticos.	Diaria	Linterna, brocha.			
Limpieza y lubricacion del mecanismo de descarga	Semanal	Aceitera; aceite.			
Limpieza de rodamientos.	Cada 1000 horas	Estopa, gasolina, querosen.			
Limpieza general de la maquina	Semanal	aceite mineral, jabon liquido.			
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO REALIZADOS					
FECHA MM / DD / AA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	AVERIA O DAÑO ENCONTRADO	REPUESTOS	NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MTO.	
FECHA MM / DD / AA	OBSERVACIONES SOBRE EL ESTADO DE LA MAQUINARIA O EQUIPO			NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MTO.	

Fuente Autores

5.4 RUTINA DIARIA DE MANTENIMIENTO

Es un conjunto de acciones realizadas a fin de alargar la vida útil, garantizar la eficiencia de los equipos y brindar condiciones más seguras a los operarios.

El ingeniero Carlos Ramón Gonzales Bohórquez define mantenimiento preventivo como “EL mantenimiento que se ejecuta a los equipos de una planta en forma planificada y programada de manera previa, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminadas a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas

intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de las maquinas”

En la rutina diaria de mantenimiento encontramos una serie de acciones que debemos hacer constantemente en la planta de producción para garantizar el correcto funcionamiento de las maquinas.

Las actividades se han enumerado de acuerdo a la información de catálogos de fabricantes y conocimiento de los encargados del mantenimiento en CONCENTRADOS ESPARTACO S.A., indagando que la información proporcionada sea verídica.

Estas tareas se asignaron para cada equipo por separado teniendo en cuenta una ruta por secciones y que sea fácil para que el operario la realice sin dificultad alguna.

Tabla 6. Hoja de rutina diaria

		DIA	MES	AÑO	
		FECHA			
		N°			
		operario:			
		supervisor:			
RUTINA REVISION DIARIA DE EQUIPOS MECANICOS					
CODIGO	NOMBRE	PECIFICACION DE RUTINA DEL EQUIPO MECANICO	SI	NO	OBSERVACIONES
01MA0001	Malacate	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. Lubricacion chumaceras			
		3. revision de ajustes de prisioneros			
		4. revision estado del lazo			
01SF0001	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
01EC0001	Elevador de canguilones	1. Inspeccion visual, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. alineacion de banda			
		4. estado de canguilones y sus uniones			
		5. ajuste de tensores			
02SF0002	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
02SF0003	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
02SF0004	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			

02SF0005	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
02SF0006	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
02SF0007	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
02SF0008	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
03EC0002	Elevador de canguilones	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. alineacion de banda			
		4. estado de canguilones y sus uniones			
		5. ajuste de tensores			
02DG0001	Distribuidor giratorio	1. revisar estado de bujes			
		2. estado de calibracion de sensores			
		3. inspeccion visual, limpieza			
02SF0009	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
03AL0001	alimentador molino	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. estado de la malla filtro			
		3. Lubricacion de chumaceras y cadena			
03MH0001	molino horizontal	1. inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. limpieza de separadores magneticos			
		3. revision de la criba			
		4. estado de balanceo de los martillos			
		5. chequeo dispositivos de seguridad			
		6. ajuste de elementos de union			

03EC0003	Elevador de canguilones	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones,estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. alineacion de banda			
		4. estado de canguilones y sus uniones			
		5. ajuste de tensores			
02SF0010	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones,estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
02SF0011	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones,estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
03BA0001	Bascula	1. revision del sistema neumatico: cilindros, sellos, sensores(finales de carrera y de presion)y mangers			
		2. limpieza general			
		3. estado de uniones			
02SF0012	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones,estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
03EC0004	Elevador de canguilones	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones,estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. alineacion de banda			
		4. estado de canguilones y sus uniones			
		5. ajuste de tensores			
03LP0001	Maquina Limpiadora	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones,estado general			
		2. lubricacion chumacera			
		3. estado de balanceo de los martillos			
		4. Revision de correas de transmision			
03AL0002	alimentador molino	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones,estado general			
		2. estado de la malla filtro			
		3. Lubricacion de chumaceras y cadena			

03MV0001	Molino Vertical	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. limpieza de separadores magneticos			
		3. revision de la criba			
		4. estado de balanceo de los martillos			
		5. chequeo dispositivos de seguridad			
		6. ajuste de elementos de union			
		7. lubricacion de chumaceras y cadena			
		8. revision de sistema neumatico: cilindros, sellos, sensores de finales de carrera y mangeras			
04SF0013	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
04EC0005	Elevador de canguilones	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. alineacion de banda			
		4. estado de canguilones y sus uniones			
		5. ajuste de tensores			
05SF0015	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			
04MZ0001	Mezcladora	1. Revisar dispositivos de seguridad			
		2. limpieza y lubricacion chumaceras y cadenas			
		3. revisar los separadores magnetico			
		4. limpieza y lubricacion de mecanismos de descarga			
		5. limpieza de rodamientos			
		6. limpieza general de la maquina			
		7. revision de sistema neumatico: cilindros, sellos, sensores de finales de carrera y mangeras			
05SF0014	Transportador sin fin	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. estado de la cadena			
		4. ajuste de pasadores de union tubo- eje			

05EC0006	Elevador de canguilones	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumacera, cadena			
		3. alineacion de banda			
		4. estado de canguilones y sus uniones			
		5. ajuste de tensores			
05DG0002	Distribuidor giratorio	1. revisar estado de bujes			
		2. estado de calibracion de sensores			
		3. inspeccion visual, limpieza			
05ES0001	bascula ensacadora	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion chumaceras			
		3. revision de sistema neumatico: cilindros, sellos, sensores de finales de carrera y mangueras			
		4. Revisar dispositivos de seguridad			
		5. limpieza y lubricacion de mecanismos de descarga			
		6. Revision de correas de transmision			
05CS0001	cosedora	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion de elementos mecanicos			
06BT0001	Banda transportadora	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion de chumaceras, cadenas, correas			
		3. tension de la banda			
		4. revision de rodillos			
06BT0002	Banda transportadora	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion de chumaceras, cadenas, correas			
		3. tension de la banda			
		4. revision de rodillos			
06BT0003	Banda transportadora	1. Inspeccion visual, limpieza, uniones, estado general			
		2. lubricacion de chumaceras, cadenas, correas			
		3. tension de la banda			
		4. revision de rodillos			
07CA0001	Compresor de Aire	1. Verificar la tension de las correas.			
		2. Verificar el nivel de aceite.			
		3. Revisar filtros.			
		4. Limpieza y verificacion de las conexiones electricas			
07BC0001	Bomba Centrifuga	1. Revisar el filtro en la succion.			
		2. Revisar todos los empaques de la bomba.			
		3. Lubricacion de los cojinetes.			
		4. Revision de los pernos de sujecion.			
07BC0002	Bomba Centrifuga	1. Revisar el filtro en la succion.			
		2. Revisar todos los empaques de la bomba.			
		3. Lubricacion de los cojinetes.			
		4. Revision de los pernos de sujecion.			
07BC0003	Bomba Centrifuga	1. Revisar el filtro en la succion.			
		2. Revisar todos los empaques de la bomba.			
		3. Lubricacion de los cojinetes.			
		4. Revision de los pernos de sujecion.			

Fuente Autores

Todas estas actividades se seleccionan de acuerdo a la respectiva actividad que se deba hacer, al realizarlas se incluirán observaciones pertinentes a cada máquina.

6. ANALISIS DE CRITICIDAD

La planta de producción de concentrados Espartaco S.A cuenta con un inventario de 41 máquinas y equipos para su proceso de producción, debido a esto es necesario realizar una jerarquización de los equipos involucrados en el proceso para enfocar el mantenimiento en los equipos más críticos de la planta.

La jerarquización se realiza por medio de una metodología conocida como análisis de criticidad, la cual se permite establecer entre las instalaciones, sistemas, equipos y elementos de un equipo. Obteniendo resultados con el fin de facilitar la toma de decisiones a través de las frecuencias de las fallas por la severidad de su ocurrencia, sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación.

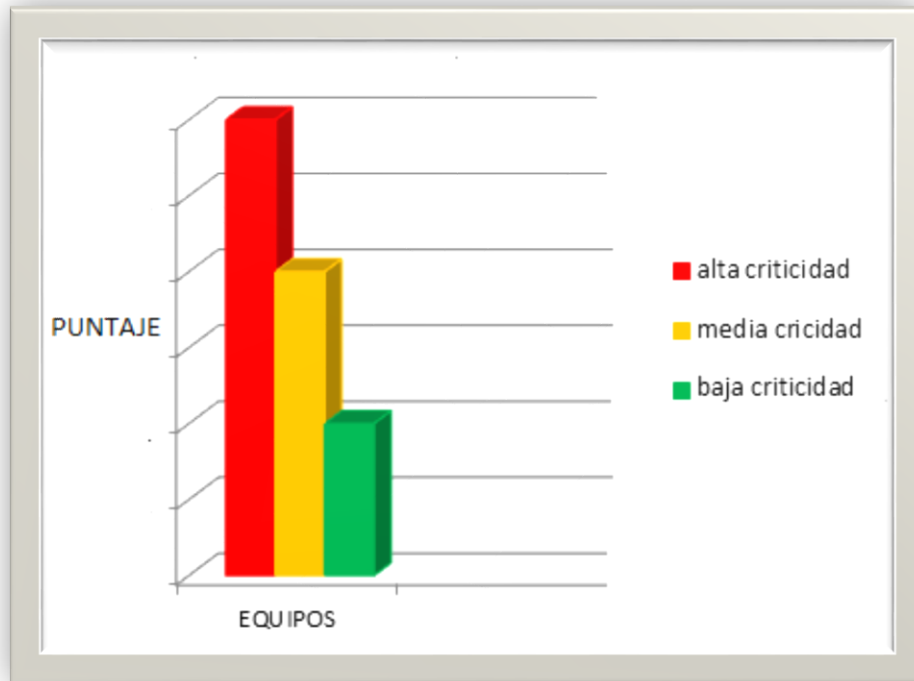
El objetivo principal del análisis de criticidad es crear un método de ayuda en la determinación de la jerarquía de los procesos, sistemas y equipos de la planta de producción de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. donde la información obtenida se procesa para desarrollar el sistema de mantenimiento

- ✓ Priorizar proyectos
- ✓ Diseñar sistemas de mantenimiento
- ✓ Crear ordenes de trabajo de operaciones y mantenimiento
- ✓ Dirigir los sistemas de mantenimiento hacia los equipos más críticos
- ✓ Diseñar un sistema de inventario

El análisis de criticidad en su matriz ofrece tres zonas de resultados: alta criticidad, media criticidad y baja criticidad. Las cuales ubican en una lista los equipos desde el más crítico hasta el menos crítico del total de los equipos incluidos en el análisis. Resolviendo así algunas preguntas formuladas al inicio del proyecto como ¿Qué máquinas y equipos son prioridad en la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A?, ¿Qué criterios se utilizan para el análisis de criticidad?, ¿Cómo realizar una toma de decisiones correcta?, al ser identificadas estas zonas el proceso a seguir es diseñar una estrategia la cual

mejore la confiabilidad operacional, e iniciando las aplicaciones que corresponden en las zonas críticas.

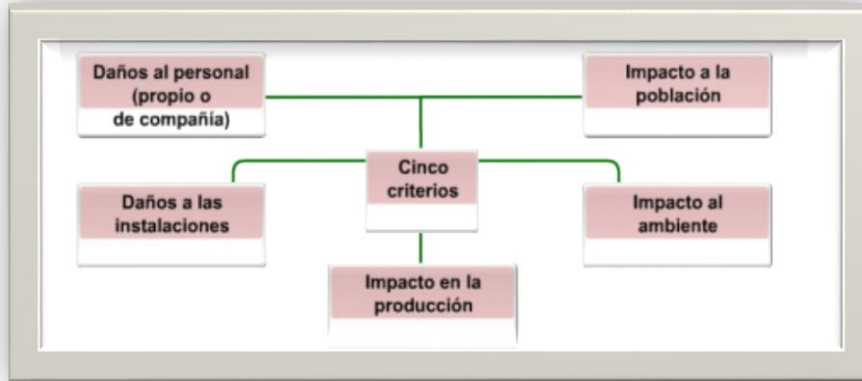
Figura 26 Zonas de criticidad



Fuente: Autores

Los criterios y rangos para determinar las consecuencias o impactos de falla son: Daños del personal, daños a las instalaciones, impacto en la producción, impacto al ambiente e impacto a la población. Son tomados de acuerdo al sector donde se aplicara el análisis. El mapa conceptual de criterios se muestra en la figura 27.

Figura 27 Mapa conceptual de criterios



Fuente Proyecto RCM empresa el caballo.

Para estimar las frecuencias de fallas, para cada equipo puede existir más de un modo de fallas, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia se determina por el número de eventos por año.

Se utiliza el tiempo promedio entre fallas o la frecuencia de falla en número de eventos por año. En la figura 28 muestra los criterios de frecuencia de fallas.

Figura 28 Criterios de frecuencia de fallas

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0,1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0,01 < \lambda \leq 0,1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0,001 < \lambda \leq 0,01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0,001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Fuente Proyecto RCM puntillas el caballo.

6.1 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

CONCENTRADOS ESPARTACO S.A es una empresa que busca su mejoramiento continuo, al contar con más de 41 equipos y maquinas en su planta de producción, se vio la necesidad de realizar un análisis de criticidad, con los equipos más importantes en la línea de producción bajo la supervisión del jefe de mantenimiento de la empresa.

6.2 EQUIPOS INVOLUCRADOS EN EL ANALISIS DE CRITICIDAD

Listado de los equipos involucrados en el proceso de producción

Tabla 7. Codificación de equipos de transporte (fuente autores)

EQUIPOS DE TRANSPORTE	CODIFICACION	EQUIPO	UBICACIÓN
	01EC0001	Elevador cangilones	descarga
	03EC0002	Elevador cangilones	pre molienda
	03EC0003	Elevador cangilones	molienda
	03EC0004	Elevador cangilones	molienda
	04EC0005	Elevador cangilones	mezclado
	05EC0006	Elevador cangilones	empacado
	01SF0001	Transportador sinfín	descarga
	02SF0002	Transportador sinfín	almacenamiento
	02SF0003	Transportador sinfín	almacenamiento
	02SF0004	Transportador sinfín	almacenamiento
	02SF0005	Transportador sinfín	almacenamiento
	02SF0006	Transportador sinfín	Almacenamiento
	02SF0007	Transportador sinfín	Emergencia
02SF0008	Transportador sinfín	pre molienda	

	03SF0009	Transportador sinfín	Basculado
	03SF0010	Transportador sinfín	Basculado
	03SF0011	Transportador sinfín	Basculado
	03SF0012	Transportador sinfín	Molienda
	04SF0013	Transportador sinfín	Mezclado
	05SF0014	Transportador sinfín	Empacado
	04SF0015	Transportador sinfín	Mezclado

Tabla 8. Codificación equipos de proceso (fuente autores)

EQUIPOS DE PROCESO	CODIFICACION	EQUIPO	UBICACIÓN
	02DG0001	Distribuidor Giratorio	DISTRIBUCION
	03AL0001	Alimentador	Molienda
	03MH0001	Molino Horizontal	Molienda
	03BA0001	Bascula	pesado
	03LP0001	Pre limpiadora	limpieza
	03AL0002	Alimentador	Molienda
	03MV0001	Molino Vertical	molienda
	04MZ0001	Mezclador	mezclado
	02DG0002	Distribuidor Giratorio	Distribución
	05BE0001	Bascula ensacadora	ensacado
	05CS0001	Cosedora	ensacado

	06BT0001	Banda transportadora	Acopio
	06BT0002	Banda transportadora	Acopio
	06BT0003	Banda transportadora	Acopio
	06BT0004	Banda transportadora	Acopio
	06BT0005	Banda transportadora	Acopio

Tabla 9. Codificación equipos alternos

EQUIPOS ALTERNOS	CODIFICACION	EQUIPO	UBICACIÓN
	07BC0001	Bomba centrífuga	Distribución
	07BC0002	Bomba centrífuga	Distribución
	07BC0003	Bomba centrífuga	Distribución
	07CA0001	Compresor de Aire	Distribución

6.3 INFORMACION RECOPIADA

El proceso de recolección de los datos para el análisis de criticidad se realizó por medio de una encuesta elaborada, de forma que se le dio una ponderación numérica a los criterios seleccionados, para ser diligenciada por los operarios, técnicos en mantenimiento y el personal que está involucrado con el equipo a

encuestar. De esta forma se reúne y tabula la información, para cuantificar y aplicar en la ecuación matemática de criticidad:

$$criticidad = frecuencia \times consecuencias$$

consecuencia

$$= ((IP * T. fallas) + (costo de Mto.) + (impacto de seg, amb.))$$

$$frecuencia = rango de fallas en un tiempo (fallas/año)$$

Tabla 10. Ponderación de frecuencia de fallas por año (fuente autores)

FRECUENCIA	PONDERACION
Más de 5 fallas por año	4
Promedio de 1-5 fallas por año	3
Promedio de 1-3 fallas por año	2
Menos de una falla por año	1

Tabla 11. Ponderación de consecuencias (fuente autores)

IMPACTOS EN LA PRODUCCION [IP]	PONDERACION
PERDIDA TOTAL DE LA PRODUCCION	10
Parada en el sistema o sub-sistema y tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones o la producción	1

TIEMPOS PROMEDIOS DE FALLAS	PONDERACION
Menos de una hora	1
Promedios de 1-2 horas	3
Promedio de 2- 5 horas	5
Más de 5 horas	7
COSTOS DE MANTENIMIENTO	PONDERACION
Menos de 100 mil pesos	1
Entre 100 mil y 500 mil pesos	2
Entre 500 mil y 1'000.000 de pesos	4
Más de 1'000.000 de pesos	6
IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PONDERACION
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la empresa	8
Afecta el medio ambiente/instalaciones	7
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores (medio – ambiente y seguridad)	3
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al medio ambiente	1

6.4 RESULTADOS ANALISIS DE CRITICIDAD

Tabla 12. Resultados de análisis de criticidad de los equipos de transporte (fuente autores)

N°	CODIGO	EQUIPO	FRECUENCIA	I.P	TIEMPO DE FALLAS	COSTO DE MTO.	IMPACTO EN SEG. Y MEDIO AMB.	CONSECUENCIAS	CRITICIDAD
1	01EC0001	Elevador	3	7	5	4	1	40	120
2	03EC0002	Elevador	2	7	5	2	1	38	76
3	03EC0003	Elevador	2	7	5	2	1	38	76
4	03EC0004	Elevador	2	7	5	2	1	38	76
5	04EC0005	Elevador	3	7	5	4	1	40	120
6	05EC0006	Elevador	2	7	5	2	1	38	76
7	01SF0001	Transporte	3	7	3	2	1	24	72
8	02SF0002	Transporte	3	7	5	2	1	38	114
9	02SF0003	Transporte	2	4	5	2	1	23	46
10	02SF0004	Transporte	2	4	5	2	1	23	46
11	02SF0005	Transporte	3	1	5	2	1	8	24
12	02SF0006	Transporte	3	1	5	2	1	8	24
13	02SF0007	Transporte	2	1	5	2	1	8	16
14	02SF0008	Transporte	3	7	3	2	1	24	72
15	03SF0009	Transporte	2	4	3	2	1	15	30
16	03SF0010	Transporte	2	4	3	2	1	15	30
17	03SF0011	Transporte	2	4	3	2	1	15	30
18	03SF0012	Transporte	3	7	3	2	1	24	72
19	04SF0013	Transporte	3	7	3	2	1	24	72
20	05SF0014	Transporte	3	7	3	2	1	24	72
21	04SF0015	Transporte	2	7	3	2	1	24	48

Tabla 13. Resultados equipos involucrados en el proceso (fuente autores)

N°	CODIGO	EQUIPO	FRECUENCIA	I.P	TIEMPO DE FALLAS	COSTO DE MTO.	EN SEG. Y MEDIO AMB.	CONSECUENCIAS	CRITICIDAD
1	02DG0001	Distribuidor	2	4	5	4	1	25	50
2	03AL0001	Alimentador	3	7	5	4	1	40	120
3	03MH0001	Molino H	4	7	7	6	1	56	224
4	03BA0001	Bascula	1	7	2	4	1	19	19
5	03LP0001	Pre limp	3	1	3	4	1	8	24
6	03AL0002	Alimentador	3	7	5	4	1	40	120
7	03MV0001	Molino V	4	7	7	6	1	56	224
8	04MZ0001	Mezclador	3	10	7	6	1	77	231
9	02DG0002	Distribuidor	2	4	5	4	1	25	50
10	05BE0001	Bascula e	3	7	5	6	1	42	126
11	05CS0001	Cosedora	2	4	2	2	1	11	22
12	06BT0001	Banda tra	3	4	3	2	1	15	45
13	06BT0002	Banda tra	3	4	3	2	1	15	45
14	06BT0003	Banda tra	3	4	3	2	1	15	45
15	06BT0004	Banda tra	3	4	3	2	1	15	45
16	06BT0005	Banda tra	3	4	3	2	1	15	45

Tabla 14. Resultado equipos alternos (fuente autores)

N°	CODIGO	EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO EN LA PROD	TIEMPO DE FALLAS	COSTO DE MTO.	IMPACTO EN SEG. Y MEDIO AMB.	CONSECUENCIAS	CRITICIDAD
1	07BC0001	Bomba c	2	7	1	2	7	16	32
2	07BC0002	Bomba c	2	7	1	2	7	16	32
3	07BC0003	Bomba c	2	7	1	2	7	16	32
4	07CA0001	Compres	2	7	2	2	8	24	48

En la siguiente tabla de se muestran los resultados del análisis de criticidad del mas critico al menos indicando las tres zonas, alta criticidad, media criticidad, y baja criticidad.

Tabla 15. Matriz de análisis de criticidad (fuente autores)

FRECUENCIA	4	12	32	44	60	64	76	92	96	100	152	160	168	224	308	336
	3	9	24	33	45	48	57	69	72	75	114	120	126	168	231	252
	2	6	16	22	30	32	38	46	48	50	76	80	84	112	154	168
	1	3	8	11	15	16	19	23	24	25	38	40	42	56	77	84
		3	8	11	15	16	19	23	24	25	38	40	42	56	77	84
CONSECUENCIA																

■ $160 \leq$ ALTA CRITICIDAD ≥ 336

■ $70 \leq$ MEDIA CRITICIDAD ≥ 159

■ $3 <$ BAJA CRITICIDAD ≥ 69

Tabla 16. Resultados de análisis de criticidad en orden de relevancia (fuente autores)

N°	CODIGO	EQUIPO	CRITICIDAD
1	04MZ0001	Mezcladora	231
2	03MV0001	Molino Vertical	224
3	03MH0001	Molino Horizontal	224
4	05BE0001	Bascula ensacadora	126
5	01EC0001	Elevador cangilones	120
6	04EC0005	Elevador cangilones	120
7	03AL0001	Alimentador	120

8	03AL0002	Alimentador	120
9	02SF0002	Transportador sinfín	114
10	03EC0002	Elevador cangilones	76
11	03EC0003	Elevador cangilones	76
12	03EC0004	Elevador cangilones	76
13	05EC0006	Elevador cangilones	76
14	01SF0001	Transportador sinfín	72
15	02SF0008	Transportador sinfín	72
16	03SF0012	Transportador sinfín	72
17	04SF0013	Transportador sinfín	72
18	05SF0014	Transportador sinfín	72
19	02DG0001	Distribuidor Giratorio	50
20	02DG0002	Distribuidor Giratorio	50
21	04SF0015	Transportador sinfín	48
22	07CA0001	Compresor de Aire	48
23	02SF0003	Transportador sinfín	46
24	02SF0004	Transportador sinfín	46
25	06BT0001	Banda transportadora	45
26	06BT0002	Banda transportadora	45
27	06BT0003	Banda transportadora	45
28	06BT0004	Banda transportadora	45
29	06BT0005	Banda transportadora	45
30	07BC0001	Bomba centrífuga	32
31	07BC0002	Bomba centrífuga	32

32	07BC0003	Bomba centrifuga	32
33	03SF0009	Transportador sinfín	30
34	03SF0010	Transportador sinfín	30
35	03SF0011	Transportador sinfín	30
36	02SF0005	Transportador sinfín	24
37	02SF0006	Transportador sinfín	24
38	03LP0001	Pre limpiadora	24
39	05CS0001	Cosedora	22
40	03BA0001	Bascula	19
41	02SF0007	Transportador sinfín	16

Los resultados del análisis de criticidad le la planta de producción de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A muestran tres equipos en la zona de alta criticidad, 15 equipos en media criticidad y 23 equipos en baja criticidad. De acuerdo a estos resultados se desarrolla un sistema de mantenimiento para los equipos que se encuentras en las zonas de media y alta criticidad.

7. ANALISIS RCM II

7.1 APLICACIÓN DEL ANALISIS DE MODO DE FALLAS Y ANALISIS DE CAUSA (FMEA) (Failure Mode and Effects Analysis)

Identificar los modos de fallas, que son más propensos a causar cada falla funcional, y a cerciorarse de los efectos que estas tienen. Esto se logra por medio de un análisis de tipos de fallas y efectos. (FMEA), para cada falla funcional.

7.1 Aplicación de FMECA en CONCENTRADOS ESPARTACO S.A

Una sola maquina puede fallar por docenas de razones. Un grupo de máquinas o sistema, como una línea de producción, puede fallar por cientos de razones. Por aquellas razones el análisis de modo y fallas FMEA, solo se aplicara a las maquinas más críticas para no volver el proceso tedioso y complicado, y enfocarnos en los procesos que más afectaran la producción.

De acuerdo al análisis de criticidad realizado los siguientes son los equipos más críticos y los cuales se realizó el análisis de modo y fallas FMEA.

EQUIPO	CRITICIDAD
Mezcladora	231
Molino Vertical	224
Molino Horizontal	224
Bascula ensacadora	126
Elevador cangilones	120
Alimentador	120
Transportador sinfín	114

Como algunos equipos críticos se repiten y cumplen la misma función no es necesario realizar dos análisis igual por ello se seleccionó función de operación.

El proceso se realiza pensando en un mantenimiento proactivo y así tener decidido que realizar en caso de que ocurra una falla funcional, para que esto sea posible necesitamos saber de antemano que eventos pueden ocurrir, en este contexto serían los modos de falla.

Una vez que cada modo de falla fue identificado, se hace posible considerar que sucede cuando este se presenta, para así evaluar sus consecuencias y decidir que se debe hacer para anticiparlo, prevenirlo, detectarlo o corregirlo- o hasta para rediseñarlo.

Los modos de falla pueden ser clasificados en uno de tres grupos:

- * Cuando la capacidad cae por debajo del desempeño deseado.
- * Cuando el desempeño deseado supera la capacidad inicial.
- * Cuando el bien no es capaz de cumplir la función esperada desde un comienzo.

PLANILLA INFORMATIVA RCM

Tabla 17. Análisis FMECA mezcladora

COORDINACION DE MANTENIMIENTO MECANICO								
HOJA DE INFORMACION DE RCM				CODIGO: 04MZ0001				
		SISTEMA: MEZCLADORA		FACILITADORES: WILLIAM SOTO, DIEGO NIÑO				
		SUBSISTEMA: MEZCLADO DE INGREDIENTES		AUDITOR: YEISON GUTIERREZ				
HOJA No. 1								
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
1	Mezclar todas las materias primas previamente molidas con los diferentes productos como aceites y complementos de la formulas de cada producto. Con su capacidad maxima de 400 kg y tiempos requeridos de mezclado .	A	Incapaz de moverse	1	* Rodamiento falla	* con un engrasado inadecuado los rodamientos fallan alrededor de las 10000 horas, la falta de lubricacion y contacto con el polvo afecta su funcion.		
				2	* Se quema el motor	* los dispositivos electricos de proteccion del motor fallan se eleva su temperatura, obstrucion que genere resistencia.		
				3	* Cadena falla	* falta de lubricacion provoca desgaste en la cadena.		
				4	* Caja reductora falla	* Falta o fuga de la valvulina ocasiona desgaste rapido		
				5	* Piñones falla	* La escasa lubricacion genera picaduras en la piñoneria.		
				B	Incapaz de carga y descarga	1	* Cilindro neumatico falla	*empaques y sellos del cilindro neumatico desgastados, valvula de mto descompuesta, presion insuficiente
						2	* Compresor falla	*bandas desgastadas, motor quemado, lubricacion de pistones insuficiente, fugas en el tanque de almacenamiento.
						3	* Compuerta falla	* obstrucion de compuerta y permite el paso de materia dañando a la produccion
						4	* Mecanismo falla	* Bloque de las compuestas y rotura de las piezas.
				C	Mezclado deficiente	1	* Martillos desgastados	* la mezcla de los componentes no es de calidad afectando la produccion.
		D	Falta de aceite.	1	* Los tanques no contienen aceite.	* No se puede hacer la mezcla según cada formula		
				2	* Fallo de la bomba.	* No hay entrada de aceite a la mezcladora.		
				3	* Fallo de la valvula de regulacion.	* Ausencia o escasa llegada de aceite.		
				4	* Fallo en el sensor de dosificacion.	* Cantidad defectuosa de la cantidad de aceite.		
		E	Falla de sensores de presion	1	* Mala conexión electrica.	* No hay funcionamiento del sensor		
				2	* Calibracion defectuosa.	* Exceso o falta de producto en el proceso.		
		F	Fallo del sistema neumatico.	1	* Fuga de aire entre el cuerpo del cilindro y la tapa	* El cilindro no se mueve correctamente, hacer reemplazo de los sellos.		
				2	* Insuficiente fuerza del cilindro	* Apertura de la compuerta con dificultad, o no se mueve.		
				3	* No ajusta bien la compuerta	* La presion no se incrementa cuando se ajusta la valvula reductora de presion.		
				4	* No gotea aceite en el lubricador cuando esta trabajando el equipo.	* Acarrea daños futuros en el cilindro.		
				5	* El solenoide hace ruido.	* Carencia de suministro de aire hacia el cilindro.		
				6	* La valvula no se posiciona en uno de sus dos sentidos	* Mal funcionamiento del piston con movimientos erraticos.		
				7	* La compuerta de descarga no puede ser abierta.	* No hay apertura de producto hacia el proximo proceso.		
		G	Tiempos errados de mezcla.	1	* Mal calculo de los tiempos.	* Formulas del producto incorrectas, perdida de produccion.		
				2	* Falla electrica o electronica.	* El sistema electronico y electrico se analizan por separado.		
		H	Fallo en la programacion.	1	* Mala configuracion del PLC	* La programacion del PLC se analizan por separado.		

Fuente: Autores

Tabla 18. Análisis FMECA molino vertical

COORDINACION DE MANTENIMIENTO MECANICO						
HOJA DE INFORMACION DE RCM				CODIGO: 03MV0001		
		SISTEMA: MOLINO VERTICAL			FACILITADORES: WILLIAM SOTO, DIEGO NIÑO	
		SUBSISTEMA: MOLIENDA DE GRANO			AUDITOR: YEISON GUTIERREZ	
HOJA No. 2						
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	Reduccion del tamaño de grano en su segunda etapa	A	Falta de cambio de rotacion del molino	1	* Piezas no desgastadas uniformemente.	* Desgaste inadecuado de los martillos, por regla general el sentido de giro del rotor del molino debe realizarse a diario.
		B	Exceso de vibracion	1	* Mala distribucion de los martillos.	* Los martillos del molino se desgastaran si no se balancean sus fuerzas correctaente.
				2	* Base del molino de baja calidad.	* Grietas y Roturas de la base del molino, esta parte absorbe todas las vibraciones.
				3	* Martillos desgastados no uniformemente.	* El efecto de la vibracion afecta en gran forma la molienda y por consiguiente los molinos.
		C	Desgaste de los martillos	1	* Perdida de filo en los martillos	* Molienda erronea, se debe voltear los martillos para un desgaste uniforme.
				2	* Desgaste de los pasadores	* Los martillos comienzan a moverse por forzar los martillos, y por consiguiente ocurre roturas en los pasadores
		D	Desgaste de la criba	1	* Perdida de filo de la criba.	* Gasto en el mismo sentido de la alineacion de las perforaciones; esto hace que aparescan bordes a lado y lado de las perforaciones los cuales alejan el producto de su unica salida, ocasionando dificultades en la camara de molienda.
				2	* Fallo en el sistema neumatico de la criba.	* Incapacidad para reemplazar la criba cuando sea necesario.
				3	* Espesor incorrecto de la criba.	* Una reduccion substancial en la capacidad del molino de martillo ya que no tiene la capacidad de empujar el producto por las perforaciones
		E	Fallo de los separadores y collarines.	1	* Desgaste de separadores y collarines.	* No hay movimiento de los martillos, por consiguiente detencion de la maquina.
		F	Mal funcionamiento del motor.	1	*Falla en el motor.	* Paro total del molino vertical
				2	* Falla electrica.	* El sistema electrico se analiza por separado.
		G	Fallo del sistema neumatico	1	* Fuga de aire entre el cuerpo del cilindro y la tapa	* El cilindro no se mueve correctamente, hacer reemplazo de los sellos.
				2	* Insuficiente fuerza del cilindro	* Apertura de la compuerta con dificultad, o no se mueve.
				3	* La presion no se incrementa cuando se ajusta la valvula reductora de presion.	* No ajusta bien la compuerta
				4	* No gotea aceite en el lubricador cuando esta trabajando el equipo.	* Acarrea daños futuros en el cilindro.
				5	* El solenoide hace ruido.	* Carencia de suministro de aire hacia el cilindro.
				6	* La valvula no se posiciona en uno de sus dos sentidos	* Mal funcionamiento del piston con movimientos erraticos.
				7	* La compuerta de descarga no puede ser abierta.	* No hay apertura de producto hacia el proximo proceso.
		H	Defectos en el funcionamiento del sistema magnetico.	1	* Exceso de material particulado.	* Producto de mala calidad con gran cantidad de particulas ferrosas.
				2	* Obstruccion del sifon.	* Escaso flujo de producto para ser limpiado.
				3	* Falla electrica de los imanes.	* El sistema electrico se analiza por separado.

Fuente: Autores

Tabla 19 Análisis FMECA molino horizontal

COORDINACION DE MANTENIMIENTO MECANICO							
HOJA DE INFORMACION DE RCM					CODIGO: 03MH0001		
		SISTEMA: MOLINO HORIZONTAL			FACILITADORES: WILLIAM SOTO, DIEGO NIÑO		
		SUBSISTEMA: MOLIENDA DE GRANO			AUDITOR: YEISON GUTIERREZ		
HOJA No. 3							
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA	
1	Reduccion del tamaño de grano en su primera etapa	A	Falta de cambio de rotacion del molino	1	* Piezas no desgastadas uniformemente.	* Desgaste inadecuado de los martillos, por regla general el sentido de giro del rotor del molino debe realizarse a diario.	
			B	Exceso de vibracion	1	* Mala distribucion de los martillos.	* Los martillos del molino se desgastaran si no se balancean sus fuerzas correctaeente.
					2	* Base del molino de baja calidad.	* Grietas y Roturas de la base del molino, esta parte absorbe todas las vibraciones.
		3			* Martillos desgastados no uniformemente.	* El efecto de la vibracion afecta en gran forma la molienda y por consiguiente los molinos.	
		C	Desgaste de los martillos	1	* Perdida de filo en los martillos	* Molienda erronea, se debe voltear los martillos para un desgaste uniforme.	
				2	* Desgaste de los pasadores	* Los martillos comienzan a moverse por forzar los martillos, y por consiguiente ocurre roturas en los pasadores	
		D	Desgaste de la criba	1	* Perdida de filo de la criba.	* Gasto en el mismo sentido de la alineacion de las perforaciones; esto hace que aparescan bordes a lado y lado de las perforaciones los cuales alejan el producto de su unica salida, ocasionando dificultades en la camara de molienda.	
				2	* Espesor incorrecto de la criba.	* Una reduccion substancial en la capacidad del molino de martillo ya que no tiene la capacidad de empujar el producto por las perforaciones	
		E	Fallo de los separadores y collarines.	1	* Desgaste de separadores y collarines.	* No hay movimiento de los martillos, por consiguiente detencion de la maquina.	
		F	Mal funcionamiento del motor.	1	*Falla en el motor.	* Paro total del molino horizontal.	
				2	* Falla electrica.	* El sistema electrico se analiza por separado.	
		G	Fallo del sistema neumatico	1	* Fuga de aire entre el cuerpo del cilindro y la tapa	* El cilindro no se mueve correctamente, hacer reemplazo de los sellos.	
				2	* Insuficiente fuerza del cilindro	* Apertura de la compuerta con dificultad, o no se mueve.	
				3	* La presion no se incrementa cuando se ajusta la valvula reductora de presion.	* No ajusta bien la compuerta.	
				4	* No gotea aceite en el lubricador cuando esta trabajando el equipo.	* Acarrea daños futuros en el cilindro.	
				5	* El solenoide hace ruido.	* Carencia de suministro de aire hacia el cilindro.	
				6	* La valvula no se posiciona en uno de sus dos sentidos	* Mal funcionamiento del piston con movimientos erraticos.	
				7	* La compuerta de descarga no puede ser abierta.	* No hay apertura de producto hacia el proximo proceso.	
		H	Defectos en el funcionamiento del sistema magnetico.	1	* Exceso de material particulado.	* Producto de mala calidad con gran cantidad de particulas ferrosas.	
				2	* Obstruccion del sifon.	* Escaso flujo de producto para ser limpiado.	
				3	* Falla electrica de los imanes.	* El sistema electrico se analiza por separado.	

Fuente: Autores

La planilla incluye la función del equipo en la planta donde describe el proceso que realiza y la capacidad máxima de trabajo, las fallas funcionales que puede tener el equipo la cual se expresa en forma general, los modos de fallas que cada falla funcional contiene explícitamente los daños que la provocan y los efectos de fallas que son las consecuencias que contiene cada falla funcional a la función del equipo.

El análisis de modo y fallas FMECA de la planta de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. está incluido en el programa de información de mantenimiento en el módulo de RCM II donde se adjuntan los análisis de los equipos críticos de la empresa.

7.2 HOJA DE DECISIONES

El analizar las consecuencias de cada modo de fallas es el siguiente paso para el estudio del análisis de RCM, y dependiendo de su gravedad, se justifica si es necesario realizarle una tarea de mantenimiento proactivo. Para realizar el análisis es necesario según el libro Moubray comparar los modos de fallas con algunas consecuencias que se recomiendan.

- Fallas ocultas o evidentes
- Consecuencias para la seguridad o medio ambiente
- Consecuencias operacionales
- Consecuencias no operacionales

El árbol de decisiones proporciona por medio del análisis los resultados que cada modo necesita para su mantenimiento y así asignar que tipo de tarea va a mitigar dichas consecuencias y disminuir su impacto. Igualmente teniendo en cuenta cual es la mejor opción para la empresa y que persona va a realizar el trabajo.


Se procedió a realizar para la empresa Concentrados Espartaco S.A. el análisis por medio del árbol de decisiones a las tres máquinas más críticas de la planta de producción las cuales son la mezcladora, el molino vertical y el molino horizontal. Donde son de vital importancia su continuo funcionamiento para que las fallas o daños que se pueden controlar mediante un mantenimiento proactivo no generen alguna parada de producción que afectaría significativamente la empresa.

Tabla 20 Hoja de decisiones mezcladora

04MZ0001			Coordinación de Mantenimiento Mecánico HOJA DE DECISIÓN RCM												
			sistema: MEZCLADORA					Facilitador: William Soto, Diego Niño					Hoja N°:		
			Subsistema: Proceso de mezclado de ingredientes					Auditor: Yeison Gutierrez					De:		
referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falla de			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR:
F	FF	MF	H	S	E	O	E1 O1	E2 O2	E3 O1	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	N	S	N						control del ruido del rodamiento de maquina mezcladora (lubricacion)	semanalmente	tecnico
1	A	2	S	N	N	S							No tiene mantenimiento Programado		
1	A	3	S	N	N	S							lubricacion con cantidad de grasa adecuada	semanalmente	tecnico mecanico
1	A	4	S	N	N								rectificacion y cambio de valvulina	1 año	tecnico mecanico
1	A	5	S	N	N								cambiar sistema de relacion (cadena)	3 años	tecnico mecanico
1	B	1	S	N	N								reemplace sello, revisar lubricador, limpieza general	semanalmente	tecnico mecanico
1	B	2	N										cambio de aceite y cambio de bandas	1 año, 2 años	tecnico mecanico
1	B	3	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		
1	B	4	S	N	N								lubricacion con cantidad de grasa adecuada	semanalmente	tecnico mecanico
1	C	1	N	N	N								cambio de martillos y balanceo	1 año	tecnico mecanico
1	D	1	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		
1	D	2	S	N	N								inspeccion de fugas, cambios de sellos , cambio de filtros	3 meses	tecnico mecanico
1	D	3	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		
1	D	4	N										inspeccion de funcionamiento y calibracion	2 meses	contratista electronico
1	E	1	N										No tiene mantenimiento Programado		
1	E	2	N										inspeccion de funcionamiento y calibracion	2 meses	contratista electronico
1	F	1	S	N	N								reemplazar los orings		tecnico mecanico
1	F	2	S	N	N								Lubricacion e inspeccion de presión	1 mes	tecnico mecanico
1	F	3	S	N	N								ajustar la presion de aire a 0.6 Mpa		tecnico mecanico
1	F	4	N										No tiene mantenimiento Programado		
1	F	5	S	N	N								limpieza de suciedad, ajuste de voltaje	1 mes	tecnico mecanico
1	F	6	S	N	N								revison del circuito, limpiar selenoide, inspeccion de lubricacion	1 mes	tecnico mecanico
1	F	7	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		
1	G	1	N										No tiene mantenimiento Programado		
1	G	2	N										inspeccion de sistema electrico y electronico	1 año	tecnico electrico
1	H	1	N										ispeccion de sistema de control	6 meses	contratista de control


Fuente autores

Tabla 21 Hoja de decisiones molino vertical

03MV0001			Coordinación de Mantenimiento Mecánico HOJA DE DECISIÓN RCM												
			sistema: MOLINO VERTICAL					Facilitador: William Soto, Diego Niño					Hoja N°:		
			Subsistema: Proceso de molienda					Auditor: Yeison Gutierrez					De:		
referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Acción a falla de			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR:
F	FF	MF	H	S	E	O	E1 O1	E2 O2	E3 O3	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	N	S	N						No tiene mantenimiento Programado	diario	Operario
1	B	1	S	N	N	S							balanceo y rectificacion de martillos	6 meses	tecnico mecanico
1	B	2	S										No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	B	3	S	N	N	S							rectificacion por soldadura especial	6 meses	tecnico mecanico
1	C	1	S	N	N	S							Cambio de martillos	3 años	tecnico mecanico
1	C	2	S	N	N	N							Ajuste de pernos de sujecion	semanalmente	tecnico mecanico
1	D	1	S	N	N	S							No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	D	2	S	N	N	S							inspeccion de cilindros neumaticos, limpieza general	semanalmente	tecnico mecanico
1	D	3	S										No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	E	1	N	N	N	S							Inspeccion desgaste de separaores	1 mes	tecnico mecanico
1	F	1	S	N	N	S							mantenimiento electrico	3 años	specialista electrico
1	F	2	S	N	N	S							No tiene mantenimiento Programado		
1	G	1	S	N	N	S							cambio de los sellos, limpieza general	1 año	tecnico mecanico
1	G	2	S	N	N	S							inspeccion de valvula de mantenimiento, lubricacion, limpieza	1 mes	tecnico mecanico
1	G	3	S	N	N	N							No tiene mantenimiento Programado		
1	G	4	N	N	N	S							Limpieza de suciedad y lubricacion adecuada	semanalmente	tecnico mecanico
1	G	5	S	N	N	N							Limpieza de la superficie del spool, ajuste de voltaje	1 mes	tecnico mecanico
1	G	6	S	N	N								revison del circuito, limpiar selenoide, inspeccion de lubricacion	1 mes	tecnico mecanico
1	G	7	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	H	1	N	N	N	S							Limpieza general	semanalmente	Operario
1	H	2	S	N	N	S							Cambio de sifon	1 año	tecnico mecanico
1	H	3	N	N	N	N							No tiene mantenimiento Programado		

Fuente Autores

Tabla 22 hoja de decisiones molino horizontal

03MH0001			Coordinación de Mantenimiento Mecánico HOJA DE DECISIÓN RCM												
			sistema: MOLINO HORIZONTAL						Facilitador: William Soto, Diego Niño						Hoja N°:
			Subsistema: Proceso de molienda						Auditor: Yeison Gutierrez						De:
referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Acción a falla de			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR:
F	FF	MF	H	S	E	O	E1 O1	E2 O2	E3 O1	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	N	S	N						No tiene mantenimiento Programado	diario	Operario
1	B	1	S	N	N	S							balanceo y rectificacion de martillos	6 meses	tecnico mecanico
1	B	2	S										No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	B	3	S	N	N	S							rectificacion por soldadura especial	6 meses	tecnico mecanico
1	C	1	S	N	N	S							Cambio de martillos	3 años	tecnico mecanico
1	C	2	S	N	N	N							Ajuste de pernos de sujecion	semanalmente	tecnico mecanico
1	D	1	S	N	N	S							No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	D	2	S										No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	E	1	N	N	N	S							Inspeccion desgaste de separaores	1 mes	tecnico mecanico
1	F	1	S	N	N	S							mantenimiento electrico	3 años	specialista electric
1	F	2	S	N	N	S							No tiene mantenimiento Programado		
1	G	1	S	N	N	S							cambio de los sellos, limpieza general	1 año	tecnico mecanico
1	G	2	S	N	N	S							inspeccion de valvula de mantenimiento, lubricasion, limpieza	1 mes	tecnico mecanico
1	G	3	S	N	N	N							No tiene mantenimiento Programado		
1	G	4	N	N	N	S							Limpieza de suciedad y lubricasion adecuada	semanalmente	tecnico mecanico
1	G	5	S	N	N	N							Limpieza de la superficie del spool, ajuste de voltaje	1 mes	tecnico mecanico
1	G	6	S	N	N								revison del circuito, limpiar selenoide, inspeccion de lubricacion	1 mes	tecnico mecanico
1	G	7	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		tecnico mecanico
1	H	1	N	N	N	S							Limpieza general	semanalmente	Operario
1	H	2	S	N	N	S							Cambio de sifon	1 año	tecnico mecanico
1	H	3	N	N	N	N							No tiene mantenimiento Programado		

Fuente Autores

8. DISEÑO DEL PROGRAMA DE ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO (AD HOC) PARA CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

Según los requerimientos necesarios para la elaboración del programa de mantenimiento, con los módulos necesarios y cada uno con sus submodulos correspondientes, utilizando el lenguaje de programación JAVA.

Java es un lenguaje de programación de ordenadores, diseñado como una mejora de C++, y desarrollado por Sun Microsystems (compañía actualmente absorbida por Oracle).

Una de las grandes ventajas de Java es que se procura que sea totalmente independiente del hardware, existe una "máquina virtual Java" para varios tipos de ordenadores. Un programa en Java podrá funcionar en cualquier ordenador para el que exista dicha "máquina virtual Java" (hoy en día es el caso de los ordenadores equipados con los sistemas operativos Windows, Linux, Solaris y algunos otros, incluso muchos teléfonos móviles actuales son capaces de usar programas creados en Java.

8.1 PORQUE ES IMPORTANTE PROGRAMAR EN JAVA.

La importancia de Java radica en la posibilidad de crear o diseñar software y poder ser ejecutado en diferentes plataformas donde se requiere, sin la necesidad de estar modificándolo. Es una herramienta diseñada con muchos elementos parecidos a otros lenguajes pero en una versión mejorada, más sencilla de manejar, con menos complejidad y con barreras de seguridad en su lenguaje y ejecución.

Java soporta el manejo de threads (hilos), para crear programas multitarea.

Cada vez incorpora más facilidades para la creación de entornos "basados en ventanas", para la creación y manipulación de gráficos, para el acceso a bases de datos, etc.

Que hace falta para crear un programa en java existen diversas herramientas que nos permitirán crear programas en java. La más habitual es la propia que suministra Sun, y que se conoce como JDK (Java Development Kit). Es de libre distribución y se puede conseguir en la propia página Web de Oracle.

Teniendo como objetivo un tiempo de operación efectivo se siguen las siguientes pautas:

Control de las actividades de mantenimiento, recopilando los datos arrojados por las tareas realizadas para ir mejorando continuamente.

Planeación y programación de las órdenes de trabajo aprovechando mano de obra, tiempo y demás recursos.

Excelente orden de las actividades de mantenimiento derivadas de las condiciones e historial de los equipos.

Se requiere información oportuna y verídica por parte de los diferentes trabajadores, como lo son órdenes de trabajo, proceso de producción, sistema organizativo y control de los equipos. Ya con esta información debe ser procesada dándole un enfoque sistemático para la administración de la información.

El Computerized Maintenance Management Software (CMMS) su función es gestionar de forma eficiente el mantenimiento de las instalaciones y maquinaria optimizando la utilización de los recursos disponibles (equipos y herramientas, recursos humanos, materiales) con el menor costo posible. Los procesos integrados del sistema proporcionan a los responsables de mantenimiento un control exhaustivo sobre todas las instalaciones y equipamiento, desde su adquisición hasta el fin de su vida útil.

8.2 COMPONENTES DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Un programa de mantenimiento consta de ciertos procesos como los son: entrada de la información, almacenamiento, procesamiento de esta y salida de la información aplicada correctamente al desarrollo del programa.

✓ ENTRADA DE LA INFORMACION

En este proceso la información que ha sido recopilada se almacena para ser procesados, estas entradas las encontramos de dos formas automáticas y manuales; las automáticas son las extraídas de otros módulos o sistemas, mientras que las manuales son las que el usuario ingresa concretamente.

✓ ALMACENAMIENTO

Es de suma importancia en el manejo de información ya que es guardada para su posterior utilización, a través de esta podemos recordar actividades realizadas anteriormente, las cuales son almacenadas en bases de datos o archivos de fácil acceso.

✓ PROCESAMIENTO

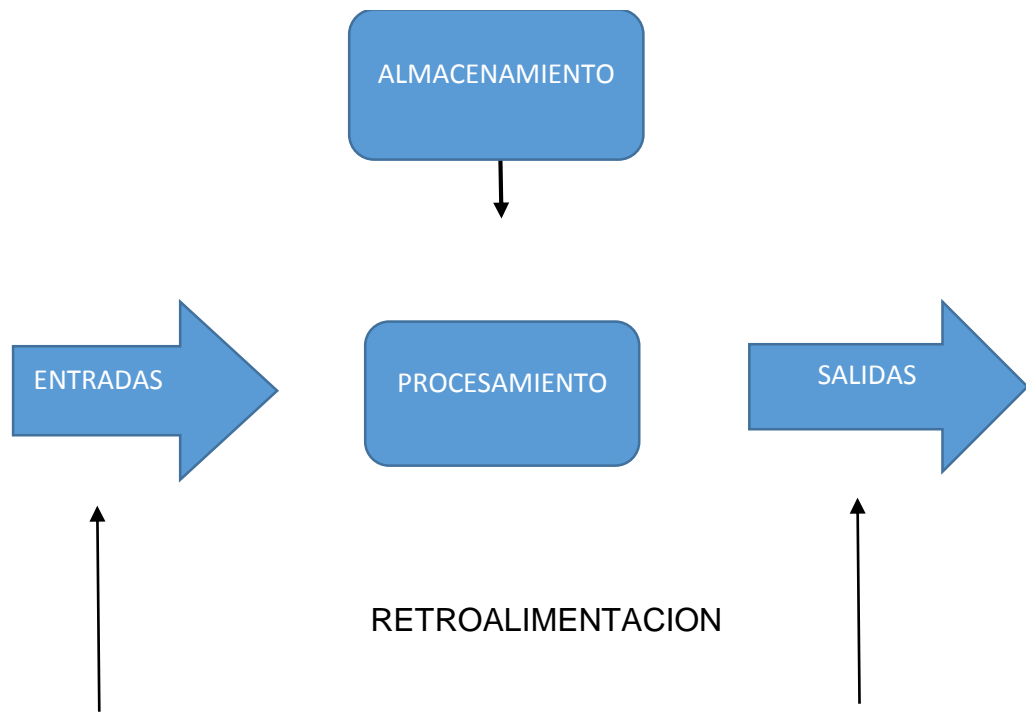
Cualquier ordenación o tratamiento de datos, o los elementos básicos de información, mediante el empleo de un sistema.

Entonces se logra sobre los datos algún tipo de transformación. Es esta transformación la que convierte al dato en información. A partir del momento en que esos datos son procesados ya llegan a ser útiles para determinada actividad.

✓ SALIDA DE INFORMACION

La salida es la capacidad de un Sistema de Información para sacar la información procesada o bien datos de entrada al exterior. Es importante aclarar que la salida de un Sistema de Información puede constituir la entrada a otro Sistema de Información o módulo. Expresar información relacionada con actividades pasadas, estado actual o proyecciones para el futuro son actividades que nos enfatizan a señalar eventos importantes, oportunidades, problemas o advertencias.

Figura 29 In and Out Programa



Fuente Autores

8.3 FINALIDAD DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Las empresas día tras día van en la búsqueda del dominio del mercado, este se obtiene ofreciendo productos o servicios con el mejor nivel de calidad; para ello es necesario analizar en forma clara y precisa el estado actual de la empresa identificando los pequeños y grandes inconvenientes encontrados en el proceso y mantenimiento, de forma que el programa contribuya a la mejora del sistema.

Hoy en día, las computadoras se han convertido en una herramienta importante para el desarrollo de diferentes actividades; el uso de estas herramientas, hace que sea importante realizar frecuentemente mantenimiento a los equipos, que

busquen minimizar al máximo, la prevención por mal funcionamiento, o la pérdida definitiva de las maquinas, ocasionadas por daños irreversibles de los componentes con los cuales están contruidos estos equipos, de no prevenirse esta situación se generarían altos costos operativos por reposición para la empresa.

Para ser competente en el mercado se tiene que tener gran calidad en los productos para la mejora continua se adopta el programa de mantenimiento, teniendo en cuenta los siguientes objetivos.

- ✓ Garantizar información exacta y confiable, así como su almacenamiento de tal forma que esté disponible cuando se le requiera.
- ✓ Proporcionar datos de manera oportuna, que sean exactos para tomar las decisiones acertadas.
- ✓ Ser una herramienta importante para que las personas a cargo realicen una planeación, control y tomar decisiones viables para la empresa.
- ✓ Llevar un control de los costos del mantenimiento, teniendo en cuenta el tiempo, mano de obra y servicios varios.
- ✓ Alargar la vida útil de los equipos y lo que conlleva con ellos.
- ✓ Mediante el programa podemos elevar significativamente los porcentajes de eficacia y eficiencia en diferentes secciones de la planta de producción.

9. PROGRAMA PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO DE CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

A continuación se explicara el contenido del programa de mantenimiento que se implementó para el control de las maquinas en la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. llevando una herramienta de fácil utilización, clara y amigable; la cual nos permite un manejo de la información correspondiente al mantenimiento de todos los equipos en tiempo real; esta herramienta enfoca algunos requerimientos planteados por la empresa teniendo en cuenta que este cuenta con algunos limitantes. Se sustituyeron algunos módulos que se querían incorporar, todos estos por razones económicas por parte de CONCENTRADOS ESARTACO S.A.

Figura 30 Módulos del programa



Fuente Autores

Los módulos necesarios para la implementación del programa de mantenimiento en CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. son los siguientes:

9.1 MAQUINAS

En este módulo encontramos la información muy importante referente a toda la maquinaria, todas esta referenciadas individualmente, que se encuentra en la planta de producción, como lo son hojas de vida y fichas técnicas. Con este módulo tener con detalle y de forma oportuna toda información que se necesita en cualquier momento que se requiera para su utilización.

9.1.1 Hojas de vida

Este es el primer submodulo que encontraremos, donde está contenida la información del tipo de mantenimiento preventivo que se debe hacer a cada máquina de forma adecuada y con la periodicidad necesaria de acuerdo a la información recopilada en el desarrollo del proyecto, también encontraremos la información referente a las actividades de mantenimiento correctivo realizadas a partir de la fecha de puesta en marcha del proyecto ya que CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. no cuenta con un registro de estas actividades, las cuales se realizaban sin quedar ningún registro del trabajo que se había hecho.

El formato creado para este registro de información general de la maquina e historial de mantenimiento es el siguiente:

REFERENCIA	Nombre más detallado del equipo
POTENCIA	Potencia con que funciona el equipo.
VOLTAJE	Cantidad de voltaje con que debe operar.
AÑO DE ADQUISICION	Año en el que fue adquirido, o ingresado a la entidad.
CUENTA CON MANUAL	Señalar afirmativo o negativo si se cuenta con el manual de funcionalidad o técnico.
UBICACIÓN DEL MANUAL	Donde se encuentra ubicado el manual de funcionamiento.
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO NECESARIO	
ACTIVIDAD	Descripción de la actividad a realizar.
PERIODICIDAD	Descripción de la periodicidad con que se le debe realizar el mantenimiento.
MATERIALES A UTILIZAR	Descripción general de herramientas o insumos o materiales necesarios para su mantenimiento.
HISTORIAL DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS	
FECHA DEL MANTENIMIENTO	Descripción de la fecha de los mantenimientos realizados.
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	Descripción general de los mantenimientos realizados.
AVERIA O DAÑO ENCONTRADO	Descripción del diagnóstico encontrado.
REPUESTOS	Descripción de los repuestos necesarios, utilizados durante el mantenimiento.
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	Nombre de la empresa o funcionario quien realizó el mantenimiento.
OBSERVACIONES SOBRE EL ESTADO DE LA MAQUINA O EQUIPO	
FECHA	Fecha en la que se encontró alguna avería o sugerencia a tener en cuenta.
OBSERVACIONES ECONTRADAS	Descripción general a las observaciones encontradas durante la revisión.
NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	Nombre de la empresa o funcionario quien realizó el mantenimiento.

Fuente Autores

9.1.2 Fichas técnicas

En este submodulo encontraremos las fichas técnicas de cada uno de los equipos con información más detallada y una imagen de la maquina en cuestión, toda esta información ha sido recopilada de manuales e información en sitios de internet de los fabricantes, las fichas se han clasificado de acuerdo a la sección donde encuentran, nombre y código asignado para un fácil acceso.

Figura 31 Ficha técnica

		FICHA TECNICA	
		NOMBRE	
UBICACIÓN		<div style="border: 1px solid black; padding: 20px; width: fit-content; margin: auto;"> <p style="font-size: 24px; margin: 0;">AREA PARA LA IMAGEN DEL EQUIPO</p> </div>	
CARACTERISTICAS GENERALES			
Motor			
Referencia			
Potencia			
Velocidad			
Capacidad			
Peso			
Volumen efectivo			
Tiempo de molienda			
Energía			
Temperatura de operación			
Humedad relativa			
Partes de cambio			
PARTE	ESPECIFICACION		

Fuente Autores

A continuación se da una explicación de que información debe llevar cada una de las casillas de la ficha, teniendo en cuenta que todas las fichas de los equipos no son iguales, porque a algunos se les agrega más información y otros simplemente no la requieren o aplican otros parámetros. Por eso nos enfatizaremos en la que es más extensa.

Tabla 25. Explicación fichas técnicas

CASILLA	DESCRIPCION
NOMBRE	Nombre del equipo con su respectivo código
UBICACIÓN	Sección y ubicación en planta donde se encuentra
CARACTERISTICAS GENERALES	
MOTOR	Marca del motor
REFERENCIA	Identificación según el fabricante
POTENCIA	Potencia del motor Hp/Kw
VELOCIDAD	Velocidad de operación rpm
CAPACIDAD	Capacidad de producción en Kg/hr
PESO	Peso total del equipo Kg
VOLUMEN EFECTIVO	Capacidad nominal en stand by mts ³
TIEMPO DE MOLIENDO	Tiempo de molienda por cada carga Sg
ENERGIA	Cantidad de voltaje con la que debe operar V
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	Rango de temperaturas admisibles de trabajo °C
HUMEDAD RELATIVA	Porcentaje de humedad recomendable de trabajo %
PARTES DE CAMBIO	
PARTE	Listado de piezas que se reemplazan con más frecuencia
ESPECIFICACION	Qué tipo de pieza son, y especificaciones generales
CANTIDAD	Número de piezas que utiliza el equipo

Fuente Autores

9.2 RCM II

RCM II transforma la relación entre el personal involucrado, la operación en sí misma y el personal que tiene que hacerla funcionar y mantenerla. También permite poner en funcionamiento nueva maquinaria a gran velocidad, seguridad y precisión.


La mayoría de la gente cree que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El conocimiento de la segunda generación sugiere que esta acción preventiva debe consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes en intervalos fijos.

Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un periodo y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar a duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

En este módulo encontraremos en análisis RCM II a los equipos más críticos como lo son el molino vertical, molino horizontal y la mezcladora siendo estos los equipos que requieren de la mayor atención posible, todo este proceso en detalle sea mostrado en el capítulo anterior.

A continuación se presenta el formato del análisis de RCM II con los parámetros necesarios con su respectiva explicación de la adquisición de los datos.

Figura 32 RCM II

COORDINACION DE MANTENIMIENTO MECANICO						
HOJA DE INFORMACION DE RCM					CODIGO:	
		SISTEMA:			FACILITADORES:	
		SUBSISTEMA:			AUDITOR:	
HOJA No.						
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODO DE FALLA	EFFECTO DE FALLA
1		A		1		
				2		
		B		1		
				2		
		C		1		
				2		

Fuente Autores

La forma correcta y los datos necesarios adquiridos mediante indagación a operarios y personal de mantenimiento según los requerimientos mostrados a continuación:

Tabla 26 Explicación RCM II

CASILLA	DESCRIPCION
CODIGO	El codigo asignado de la maquina
FACILITADORES	Nombre de los realizadores del analisis
AUDITOR	Persona encargada de la revision del analisis
SISTEMA	Nombre del equipo
SUBSISTEMA	Proceso que realiza el equipo
HOJA	Numero de la hoja
FUNCION	Funcion general que tiene el sistema
FALLA FUNCIONAL	Fallas presentes en el sistema
MODO DE FALLA	De que manera fallara el equipo
EFECTO DE FALLA	Causa por el motivo que falla el equipo
F	Numeracion de acuerdo a la funcion correspondiente
FF	Numeracion de acuerdo a la falla funcional correspondiente
MF	Numeracion de acuerdo al modo de falla correspondiente

Fuente Autores

9.3 ORDEN DE TRABAJO


La fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

Las Ordenes de Trabajo son específicas, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee, sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente

o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

Las casillas correspondientes a las órdenes de trabajo se decidieron teniendo en cuenta la asesoría del jefe de mantenimiento ya que él cuenta con el conocimiento necesario del funcionamiento de la planta de esta manera se reunieron las ideas planteadas por ambas partes y tener el formato de orden de trabajo.

Figura 33 Orden de trabajo

				ORDEN DE TRABAJO			
				FECHA		ORDEN N°	
Día		Mes		Año			
tipo de trabajo:						Hora:	
Fecha de ejecucion		Día:	Mes:	Año:	Riesgo del trabajo		
tipo de problema:							
medidas de seguridad:							
descripcion del equipo				NOMBRE DEL EQUIPO			
responsable de trabajo				CODIGO EQUIPO			
Análisis Visual							
Descripcion del trabajo:				HISTORIAL DE MANTENIMIENTO			
				FECHA		TIPO	
REQUISITOS DE REPUESTOS							
CODIGO	NOMBRE			CANTIDAD	UBICACION	PROVEEDOR	
OBSERVACIONES:							
tiempo de duracion del trabajo			Recomendación:				
firma del operario				firma del supervisor			

Fuente Autores

Tabla 27 Explicación orden de trabajo

CASILLA	DESCRIPCION
FECHA	Fecha del dia en que se encuentra el problema
ORDEN N°	Numero de orden, de acuerdo al correspondiente
TIPO DE TRABAJO	Clase de trabajo realizado
FECHA DE EJECUCION	Fecha en la cual se ejecuta el mantenimiento
HORA	Hora de realizacion del trabajo
RIESGO DEL TRABAJO	Si tiene algun peligro para el que realiza el trabajo
TIPO DE PROBLEMA	Descripcion del Problema detectado
MEDIDAS DE SEGURIDAD	Que medidas de seguridad se deben tomar
DESCRIPCION DEL EQUIPO	Que proceso es el que realiza el equipo
NOMBRE DEL EQUIPO	Nombre del equipo
CODIGO DEL EQUIPO	Codigo asignado de codificacion
RESPONSABLE DEL EQUIPO	Operario encargado en el momento del mantenimiento
ANALISIS VISUAL	Revision visual del estado del equipo
DESCRIPCION DEL TRABAJO	Que tipo de trabajo se va a realizar
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO	
FECHA	fecha de los ultimos 5 mantenimientos
TIPO	Tipo de mantenimiento de los ultimos 5
REQUISITOS DE REPUESTOS	
CODIGO	Codigo del repuesto
NOMBRE	Nombre del repuesto
CANTIDAD	Cantidad utilizada
UBICACIÓN	Ubicación del repuesto si se encuentra en stock
PROVEEDOR	Distribuidor del repuesto
OBSERVACIONES	Alguna observacion por parte del encargado del mantenimiento
TIEMPO DE DURACION DEL TRABAJO	Duracion total en min del mantenimiento
RECOMENDACIONES	Alguna recomendación por parte de los entes involucrados en el mantenimiento
FIRMA DEL OPERARIO	Verificacion del operario que se realizo correctamente
FIRMA DEL SUPERVISOR	Autorizacion para hacer el mantenimiento

Fuente Autores


9.4 ALARMAS

En este módulo se identificaron y se documentaron las fallas que pueden ocurrir por falla o terminación de vida útil de ciertos elementos indispensables para el correcto funcionamiento de cada equipo, que van a ser atendidas mediante alarmas, cabe aclarar que se realiza a todos los equipos funcionales de la planta de producción.

La recopilación de estas fallas se hizo de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes y por experiencia del jefe de mantenimiento.

A continuación se muestran las posibles fallas de los equipos con las cuales se generan las alarmas el funcionamiento de estas alarmas se muestra en el capítulo siguiente.

Tabla 28 Fallas de los equipos

		
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.		
ALARMAS		
EQUIPO	TAREA	PERIODICIDAD
Todos	Rutina de mantenimiento	Semanal (Todos los Lunes)
Transportadores sin fin (0XSF00XX)	Cambio de la valvulina	Anual (Enero)
	Cambio del sistema de transmision	4 años (Febrero)
	Inspeccion y ajustes de tornilleria	6 meses (Enero y junio)
Elevadores de cangilones (0XEC00XX)	Cambio de la valvulina	Anual (Febrero)
	Cambio del sistema de transmision	4 años (Marzo)
	Inspeccion y correccion o cambio de elementos dañados de la banda	Trimestral (Enero, Abril, Julio, Octubre)
Limpiadora de grano (0XLP00XX)	Balanceo de los martillos	Semestral (Abril, Octubre).
	Cambio de bandas	Cada 1.5 años
Molino Horizontal (03MH0001)	Balanceo de los martillos	Semestral (Mayo, Noviembre).
	Cambio de los martillos	cada 8 meses
	Cambio de la rejilla del sifon	Cada 1.5 años
	Analisis y correccion de vibraciones especializado	Cada 1.5 años
	Cambio de sellos del cilindro neumatico	Anual (Julio)
Bascula (03BA0001)	Calibracion de los sensores (De presion)	Cada 5 años
	Cambio de los sellos de los cilindros neumaticos	Anual (Septiembre)
Distribuidor Giratorio (02DG0001)	Calibracion de sensores (Finales de carrera)	Anual (Octubre)
	Cambio de bujes	Anual (Octubre)
Alimentadores (0XAL00XX)	Cambio de la rejilla filtradora	1.5 años
	Cambio de valvulina	Anual (Novienbre)
	Cambio del sistema de transmision	Anual
Molino Vertical (03MV0001)	Balanceo de los martillos	Semestral
	Cambio de los martillos	Cada 8 meses
	Cambio de la criba	Depende de la utilizacion de cada una de las cribas, se cambian cada 7 meses
	Cambio de los sellos de los cilindros neumaticos	Anual
	Calibracion de los sensores (finales de carrera)	Anual
	Cambio de bujes del mecanismo de la criba	Semestral
	Analisis y correccion de vibraciones especializado	Cada 1.5 años
Mezcladora (04MZ0001)	Cambio de los sellos del cilindro neumaticos	Anual
	Balanceo de las paletas	Semestral
	Cambio de la valvulina	Anual
	Cambio de la transmision	Cada 3 años
	Cambio de los sellos de las chumaceras	Semestral
Bandas transportadoras	Cambio de correas	Anual
	Cambio de bandas	Cada 3 años
	Cambio de valvulino	Anual

Fuente Autores

9.5 ALMACEN

En este módulo encontramos todas las herramientas, insumos y repuestos que se encuentran disponibles en el momento de la realización del inventario, teniendo en cuenta que en el programa se podrá tanto incluir repuestos como herramientas que se adquieran y también la sustitución de cada uno de ellos de acuerdo a la necesidad.

Este módulo se debe actualizar periódicamente de acuerdo a las actividades de mantenimiento que se van realizando, para un correcto funcionamiento del mismo.

Tabla 29 Inventario de herramientas del almacén

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO MECANICO		
	HOJA No 1	INVENTARIO DE HERRAMIENTAS
NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCION
Llave Inglesa	2	1 1/4 pulg
Llave Inglesa	2	1 1/8 pulg
Llave Inglesa	2	1 1/16 pulg
Llave Inglesa	2	1 pulg
Llave Inglesa	2	15/16 pulg
Llave Inglesa	2	7/8 pulg
Llave Inglesa	2	3/4 pulg
Llave Inglesa	2	11/16 pulg
Llave Inglesa	2	5/8 pulg
Llave Inglesa	2	9/16 pulg
Llave Inglesa	2	1/2 pulg
Llave Inglesa	2	7/16 pulg
Llave Inglesa	3	3/8 pulg
Llave Inglesa	3	1/4 pulg
Llave Inglesa	1	7 mm

Llave Inglesa	1	14 mm
Llave Inglesa	1	13 mm
Llave Inglesa	1	11 mm
Llave Inglesa	1	9 mm
Llave Inglesa	2	9/16 - 1/2 pulg
Llave Inglesa	1	1 15/16 pulg
Hombresolo	2	No aplica
Alicate	1	No aplica
Tijeras de lamina	2	No aplica
Llave de expansión	2	15 pulg
Remachadora	2	No aplica
Llave de tubo	1	12 pulg
Llave de tubo	1	18 pulg
Llave de tubo	1	24 pulg
Pistola Neumática	1	No aplica
Escuadra metálica	1	No aplica
Pela cables	2	No aplica
Juego de llaves bristol allen	2	3/8 - 1/16 pulg
Destornillador de pala	2	No aplica
Destornillador de estrella	3	No aplica
Martillo	2	No aplica
Porras	2	No aplica
Cinzel	1	No aplica
Pulidora	1	4 pulg
Pulidora	1	7 pulg
Taladro	1	No aplica
Diferencial	1	1 ton
Careta para soldar	1	No aplica
Machete	2	No aplica
Pulidora	1	6 pulg
Pinzas	5	No aplica

Equipo de soldadura (Lincoln eléctrico)	1	225 Amp
Taladro de árbol	1	No aplica
Esmeril	1	No aplica
Flexómetros	2	No aplica
Extensiones de cable	2	10 mts
Motoreductor Siemens	5	(1790-90); (18:1); 7 hp
Motoreductor SEW eurodrive	1	(1800-90); (19:1); 3 Kw
Motor de dos velocidades SEW eurodrive	1	2 hp
Motoreductor SEW eurodrive	1	2 hp
Motoreductor (reductor sin fin corona)	1	0,75 Kw; 36 rpm
Motor WEG	1	2 hp; 1740 rpm
Motor siemens	1	5 hp; 1800 rpm
Motor ABB	1	5 hp; 1700 rpm
Motor SEW	1	1,5 Kw; 1800 rpm
Motor WEG	1	6,75 Kw
Motor	1	100 hp
Caja reductora WEG	1	(1730 a 30 rpm)
Bomba engrasadora	1	No aplica
Hombrosolo de uña	4	No aplica
Prensa Manual	1	No aplica
Martillos de caucho	3	No aplica
Cosedora Manual	1	No aplica
Bomba de fumigación	1	No aplica
Arnés de seguridad	3	No aplica
Aceitera	1	No aplica
Cepillo Metálico	1	No aplica
Bisturí	1	No aplica
Pistola para pintura	1	No aplica
Escalera de aluminio	1	2 mts
Juego de terrajas	1	Utilizado para tubos

Fuente Autores

9.6 AYUDA

Este módulo es sencillo ya que el programa es de fácil utilización con una interfaz amigable, pero se incorpora un documento que muestra toda la información de cómo es y para qué sirve cada uno de las partes contenidas en el programa.

De acuerdo a las necesidades del operador del programa muestra una explicación de cómo hacer y obtener cada acción o documento que se quiera realizar o extraer.

10 CAPACITACION

Para las organizaciones el recurso más importante son los trabajadores, por esto la necesidad de invertir en ellos al proporcionar continuamente oportunidades para mejorar sus habilidades. Las cuales constituyen el desarrollo del personal, que incluye aquellas actividades designadas a capacitar, adiestrar y motivar al empleado, con el propósito de ampliar sus responsabilidades dentro de la empresa.

Desarrollar las capacidades del trabajador proporciona los beneficios para los empleados y las organizaciones, ayuda a los empleados a aumentar sus habilidades, cualidades y beneficia a la organización al incrementar las habilidades del personal de manera costo-beneficio. La capacitación hará que el trabajador sea más competente y hábil. Además, al utilizar y desarrollar las habilidades del trabajador, la organización entera se vuelve más fuerte, productiva y rentable.

De acuerdo con la necesidad de orientar al personal a la capacitación del programa se vio el menester de crear una guía de ayuda dentro del programa para solucionar cualquier inconveniente en la utilización del sistema de administración de mantenimiento.

En este capítulo se hace énfasis en el manejo y utilización adecuada del programa de mantenimiento se explica de manera explícita cada paso desde el inicio de sección por medio de un usuario y clave hasta su módulo de ayuda, abarcando todo el programa, cada módulo y su operación de trabajo.

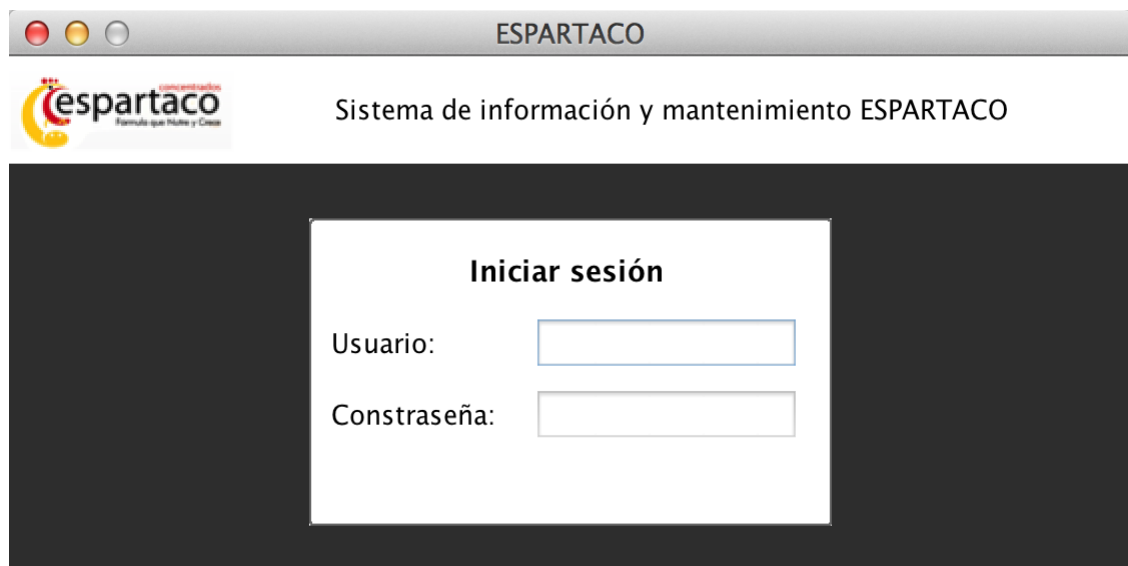
De este modo la persona capacitada tendrá la habilidad de utilizar de la mejor forma y profesional mente el sistema de administración de mantenimiento.

10.1 INGRESO AL PROGRAMA DE ADMINISTRACION

En el escritorio del equipo donde se instaló el programa de administración se encuentra el acceso directo para ingresar.

Por medio de un click se ingresa a una ventana de seguridad donde se observa el acceso de usuario con su respectiva casilla de contraseña, las cuales son asignadas solo al personal capacitado en manejo y operación del programa de administración de mantenimiento para Concentrados Espartaco S.A., evitando así la mala manipulación de los archivos que se deben realizar de forma profesional.

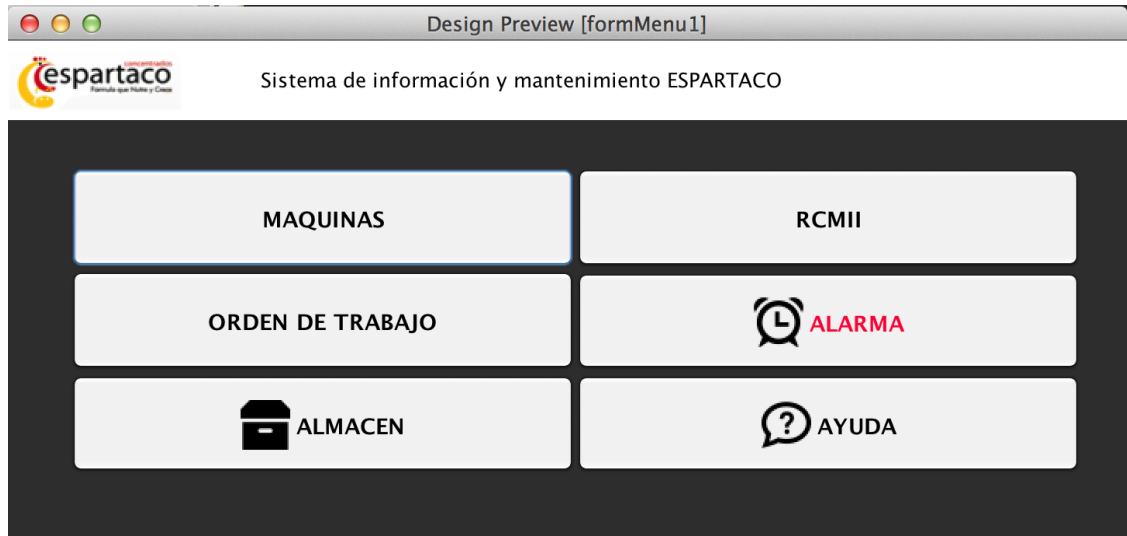
Figura 34 Acceso de usuario



Fuente Autores

Luego de digitar el usuario asignado y su respectiva contraseña el programa automáticamente genera el ingreso a la interfaz principal del programa que consta de seis módulos, los cuales están ubicados en dos columnas de tres módulos. En la primera columna se observa los módulos de Maquinas, Orden de trabajo y Almacén. Y en la segunda los módulos de RCM II, Alarmas y Ayuda.

Figura 35 Interfaz Principal

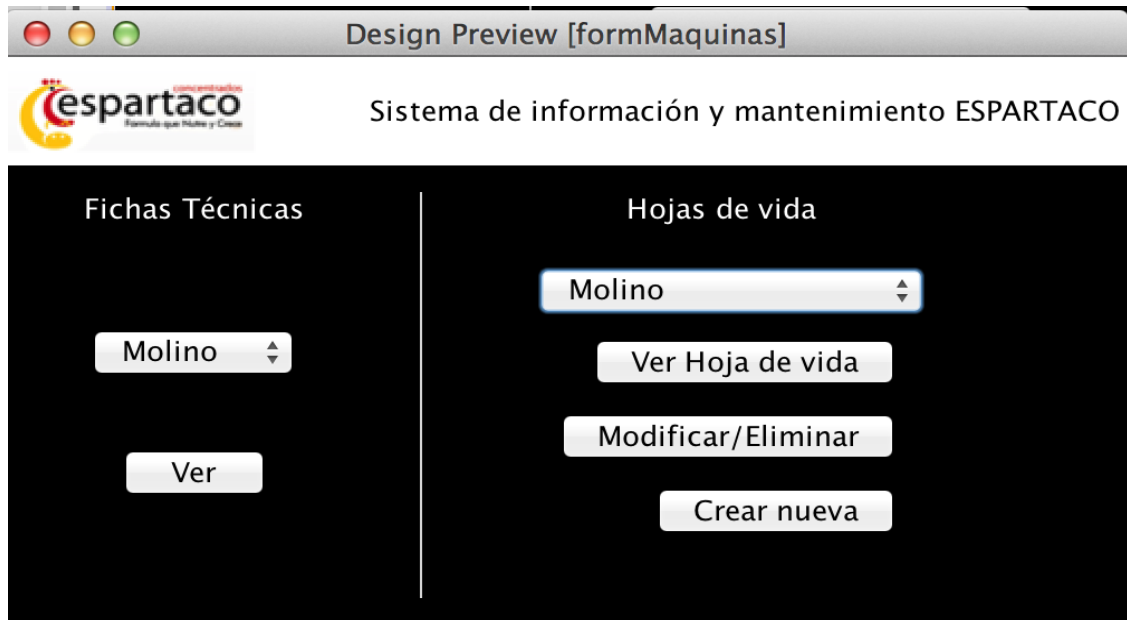


Fuente Autores

10.2 MODULO DE MAQUINAS

El primer módulo de la primera columna corresponde al módulo de máquinas, el cual contiene dos sub módulos llamados fichas técnicas y hoja de vida.

Figura 36 Submodulos, fichas técnicas, hoja de vida



Fuente Autores

El sub modulo fichas técnicas consta de un menú desplegable el cual contiene la información técnica de cada máquina involucrada en la planta de producción de la empresa Concentrados Espartaco S.A. esta información puede ser llamada digitando el nombre de la maquina con su código asignado y dando click en la casilla “VER”. Ejemplo se digita en la casilla desplegable elevador 01EC0001 seguido del click en “VER” y el programa muestra la ficha de dicha máquina.

Figura 37 Ficha técnica elevador



FICHA TECNICA

ELEVADOR CANGILONES
01EC0001

UBICACIÓN	Recibe del transportador SIN-FÍN 01SF0001 y entrega al transportador SIN-FIN 02SF0002	
CARACTERISTICAS GENERALES		
Motoreductor	SEW helicoidal	
referencia	R87 dv 132M4	
potencia	7.5 HP	
Velocidad	90 RPM	
Capacidad	70 ton/hora	
Banda	Tipo ANL-125 de 13"*3 lonas, e: 3/8", resistencia a la roptura 440 lbs/pulg	
cangilon	cangilon 11" Ref: 11TX6 uniones por tornillo	
CONSTRUCCION		
Cabeza de elevador	Lamina 1/8" HR. totalmente atornillada con puerta de mantenimiento, Base atornillada con brida superior en angulo 2 1/2" *1/4" donde soporta el eje superior , polea de banda y chumaceras. Igual usada como bastidor del motor.	Ca
conjunto de polea superior y eje	Polea en fundicion de hierro gris, ejes SAE 1045 de pedestal	
Base Elevador	Lamina C 3/16" HR, compuerta de 150 * 250 mm	
Bridas	angulo de 1 1/2"*3/16" con tornillos tensores de 1"*50 cm a la base de chumacera para tensionar banda	
Conjunto de polea inferior y eje	Polea tipo jaula ardilla con ejes de 3/4" y discos centrales, co central de 3" maquinado para eje de 2", ubicado sobre chum de parche	



Fuente Autores

Y así procediendo para cada máquina de la empresa.

El segundo sub modulo HOJA DE VIDA igualmente consta de un menú desplegable, operando de la misma forma digitando nombre de la máquina y su código asignado más un click en la casilla “VER HOJA DE VIDA ” se llama el archivo requerido.

Figura 38 Hoja de vida elevador

		HOJA DE VIDA DE LA MAQUINA:			
		ELEVADOR DE CANGILONES			
TIPO DE DOCUMENTO:		FORMATO	CODIGO: 01EC0001		
NOMBRE:		GESTIÓN ADMINISTRATIVA / HOJA DE VIDA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	VERSIÓN: 1		
RESPONSABILIDAD POR APLICACIÓN:		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	Página: 1 de 1		
NOMBRE DEL EQUIPO O MAQUINARIA:	ELEVADOR DE CANGILONES				
DESCRIPCIÓN:	TRANSPORTAR LA MATERIA PRIMA DESDE LA EL TORNILLO SIN FIN (01SF0001) HACIA EL TORNILLO SIN FIN (02SF0002).				
RESPONSABLE DEL EQUIPO:					
CÓDIGO: NO TIENE	MARCA: NO APLICA	VOLTAJE: 220 V	AMPERAJE: 19,9/9,9	VELOCIDAD: 91 RPM	
UBICACIÓN: EN LA PARTE INFERIOR DE LA TOLVA DE DESCARGA.	REFERENCIA:	N° DE SERIE:		AÑO DE ADQUISICION	
	POTENCIA: 55 Kw			MM / DD / AA	
CUENTA CON MANUAL:	SI	NO	X	UBICACIÓN DEL MANUAL	NO APLICA
DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO NECESARIO					
ACTIVIDAD	PERIODICIDAD	MATERIALES A UTILIZAR			
Inspeccion visual, uniones, estado general.	Diaria	Linterna, brocha, llaves.			
Lubricacion chumacera, cadena.	Semanal	Aceitera, inyector de grasa; aceite y grasa.			
Estado de la cadena y piñones.	Diaria	Linterna, brocha.			
Ajuste de tensores.	Diaria	Llaves.			
Alineacion de bandas.	Diaria	Llave bristol.			
Cambio de valvulina del motor.	Anual	Llaves de apaertura, valvulina.			
HISTORIAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO REALIZADOS					
FECHA	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	AVERIA O DAÑO ENCONTRADO	REPUESTOS	NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MTO.	
MM / DD / AA					
FECHA	OBSERVACIONES SOBRE EL ESTADO DE LA MAQUINARIA O EQUIPO				NOMBRE DEL RESPONSABLE DEL MTO.
MM / DD / AA					

Mas tres casillas las cuales permiten realizar modificaciones / eliminar o crear una nueva hoja de vida. Pensando en el crecimiento de la empresa, La casilla de modificaciones se utiliza para reponer algún error introducido previamente y permitiendo tener información real y verdadera. Donde las modificaciones se realizan por medio de unas entradas como nombre de la máquina, periodicidad y herramientas a utilizar, modifican la “descripción de mantenimiento preventivo”

Figura 39 Modificación descripción del mantenimiento

Design Preview [formMantPrev]

espartaco
Sistema de información y mantenimiento ESPARTACO

Nueva Actividad para mantenimiento preventivo

Nombre Periodicidad Materiales a utilizar

Agregar

Fuente Autores

Para modificar el historial de mantenimiento correctivo es necesario introducir las fechas de realización de la operación, el nombre del responsable del trabajo, la descripción del mantenimiento y la avería o daño encontrado. Y realizar un click en la casilla “agregar” y será añadido a la hoja de vida seleccionada.

Figura 40 Modificación historial de mantenimiento correctivo

Design Preview [formMantCorr]

espartaco
Sistema de información y mantenimiento ESPARTACO

Nuevo registro para mantenimiento correctivo

Fecha Responsable

Descripción del mantenimiento:

Avería o daño encontrado:

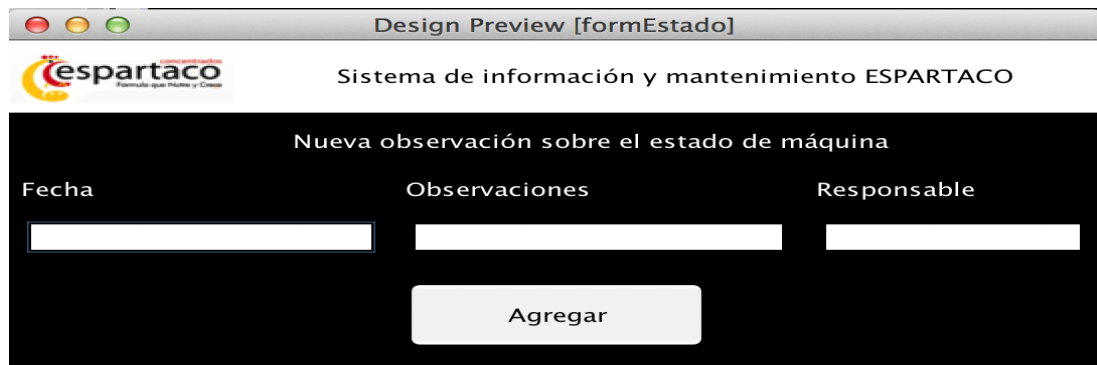
Agregar

Fuente autores

Las hojas de vida de las máquinas de la empresa también tienen registro sobre el estado de la máquina o equipo por ello también se puede modificar en caso

de algún error o si queremos incluir alguna actividad realizada. Y consta de algunas entradas que son requisito de llenar como la fechas de realización, las observaciones del estado de la máquina y el nombre del responsable del mantenimiento.

Figura 41 Modificación de estado del equipo



The image shows a web browser window titled "Design Preview [formEstado]". The page header features the "espartaco" logo on the left and the text "Sistema de información y mantenimiento ESPARTACO" on the right. The main content area has a dark background and is titled "Nueva observación sobre el estado de máquina". It contains three input fields: "Fecha", "Observaciones", and "Responsable". Below these fields is a button labeled "Agregar".

Fuente Autores

Pensando en la visión de la empresa y sus planes de crecimiento se incluyó una casilla de crear nueva hoja de vida, para incluir todos los equipos nuevos con los que la empresa desee contar.

Para crear una nueva hoja de vida se tienen que contar con alguna información técnica del equipo el cual se tiene que registrar como entradas en el nuevo formato a crear. Como el código y nombre, responsable del mantenimiento, descripción de la máquina, marca, referencia voltaje, potencia, N° de serie, año de adquisición y si contiene manual o no. Al introducir todos los datos requeridos se oprime la casilla "CREAR" y la nueva hoja de vida será guardada en la base de datos del programa.

Figura 42 Crear hoja de vida

Design Preview [formMaquinaCrear]

espartaco Formando que Nace y Crece Sistema de información y mantenimiento ESPARTACO

Nueva Hoja de vida de máquina

Nombre: Responsable:

Descripción:

Código: Marca:

Referencia: Potencia:

Voltaje: No. Serie:

Año de adquisición: Manual: Si No

Fuente Autores

10.3 MODULO DE ORDEN DE TRABAJO

El módulo de orden de trabajo tiene como fin proporcionar un seguimiento de un patrón de orden para el técnico en mantenimiento, el cual consta de una rutina de mantenimiento y la creación de órdenes de trabajos, los cuales están clasificados como sub módulos.

Figura 43 Modulo orden de trabajo



Fuente Autores

10.3.2 Submódulo de rutina de mantenimiento

Se encuentra un listado con el mantenimiento preventivo de cada máquina y equipos con los que cuenta la empresa Concentrados Espartaco s.a. donde se especifican los trabajos que se recomiendan realizar periódicamente para mantener en óptimas condiciones la planta de producción. El modulo opera de dos formas buscando en la base de datos por fecha de creación los mantenimientos realizados anterior mente y dándole click en la casilla “CONSULTAR” el programa muestra los archivos guardados.

Figura 44 Rutina de mantenimiento

Design Preview [formNewRutina]

espartaco
Sistema de información y mantenimiento ESPARTACO

Rutina diaria

Fecha 12/04/2014 Operario

Código AFF3001 Supervisor

06BT0001 - Banda transportadora
06BT0002 - Banda transportadora
06BT0003 - Banda transportadora
07CA0001 - Compresor de Aire
07BC0001 - Bomba Centrifuga
07BC0002 - Bomba Centrifuga
07BC0003 - Bomba Centrifuga

1. Revisar el filtro en la succion.
2. Revisar todos los empaques de la bomba.
3. Lubricacion de los cojinetes.
4. Revision de los pernos de sujecion.

Observaciones

Si
 No

Guardar

Fuente Autores


La creación de un archivo de rutina de mantenimiento se realiza dando un click en la casilla “CREAR”, donde el programa importa un archivo con todas las tareas de mantenimiento preventivo que se deben realizar y llenando las casillas que indican si se realizaron en esa fecha y una casilla de observación para cada máquina si se necesita llenar por alguna novedad.

10.3.3 Submodulo orden de trabajo

Igualmente que el sub módulo de rutina de mantenimiento la forma de llamar las órdenes de trabajo realizadas y guardadas en la base de datos es por medio de la selección del equipo por nombre y código seguido del click en la casilla “CONSULTAR” se muestra el archivo deseado. También está la opción de crear una orden de trabajo nueva dándole click en la casilla “CREAR”, donde

aparecerá un formato con sus casillas desocupadas lista para llenarla y ser guardada posterior mente de realizarse el trabajo asignado.

Figura 45 Formato orden de trabajo

		ORDEN DE TRABAJO				
		FECHA			ORDEN N°	
		Día	Mes	Año		
tipo de trabajo:					Hora:	
Fecha de ejecucion	Día:	Mes:	Año:	Riesgo del trabajo		
tipo de problema:						
medidas de seguridad:						
descripcion del equipo				NOMBRE DEL EQUIPO		
responsable de trabajo				CODIGO EQUIPO		
Analisis Visual						
Descripcion del trabajo:	HISTORIAL DE MANTENIMIENTO					
			FECHA	TIPO		
REQUISITOS DE REPUESTOS						
CODIGO	NOMBRE			CANTIDAD	UBICACION	PROVEEDOR
OBSERVACIONES:						
tiempo de duracion del trabajo					Recomendación:	
firma del operario		firma del supervisor				

Fuente Autores

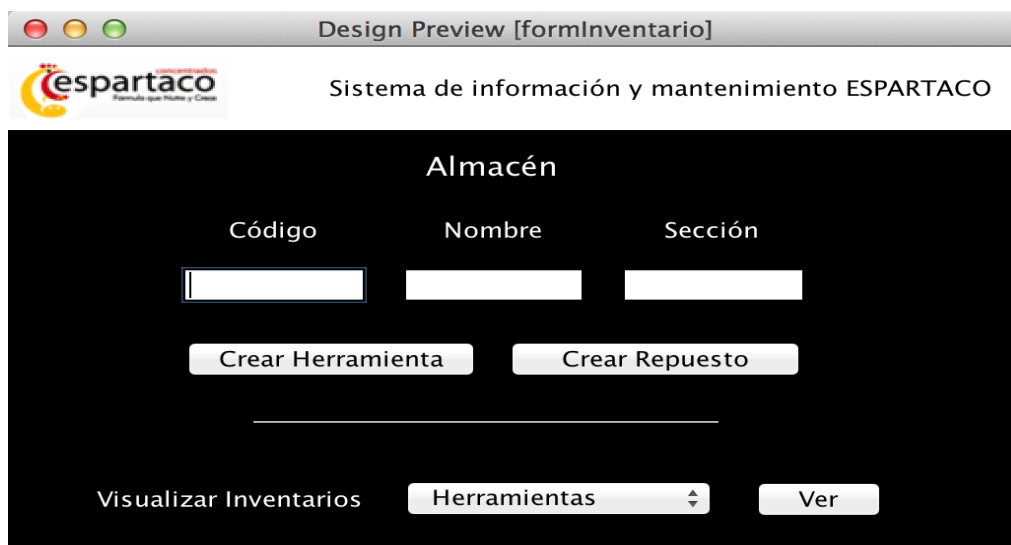
La orden de trabajo debe ser llenada correctamente por el jefe de mantenimiento y firmada, cuando el trabajo se realizó dejando constancia de todo trabajo de mantenimiento hecho en la planta.

10.4 MODULO ALMACEN

El módulo de almacén es un sistema de inventario de herramientas y repuestos con los que la empresa cuenta en stock, para que el jefe de mantenimiento este informado en tiempo real de los recursos que posee para realizar los diferentes trabajos.

Las herramientas y repuestos se pueden incluir y sacar del listado que está en la base de datos. Llenando las casillas de código, nombre y sección. Seguido de click en el icono de “CREAR HERRAMIENTA” o “CREAR REPUESTO”. La visualización del listado se realiza seleccionando en un menú desplegable si se desea ver las herramientas o los repuestos, seguido de un click en la casilla “VER” el programa muestra el listado seleccionado con las herramientas o repuestos que se cuentan en el almacén de la empresa.

Figura 46 Modulo almacén



Design Preview [formInventario]

espartaco
Sistema de información y mantenimiento ESPARTACO

Almacén

Código Nombre Sección

Crear Herramienta Crear Repuesto

Visualizar Inventarios Herramientas Ver

Fuente Autores

El listado es tiene tres casillas con el código, el nombre del repuesto o herramienta y su ubicación.

10.5 MODULO RCM II

En este módulo se encuentra los análisis FMEA y HOJA DE DECISIONES, que se realizaron para las maquinas críticas con las que cuenta la planta de

Concentrados Espartaco s.a. es una opción de ayuda con la que cuenta el técnico en mantenimiento para consultar los procesos que tiene que realizar cuando se presente alguna falla especial y su solución adecuada.


El proceso para observar los archivos es entrando al módulo RCM II, y luego dándole click en la casilla del equipo que se desea ser desplegado para ver sus respectivo análisis, las casillas con las de la maquina mezcladora, el molino vertical, y el molino horizontal. Cada una cuenta con un archivo de análisis FMEA Y HOJA DE DESICIONES.

Figura 47 Modulo RCM II




Fuente Autores

Figura 48 FMEA mezcladora

COORDINACION DE MANTENIMIENTO MECANICO						
HOJA DE INFORMACION DE RCM				CODIGO: 04MZ0001		
		SISTEMA: MEZCLADORA		FACILITADORES: WILLIAM SOTO, DIEGO NIÑO		
HOJA No. 1		SUBSISTEMA: MEZCLADO DE INGREDIENTES		AUDITOR: YEISON GUTIERREZ		
F	FUNCION	FF	FALLA FUNCIONAL	MF	MODOS DE FALLA	EFECTO DE FALLA
1	Mezclar todas las materias primas previamente molidas con los diferentes productos como aceites y complementos de la formulas de cada producto. Con su capacidad maxima de 400 kg y tiempos requeridos de mezclado .	A	Incapaz de moverse	1	* Rodamiento falla	* con un engrasado inadecuado los rodamientos fallan alrededor de las 10000 horas, la falta de lubricacion y contacto con el polvo afecta su funcion.
				2	* Se quema el motor	* los dispositivos electricos de proteccion del motor fallan se eleva su temperatura, obstrucion que genere resistencia.
				3	* Cadena falla	* falta de lubricacion provoca desgaste en la cadena.
				4	* Caja reductora falla	* Falta o fuga de la valvulina ocasiona desgaste rapido
				5	* Piñones falla	* La escasa lubricacion genera picaduras en la piñoneria.
		B	Incapaz de carga y descarga	1	* Cilindro neumatico falla	* empaques y sellos del cilindro neumatico desgastados, valvula de mto descompuesta, presion insuficiente
				2	* Compresor falla	* bandas desgastadas, motor quemado, lubricacion de pistones insuficiente, fugas en el tanque de almacenamiento.
				3	* Compuerta falla	* obstrucion de compuerta y permite el paso de materia dañando a la produccion
				4	* Mecanismo falla	* Bloque de las compuestas y rotura de las piezas.
		C	Mezclado deficiente	1	* Martillos desgastados	* la mezcla de los componentes no es de calidad afectando la produccion.

Fuente Autores

Figura 49 Hoja de decisiones mezcladora

04MZ0001			Coordinación de Mantenimiento Mecánico HOJA DE DECISIÓN RCM												
			sistema: MEZCLADORA						Facilitador: William Soto, Diego Niño						Hoja N°:
			Subsistema: Proceso de mezclado de ingredientes						Auditor: Yeison Gutierrez						De:
referencia de informacion			Evaluacion de las consecuencias				H1	H2	H3	Accion a falla de			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR:
F	FF	MF	H	S	E	O	E1 O1	E2 O2	E3 O1	H4	H5	H6			
1	A	1	S	N	N	S	N						control del ruido del rodamiento de maquina mezcladora (lubricacion)	semanalmente	tecnico
1	A	2	S	N	N	S							No tiene mantenimiento Programado		
1	A	3	S	N	N	S							lubricacion con cantidad de grasa adecuada	semanalmente	tecnico mecanico
1	A	4	S	N	N								rectificacion y cambio de valvulina	1 año	tecnico mecanico
1	A	5	S	N	N								cambiar sistema de relacion (cadena)	3 años	tecnico mecanico
1	B	1	S	N	N								reemplace sello, revisar lubricador, limpieza general	semanalmente	tecnico mecanico
1	B	2	N										cambio de aceite y cambio de bandas	1 año, 2 años	tecnico mecanico
1	B	3	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		
1	B	4	S		N								lubricacion con cantidad de grasa adecuada	semanalmente	tecnico mecanico
1	C	1	N	N	N								cambio de martillos y balanceo	1 año	tecnico mecanico
1	D	1	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		
1	D	2	S	N	N								inspeccion de fugas, cambios de sellos , cambio de filtros	3 meses	tecnico mecanico
1	D	3	S	N	N								No tiene mantenimiento Programado		
1	D	4	N										inspeccion de funcionamiento y calibracion	2 meses	contratista electronico

Fuente Autores

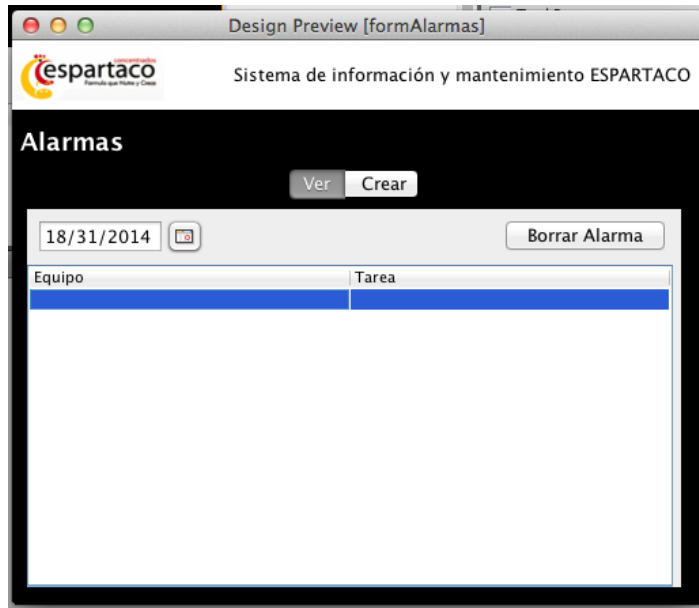
Estos son algunos de los archivos que se pueden encontrar al seleccionar la maquina mezcladora igual mente se pueden llamar los archivos del molino vertical y el molino horizontal.

10.6 MODULO ALARMAS

Las alarmas son de gran ayuda para el jefe de mantenimiento de la planta porque permite recordar por medio de un calendario las actividades de mantenimiento programado para los equipos y así realizar órdenes de trabajo con tiempo y solicitar los repuestos necesarios para el mantenimiento a realizar.

El modulo funciona con un calendario donde se visualiza las diferentes actividades, también seleccionando la fecha que desea, se pueden desplegar las tareas a realizar en la planta.

Figura 50 Modulo de alarmas



Fuente Autores

Igualmente hay una función de crear una nueva alarma dándole click en el icono "CREAR" despliega una interfaz donde aparecen las casillas, nombre del equipo, la tarea que se debe realizar, la fecha que inicia el periodo y la periodicidad con la que se tiene que generar la alarma.

Figura 51 Creación de alarma

Design Preview [formAlarmas]

espartaco
Sistema de información y mantenimiento ESPARTACO

Alarmas

Ver Crear

Equipo	Tarea
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Periodicidad

1 Años

6 Meses

0 Semanas

0 Dias

Inicia

17-abr-2014

Guardar

Fuente Autores

10.7 MODULO DE AYUDA

El módulo de ayuda es una capacitación con la que cuenta el programa para instruir al personal que desea manejar el sistema de información y entienda de forma adecuada su manejo, fortalezca sus habilidades en la administración de mantenimiento. De forma auto didacta y pueda resolver sus dudas de forma inmediata.

El modulo es llamado por medio de un click en la casilla respectiva y será desplegado un archivo que contiene la guía del manejo del programa de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II realizado para la empresa concentrados Espartaco s.a.

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implemento un programa de gestión de mantenimiento (CMMS) en la plataforma JAVA Standard Edition Versión 7, con un motor de base de datos no relacional basado en documentos para 41 equipos mecánicos de la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. (AD HOC) permitiendo tener un control de todas las actividades de mantenimiento y generando ordenes de acuerdo a las necesidades que se presentan en la empresa.
- Se diseñaron y crearon los formatos para la recopilación de la información necesaria en el programa de mantenimiento, tales como hojas de vida, fichas técnicas, orden de trabajo y rutina diaria de mantenimiento, para todos los equipos de la planta de producción, teniendo un mejor acceso a la consulta de la información en tiempo real.
- Se realizó una auditoria y diagnóstico de todos los equipos activos de la planta de producción con el fin de indagar el estado general del mantenimiento donde se evaluó: la organización del mantenimiento, posición de la empresa respecto al mantenimiento, administración del mantenimiento y planeación.
- Se realizó un inventario y codificación a los 41 equipos de la planta, teniendo como referencia la sección en que se encuentran, ruta del proceso, y cantidad de equipos similares. Dando como resultado una codificación de fácil entendimiento para cualquier usuario del programa.

- Se aplicó la metodología de análisis de criticidad para los 41, divididos en: 21 equipos de transporte, 16 equipos del proceso y 4 equipos alternos de la empresa CONCENTRADOS ESPARTACO S.A. tomando los diferentes criterios y rangos de frecuencia de fallas por las consecuencias como: Impacto en la producción (IP), costos de mantenimiento e impacto de seguridad y medio ambiente; dando como resultado una ponderación para todos los equipos y posteriormente ubicarlos en las tres zonas de criticidad (Alta, Media, Baja) y se seleccionaron los equipos más críticos por medio de la matriz de criticidad los cuales son: Molino horizontal, molino vertical y mezcladora.
- Se desarrolló un análisis de modo de fallas y análisis de causa FMECA a los 3 equipos críticos basados en la norma SAE J1011, incorporándose este análisis al programa de mantenimiento para dar solución a las posibles fallas de los equipos y evitar las paradas inesperadas de la planta.
- Se incorporó un plan de mantenimiento preventivo y proactivo para los 3 equipos más críticos basados en los resultados de los diferentes análisis. Tomando como referencia la experiencia del personal de mantenimiento y manuales de los fabricantes.
- Se elaboró un manual de usuario del programa de mantenimiento donde guía al usuario en la utilización del programa, allí se muestra en detalle el correcto funcionamiento y muestra claramente los pasos a seguir en los diferentes tipos de acciones que se requieran; pudiendo desplegar este manual en el módulo de ayuda del programa.

- Se capacito al gerente y al jefe de mantenimiento en la correcta utilización del programa, explicando cada uno de los módulos y submodulos, y posteriormente se hizo una demostración del funcionamiento.

RECOMENDACIONES

- Es importante que el personal capacitado en el manejo del programa tenga una disciplina constante con la retroalimentación de las órdenes de trabajo, rutina diaria, hojas de vida, inventarios de herramienta y repuestos, como también la actualización de las alarmas. Y la empresa pueda ver las mejoras en la administración del mantenimiento.
- La plataforma Java Standard Edition versión 7 permite por medio de su lenguaje de programación crear más módulos, pensando en la ampliación de la empresa y su integración con el mantenimiento eléctrico de planta de producción.
- es necesario para todo el personal nuevo que vaya a manejar el programa tenga conocimientos sobre el proyecto realizado y el estudio del manual de usuario con el que cuenta.

BIBLIOGRAFIA

ALVARADO P, Erlin Aníbal y MORA A, Juan. Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos críticos utilizados en las operaciones de transferencia de hidrocarburos de los terminales de ECOPETROL .S.A. Ubicados en Cartagena. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 90p.

AMOROCHO G, Nancy y ARDILA A, Jorge. Modelo gerencial de mantenimiento (RCM) para la planta de producción de grapas y puntillas el caballo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 91p.

DUFFUAA, Salih O.; RAUF, A. y CAMPBELL, John Dixon. Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control. México: Limusa Wiley, 2000. 419 p.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes. En: Asignatura de mantenimiento y montajes. (2007: Bucaramanga). Lecturas y diapositivas de la asignatura mantenimiento y montajes. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2007.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Industrial Press Inc., 2a.Ed. 330 p.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA ESTANDARIZACIÓN. Industria de petróleo y gas natural: Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos. ISO, 1999. 71 p (ISO 14224)

PULIDO R, Ricardo. Análisis estructural y económico de mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos electromecánicos en la planta de tratamiento Bosconia del acueducto metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. Trabajo en la modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2011. 256p.

ANEXOS

Anexo A

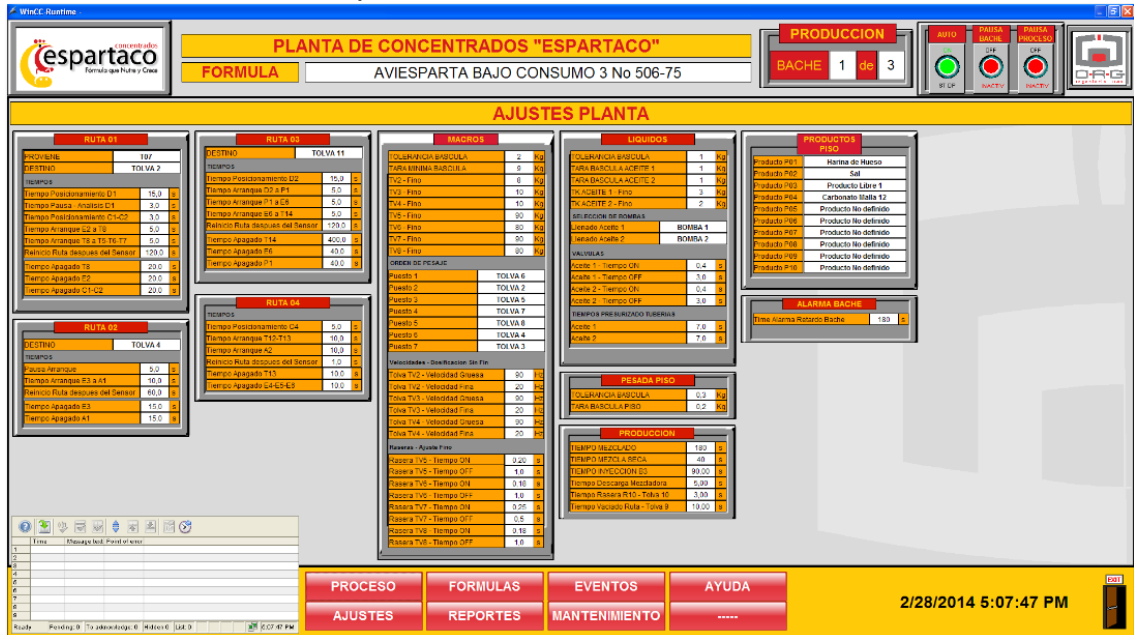
Codificación total de los equipos

CODIFICACION DE LOS EQUIPOS		
CODIGO	NOMBRE	SECCION
01MA0001	Malacate	Descarga
01SF0001	Transportador sin fin	Descarga
01EC0001	Elevador de cangilones	Descarga
02SF0002	Transportador sin fin	Almacenamiento
02SF0003	Transportador sin fin	Almacenamiento
02SF0004	Transportador sin fin	Almacenamiento
02SF0005	Transportador sin fin	Almacenamiento
02SF0006	Transportador sin fin	Almacenamiento
02SF0007	Transportador sin fin	Almacenamiento
02SF0008	Transportador sin fin	Almacenamiento
03EC0002	Elevador de cangilones	Molienda
03DG0001	Distribuidor Giratorio	Molienda
03AL0001	Alimentador	Molienda
03MH0001	Molino horizontal	Molienda
03SF00009	Transportador sin fin	Molienda
03EC0003	Elevador de cangilones	Molienda

03SF0010	Transportador sin fin	Molienda
03SF0011	Transportador sin fin	Molienda
03BA0001	Bascula	Molienda
03SF0012	Transportador sin fin	Molienda
03EC0004	Elevador de cangilones	Molienda
03LP0001	Limpiadora	Molienda
03MV0001	Molino Vertical	Molienda
04SF0013	Transportador sin fin	Mezclado
04EC0005	Elevador de cangilones	Mezclado
04SF0015	Transportador sin fin	Mezclado
04MZ0001	Mezcladora	Mezclado
05SF0014	Transportador sin fin	Empacado
05EC0006	Elevador de cangilones	Empacado
05DG0002	Distribuidor Giratorio	Empacado
05ES0001	Empacadora	Empacado
05CS0001	Cosedora	Empacado
06BT0001	Banda transportadra	Acopio
06BT0002	Banda transportadra	Acopio
06BT0003	Banda transportadra	Acopio
07CA0001	Compresor de Aire	E. Alternos
07BC0001	Bomba centrifuga	E. Alternos
07BC0002	Bomba centrifuga	E. Alternos
07BC0003	Bomba centrifuga	E. Alternos

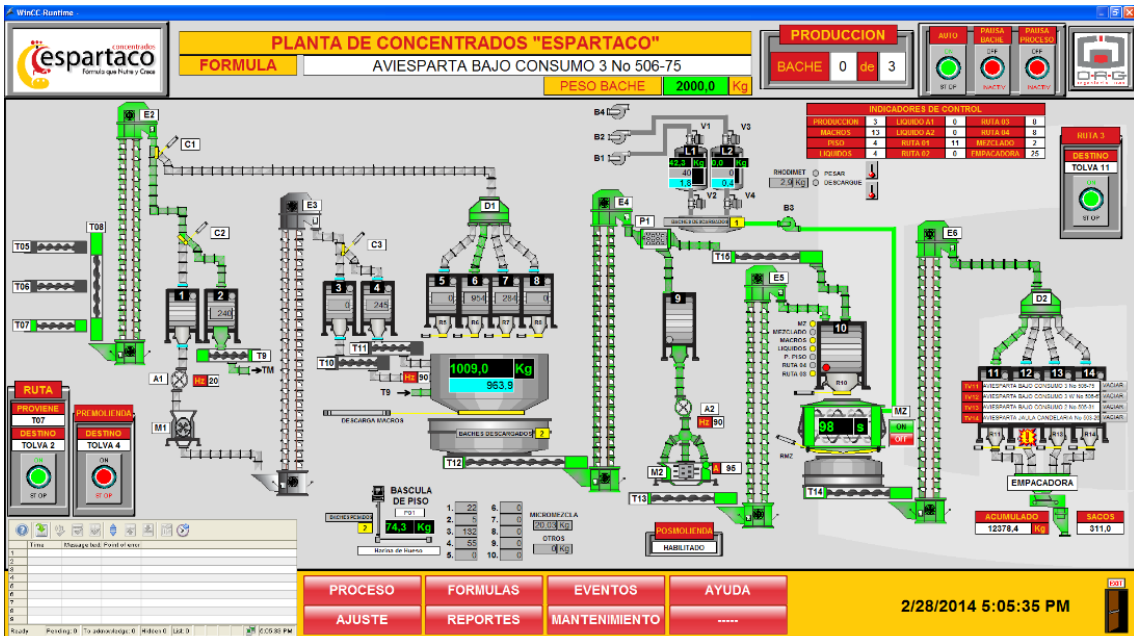
Anexo C

Rutas de los diferentes tipos de formulas



Anexo D

Diagrama del proceso en CONCENTRADOS EXPARTACO S.A.



Anexo D

Visto bueno de CONCENTRADOS ESPARTACO S.A.

