

**MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO (RCM) PARA LA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO**



**NANCY AMOROCHO GUALDRON  
JORGE EDUARDO ARDILA ALVAREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2012**

**MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO (RCM) PARA LA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO**

**NANCY AMOROCHO GUALDRON  
JORGE EDUARDO ARDILA ALVAREZ**

**Trabajo de Grado**

**Presentada como requisito para optar al título de  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**Director**

**MITCHEL STEVENSON PISCIOTTI ABELLO  
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Eduardo Prada y Liliana Prada por su colaboración abriéndonos las puertas de su empresa.

Al Ing. Roque Lopez, Edicson Bello y Jose Coronado por toda la colaboración recibida.

A los supervisores Simón y Belisario por toda la colaboración brindada en la visita realizada a la fábrica.

A toda la empresa “Grapas y Puntillas El Caballo” por su colaboración y apoyo en el transcurso de la monografía.

Al Ing. Mitchel Piscioti Abello por su dirección y colaboración para el desarrollo de esta monografía.

A AMV S.A y el Consorcio Urbapetrol por la colaboración recibida para poder realizar esta especialización.

Al Ing. Ernesto Martinez, Jorge Martinez, Luis Carrizosa y Jorge Curubo por su colaboración a lo largo de la especialización.

A M&C LTDA por la colaboración recibida para poder realizar esta especialización.

Al Ing. Ricardo Vallejo, por su colaboración a lo largo de la especialización.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la fortaleza de trabajar día a día y por este nuevo paso en mi camino

A mis padres Efraín y Oliva, por su comprensión y apoyo incondicional en cada momento de mi vida

A mis hermanas Patricia y Yolanda, por la inmensa colaboración recibida, y porque he podido contar con ellas para ayudarme en lo que he requerido

A Jorge por su trabajo constante y paciencia a lo largo del proceso

**NANCY AMOROCHO GUALDRÓN**

A Dios por iluminarme a cada momento

A mis padres por colaborarme y aconsejarme a cada momento

A mi hermana por ayudarme en los momentos que he requerido de su ayuda

A Nancy por su compañerismo, colaboración y acompañamiento a lo largo del proceso

A mis compañeros de trabajo por la colaboración requerida a lo largo de la especialización.

**JORGE E. ARDILA ÁLVAREZ**

## CONTENIDO

|   | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION .....                                | 17   |
| 1. MARCO CONTEXTUAL .....                         | 18   |
| 1.1 LA EMPRESA .....                              | 18   |
| 1.2 DESCRIPCION DE COBERTURA DE LA EMPRESA .....  | 19   |
| 1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....               | 19   |
| 1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN .....   | 20   |
| 1.4.1 Proceso de trefilado .....                  | 21   |
| 1.4.2 Proceso de recocido .....                   | 22   |
| 1.4.3 Proceso de galvanizado de alambres .....    | 23   |
| 1.4.4 Proceso de Púas .....                       | 23   |
| 1.4.5 Proceso de picado y pulido.....             | 24   |
| 1.4.6 Proceso de galvanizado de clavos .....      | 25   |
| 1.4.7 Proceso de empaque.....                     | 25   |
| 1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO..... | 25   |
| 1.5.1 Mantenimiento correctivo.....               | 26   |
| 1.5.2 Mantenimiento preventivo autónomo .....     | 26   |
| 1.5.3 Mantenimiento preventivo programado.....    | 27   |
| 1.5.4 Mantenimiento mejorativo .....              | 27   |
| 1.6 INDICADORES ACTUALES DE LA COMPAÑÍA .....     | 28   |
| 1.7 DIAGNOSTICO .....                             | 31   |
| 1.7.1 Mantenimiento Ingenuo .....                 | 31   |
| 1.7.2 Mantenimiento Reactivo .....                | 33   |
| 1.7.3 Equipos obsoletos .....                     | 34   |
| 1.7.4 Sistemas de información.....                | 34   |

|   |    |
|---|----|
| 1.7.5 Procedimientos .....                                  | 35 |
| 1.7.6 Falta de identificación de equipos.....               | 35 |
| 1.7.7 Orden y aseo .....                                    | 35 |
| 1.8 OBJETIVOS .....   | 36 |
| 1.8.1 Objetivo General.....                                 | 36 |
| 1.8.2 Objetivos específicos.....                            | 36 |
| <br>  |    |
| 2. MARCO TEORICO .....                                      | 37 |
| <br>  |    |
| 2.1 METODOLOGIA DE RCM.....                                 | 37 |
| 2.1.1 Definición de la metodología RCM .....                | 37 |
| 2.1.2 Las siete preguntas básicas del RCM.....              | 38 |
| 2.1.3 Recolección y análisis de datos de servicio.....      | 39 |
| 2.1.4 Identificación de modos de falla significativos ..... | 39 |
| 2.1.5 Análisis de criticidad .....                          | 41 |
| 2.2 DISPONIBILIDAD.....                                     | 47 |
| 2.3 CONFIABILIDAD.....                                      | 48 |
| 2.4 MANTENIBILIDAD .....                                    | 48 |
| <br>  |    |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE MANTENIMIENTO .....          | 50 |
| <br>  |    |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO GERENCIAL .....                  | 50 |
| 3.2 GENTE .....   | 51 |
| 3.2.1 Estructura Organizacional.....                        | 51 |
| 3.2.2 Roles y responsabilidades de mantenimiento.....       | 53 |
| 3.2.3 Salud Ocupacional.....                                | 56 |
| 3.3 TECNOLOGIA.....   | 57 |
| 3.3.1 Criticidad de los equipos.....                        | 57 |
| 3.3.2 RCM.....  | 57 |
| 3.3.3 Sistema de información .....                          | 63 |
| 3.4 PROCESOS .....  | 63 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4.1 Indicadores .....                | 63 |
| 3.4.2 Inventarios .....                | 65 |
| 3.4.3 Estrategia.....                  | 67 |
| 3.4.4 Costos.....                      | 68 |
| 3.5 PROSPECTIVA DE IMPLEMENTACIÓN..... | 69 |
| 3.5.1 Análisis económico .....         | 69 |
| 3.5.2 Herramientas requeridas .....    | 71 |
| 4. CONCLUSIONES .....                  | 73 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                      | 76 |
| ANEXOS .....                           | 77 |

## LISTA DE FIGURAS

|  | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Áreas de cobertura de la empresa.....                                  | 19   |
| Figura 2. Organigrama Grapas y Puntillas El Caballo.....                         | 20   |
| Figura 3. Flujograma General del Proceso .....                                   | 21   |
| Figura 4. Trefiladora Koch .....   | 22   |
| Figura 5. Horno proceso de recocido.....   | 22   |
| Figura 6. Unidad galvanizado #2 .....  | 23   |
| Figura 7. Alambre de púas despachado .....                                       | 24   |
| Figura 8. Maquina de puntillas y clavos .....                                    | 24   |
| Figura 9. Proceso de Empacado.....   | 25   |
| Figura 10. Comportamiento del Indicador general de Mantenimiento.....            | 30   |
| Figura 11 Porcentajes de Falla 2011 .....  | 33   |
| Figura 12. Pasos de un proyecto de RCM .....                                     | 38   |
| Figura 13. Relaciones y leyes que gobiernan un sistema de mantenimiento .....    | 47   |
| Figura 14. Modelo Gerencial de Mantenimiento Grapas y Puntillas El Caballo. .... | 50   |
| Figura 15. Organigrama propuesto para GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO .            | 52   |
| Figura 16. Organigrama de mantenimiento Grapas y Puntillas El Caballo .....      | 53   |
| Figura 17. Fronteras Proceso de trefilado.....                                   | 59   |
| Figura 18. Procedimiento de planificación de inventarios .....                   | 65   |
| Figura 19. Modelo clásico de inventarios .....                                   | 67   |
| Figura 20. Diagrama de inversiones .....   | 70   |
| Figura 21. Diagrama de inversiones .....   | 71   |

## LISTA DE TABLAS

|   | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Criterio de gestión ILI .....                                    | 29   |
| Tabla 2. ILI Promedio 2011 .....  | 30   |
| Tabla 3 Fallas Promedio Año 2009 .....                                    | 32   |
| Tabla 4 Fallas promedio por proceso Año 2009 .....                        | 32   |
| Tabla 5 Comparativo Fallas Año 2009 - 2011 .....                          | 33   |
| Tabla 6. Frecuencia asociada a fallas ocultas .....                       | 42   |
| Tabla 7. Frecuencia asociada a la seguridad física. ....                  | 42   |
| Tabla 8. Frecuencia asociada al Medio Ambiente .....                      | 43   |
| Tabla 9. Frecuencia asociada a los costos de reparar.....                 | 43   |
| Tabla 10. Frecuencia asociada a los clientes .....                        | 44   |
| Tabla 11. Frecuencia asociada a la imagen .....                           | 44   |
| Tabla 12. Rango para establecer criticidad.....                           | 45   |
| Tabla 13. Matriz de aceptabilidad .....                                   | 46   |
| Tabla 14. Criterios de aceptabilidad.....                                 | 47   |
| Tabla 15. Factores de Riesgos de exposición existentes en la Planta ..... | 56   |
| Tabla 16. Criterios de aceptabilidad de los procesos.....                 | 57   |
| Tabla 17. Funciones del Proceso de trefilación .....                      | 59   |
| Tabla 18. Funciones de galvanizado de alambres .....                      | 60   |
| Tabla 19. Fallas funcionales trefilación .....                            | 60   |
| Tabla 20. Modos de falla proceso de galvanizado .....                     | 61   |
| Tabla 21. Tareas de mantenimiento Proceso Galvanizado .....               | 62   |
| Tabla 22. Valor presente neto en el tiempo .....                          | 70   |
| Tabla 23. Valor presente neto en el tiempo .....                          | 71   |

## LISTA DE ANEXOS

|   | pág. |
|---|------|
| ANEXO A. PANORAMA DE RIESGOS DE LA EMPRESA .....                  | 77   |
| ANEXO B. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS PROCESOS DE LA PLANTA .... | 78   |
| ANEXO C. TAXONOMÍA DE LA PLANTA .....                             | 79   |
| ANEXO D. RCM PROCESOS DE ESTUDIO.....                             | 80   |
| ANEXO E. DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO .....                     | 88   |

## **RESUMEN**

**TITULO: MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO (RCM) PARA LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO**

**AUTOR (ES): NANCY AMOROCHO GUALDRON, JORGE EDUARDO ARDILA A.**

**PALABRA CLAVES: Modelo Gerencial de mantenimiento, RCM, Grapas y Puntillas el Caballo,**

### **DESCRIPCION:**

La planta de producción de Grapas y Puntillas el Caballo se encuentra ubicado en el municipio de Sogamoso – Boyacá. Esta planta elabora productos transformados a partir del alambón. Entre los productos terminados tenemos los alambres brillantes, galvanizados y de púas, así como las puntillas, clavos y grapas. Este proyecto tiene como principal propósito la elaboración de un modelo gerencial de mantenimiento basado en la metodología RCM que pueda ser implementado por la alta gerencia, con el fin de mejorar sus prácticas de mantenimiento.

Se realizaron diversas actividades que permitieron realizar un diagnóstico de los procesos de la planta con miras al cumplimiento de los objetivos de la monografía. La primera actividad consistió en la recolección de datos de los equipos involucrados en los diferentes procesos productivos de la planta. La segunda actividad consistió en la recopilación y organización de la información de cada componente del proceso. Esta información en gran medida fue obtenida en las visitas de campo y por el departamento de Producción de la planta.

Luego se elaboro el modelo gerencial de mantenimiento con base al mantenimiento RCM, enfocado en tres pilares fundamentales, la tecnología, la gente y los procesos, se tomo por criticidad, los procesos de trefilado y galvanizado de alambres para su desarrollo. Realizado el modelo se elaboraron las recomendaciones, observaciones y conclusiones de la monografía. Con este trabajo la Gerencia de la planta podrá tomar decisiones que permitan mejorar el desarrollo de las actividades de mantenimiento en la planta y un direccionamiento estratégico de la organización en general.

\* Monografía

\*\* “Facultad de Ingenierías físico-Mecánicas. Especialización Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Mitchel Piscioti. Ingeniero.

## **SUMMARY**

**TITLE: MAINTENANCE MANAGEMENT MODEL (RCM) FOR THE PRODUCTION PLANT OF GRAPAS AND PUNTILLAS EL CABALLO S.A.**

**AUTHOR (S): NANCY AMOROCHO GUALDRON, JORGE EDUARDO ARDILA A.**

**KEY WORDS: Model Maintenance Management, RCM, Grapas and Puntillas El Caballo S.A.**

### **DESCRIPTION:**

The production plant Grapas and Puntillas El Caballo is located in the municipality of Sogamoso - Boyacá. This plant processed products made from wire rod. Among the finished products have the bright wire, galvanized barbed and nails, nails and staples. This project has as main purpose the development of a maintenance management model based on the RCM methodology that can be implemented by senior management, to improve maintenance practices.

Various activities that allowed for a diagnosis of plant processes for the fulfillment of the objectives of the monograph. The first activity consisted of data collection of the teams involved in the different production processes of the plant. The second activity consisted of compiling and organizing information for each component of the process. This information was largely obtained from field visits and the production department of the plant.

Then the model was elaborated based maintenance management maintenance RCM, focused on three main pillars, technology, people and processes, was taken by criticality, the processes of wire drawing and galvanizing their development. Made the model developed the recommendations, observations and conclusions of the monograph. With this work the plant management may make decisions that enhance the development of maintenance activities on the ground and strategic direction of the organization in general.

\* Monograph

\*\* "Faculty of Engineering-Mechanical physical. Maintenance Management Specialization.  
Director: Mitchel Piscioti. Engineer.

## INTRODUCCION

Garantizar la disponibilidad de los equipos, es uno de los principales propósitos con los cuales está comprometida la empresa Grapas y Puntillas el Caballo S.A. manifestando así la responsabilidad que tiene de abastecer con sus productos los hogares, construcciones e industrias nacionales e internacionales.

El modelo gerencial que se plasma en este trabajo, se plantea como una iniciativa de la gerencia de la empresa para generar espacios de mejora continua en los procesos y en el desarrollo laboral del personal de mantenimiento, los cuales tienen la responsabilidad de asegurar la información e iniciar el cambio de mentalidad alrededor de la compañía.

Se brindan con este proyecto puntos clave para el mantenimiento, reestructurando el organigrama gerencial y asignando responsabilidades a las personas encargadas de ser soporte al personal operativo, siempre incentivándolos a que se realicen mantenimientos mejorativos en la compañía.

Se pretende a su vez, con la metodología de mantenimiento RCM, mitigar las fallas en los componentes que generan pérdidas de tiempo y de dinero en la cadena de producción de la planta, evitando desgastes en la vida útil de los componentes que puedan generar daños permanentes en los equipos.

El modelo pretende, eliminar aquellas malas prácticas de mantenimiento que pueden afectar la condición de los equipos, además asegurar la información, enriquecer el programa de mantenimiento para que se tenga acceso a quienes realizan las diferentes actividades y evitar que se generen sobrecostos por inventarios innecesarios o faltantes, queriéndose calcular los volúmenes óptimos para el mantenimiento.

## 1. MARCO CONTEXTUAL

### 1.1 LA EMPRESA

La empresa Grapas y Puntillas el Caballo S.A. inicio en el año de 1962 en la ciudad de Bucaramanga, siendo una industria importante en la transformación del acero en Colombia. Hacia 1972, la directiva de la empresa abrió una sucursal en el sector industrial más importante estratégicamente hablando, Sogamoso Boyacá, ya que se encontraba cerca de su principal proveedor de materia prima Acerías Paz del Rio S.A. y de un mercado amplio hacia el interior del país. En 1978, debido a su desarrollo alcanzado, se adopta esta como única sede. La empresa cuenta con una capacidad instalada de 24000 toneladas/año y genera 180 empleos directos.

Cuenta con el certificado de Gestión de la calidad otorgado por el ICONTEC, reafirmando de esta manera un valor agregado a los productos que fabrican. La empresa produce actualmente un total de 11 productos que son:

- ✓ Puntillas con cabeza
- ✓ Puntillas sin cabeza
- ✓ Clavo de Zinc
- ✓ Clavo Vareta
- ✓ Clavo Helicoidal
- ✓ Grapas
- ✓ Alambre Galvanizado y Brillante
- ✓ Alambre Recocido
- ✓ Alambre de Púas Convencional
- ✓ Alambre de Púas Alta Resistencia
- ✓ Alambre Galvanizado

## 1.2 DESCRIPCION DE COBERTURA DE LA EMPRESA

La empresa tiene su sede principal en el municipio de Sogamoso - Boyacá. Ahí se fabrica la producción que se distribuye a 20 departamentos en el país y a Venezuela, República Dominicana, Costa Rica y Panamá. Se cuenta también con una oficina ubicada en Bogotá utilizada por el departamento de Ventas.

Figura 1. Áreas de cobertura de la empresa



Fuente: Pagina Web Grapas y Puntillas el Caballo

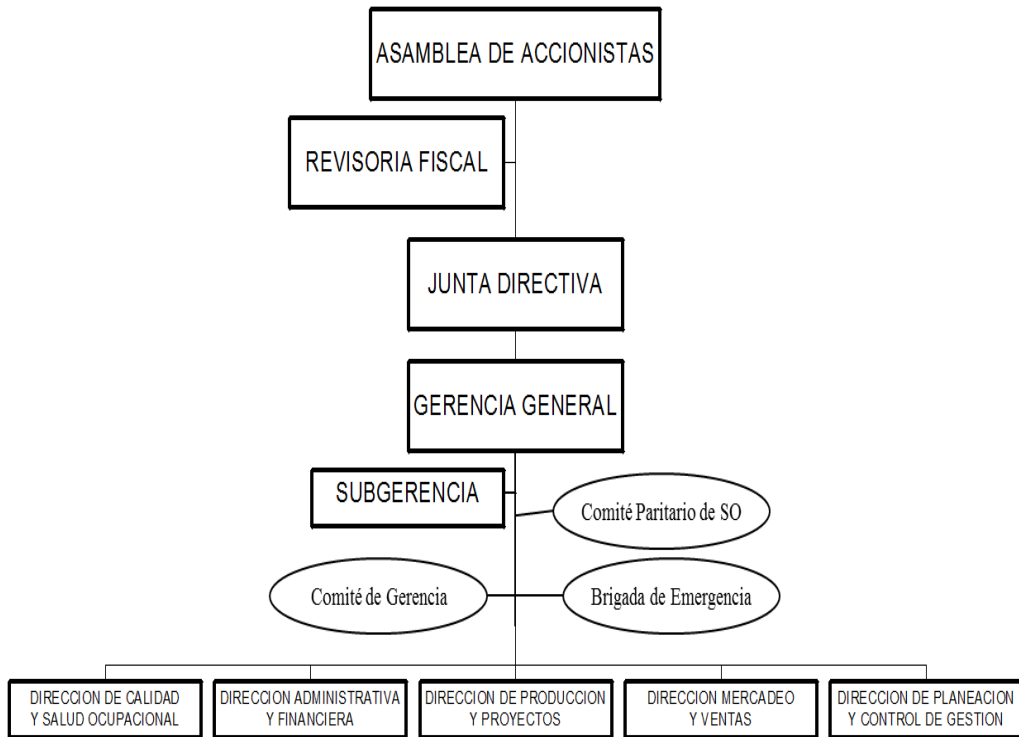
## 1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La empresa está compuesta de una asamblea de accionistas quienes eligen la junta directiva y esta a su vez al Gerente General. En la actualidad la empresa cuenta con cinco direcciones las cuales son:

- ✓ La dirección administrativa y financiera,
- ✓ La dirección de calidad y salud ocupacional
- ✓ La dirección de producción y proyectos (En la actualidad Mantenimiento se encuentra adscrita a esta dirección).
- ✓ La dirección de mercadeo y ventas.
- ✓ La dirección de planeación y control de gestión.

En la Figura 2 se observa el organigrama de la empresa

**Figura 2. Organigrama Grapas y Puntillas El Caballo**

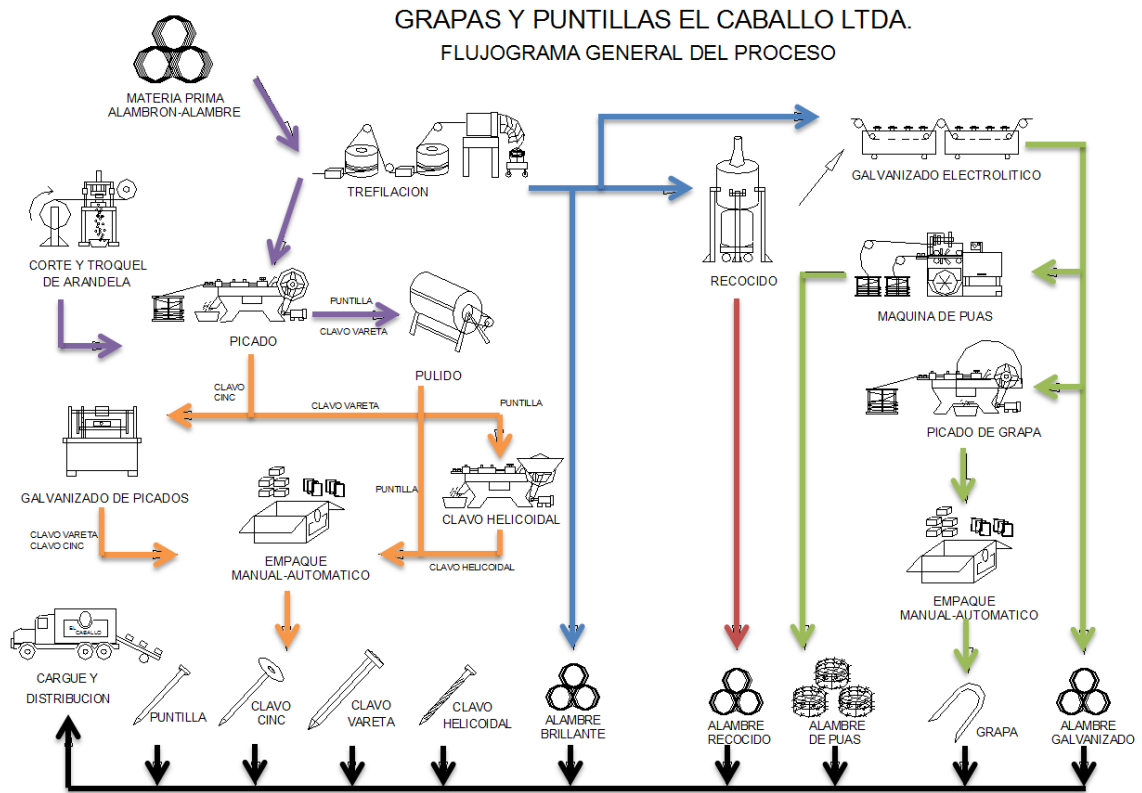


**Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo**

#### 1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

En la empresa se manejan 7 procesos de producción los cuales se representan en la Figura 3.

**Figura 3. Flujoograma General del Proceso**



**Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo**

### 1.4.1 Proceso de trefilado

El objeto de la operación es suministrar alambre liso brillante. El trefilado es una operación de estirado en frío de un metal (alambro o alambre) para obtener alambre de menor diámetro mediante una o más pasadas a través de orificios cada vez más pequeños de una hilera.

En la Figura 4 se observa la Trefiladora Koch, principal herramienta utilizada en el proceso de Trefilado de la planta.

**Figura 4. Trefiladora Koch**



**Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo**

#### **1.4.2 Proceso de recocido**

El objeto de la operación es suministrar alambre liso recocido. El recocido es un tratamiento térmico, consistente en calentar el material hasta determinada temperatura manteniéndolo en estas condiciones por un lapso de tiempo y luego enfriándolo a temperatura ambiente. En la Figura 5 se observa el horno a gas.

**Figura 5. Horno proceso de recocido**



**Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo**

### 1.4.3 Proceso de galvanizado de alambres

El objeto de la operación es suministrar alambre liso galvanizado. La galvanización consiste en el recubrimiento de un alambre mediante una capa de zinc, para protegerlo de la corrosión y prolongar su duración. En la fábrica es utilizado un recubrimiento electrolítico, es decir que el depósito de zinc sobre el alambre se obtiene mediante el uso de corriente eléctrica.

**Figura 6. Unidad galvanizado #2**



**Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo**

### 1.4.4 Proceso de Púas

El objeto de la operación es suministrar alambre de púas como producto terminado a partir del alambre galvanizado. La fabricación consiste en torsionar dos alambres galvanizados sobre su eje, formando un cordón y colocar mecánicamente cuatro púas aseguradas al cordón a una distancia determinada.

**Figura 7. Alambre de púas despachado**



Fuente: Pagina Web Grapas y Puntillas el Caballo

### **1.4.5 Proceso de picado y pulido**

Tiene como objeto la fabricación de los siguientes productos: grapa, puntilla con cabeza y sin cabeza, clavo para vareta, helicoidal y para zinc. El proceso de fabricación se denomina picado y consiste en darle forma a la puntilla, clavo o grapa por acciones de corte y presión sobre un tramo de alambre.

**Figura 8. Maquina de puntillas y clavos**



Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo

#### **1.4.6 Proceso de galvanizado de clavos**

El objeto de la operación es suministrar clavos galvanizados. El galvanizado electrolítico consiste en el recubrimiento de los clavos mediante una capa de zinc para protegerlo de la corrosión y prolongar su vida útil.

#### **1.4.7 Proceso de empaque**

Operación cuya finalidad es el empaque y embalaje del producto picado.

**Figura 9. Proceso de Empacado**



**Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo**

### **1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO**

En la actualidad, el mantenimiento en la compañía se maneja por medio de cuatro tipos que son mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo autónomo, preventivo programado y el mantenimiento mejorativo, que permite innovar en los procesos que se generan en la planta.

### **1.5.1 Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo, se realiza de la forma como se describe a continuación:

- ✓ Quien detecte una falla o anomalía en las máquinas o equipos debe reportarla en el F2011, Solicitud de Tareas a Mantenimiento, para programar su mantenimiento correctivo.
- ✓ La persona responsable de la actividad de mantenimiento debe registrar la solución de la falla o anomalía en el F2011, Solicitud de Tareas a Mantenimiento, en los espacios reservados para tal fin.
- ✓ Los Supervisores de Mantenimiento, cuando consideren que una actividad del F2011, Solicitud de Tareas a Mantenimiento requiere un informe amplio y detallado y debe alimentar el D0360, Hoja de Vida de la máquina correspondiente, debe utilizar el F2017, Reporte de Trabajos a realizar.

### **1.5.2 Mantenimiento preventivo autónomo**

El mantenimiento preventivo autónomo, es realizado por los operadores de los procesos y por los supervisores de producción, así como se describe a continuación:

- ✓ Los operarios deben realizar las actividades descritas en el D0221, Actividades Diarias de Mantenimiento Autónomo, dentro de sus actividades normales de operación y no se requiere dejar registro de su ejecución.
- ✓ Los operarios de cada máquina, deben realizar estas inspecciones y corregir las fallas menores que se presenten, en caso de presentarse una falla o anomalía que la solución no esté a su alcance, debe informar a su Supervisor y hacer el respectivo reporte en el F2011, Solicitud de Tareas a Mantenimiento, para que se programe su ejecución.

### **1.5.3 Mantenimiento preventivo programado**

El mantenimiento preventivo programado, es realizado por el personal de mantenimiento, de acuerdo a lo especificado a continuación:

- ✓ Los Supervisores de Mantenimiento, semanalmente deben verificar en el F0012, Cronograma de Trabajo, las actividades que se deben realizar, asignar los recursos y coordinar su ejecución.
- ✓ Los responsables de ejecutar las actividades indicadas en el D0381, Actividades Programadas de Mantenimiento dejaran registro de los resultados de estas actividades en los formatos F2024, Seguimiento Actividades Programadas de Mantenimiento y (F2016, Seguimiento Actividades Rutinarias de Mantenimiento solo para la planta eléctrica y los hornos de recocido).
- ✓ Los Supervisores de Mantenimiento deben verificar la ejecución de las actividades programadas y dejar registro en los formatos correspondientes.
- ✓ Los Supervisores de Mantenimiento deben indicar en el F0012, Cronograma de Trabajo, las actividades ejecutadas.
- ✓ Si por alguna circunstancia una actividad programada no puede ser ejecutada en la fecha prevista, los Supervisores de Mantenimiento deben dejar el respectivo registro con la causa y la nueva fecha de ejecución en el formato correspondiente según el D0381, Actividades Programadas de Mantenimiento.

Para aquellas actividades de mantenimiento preventivo que surgen en el P1302090, Planificación, Programación y Control de la Producción y que no están programadas, y requieren una descripción detallada, se dejará registro de su ejecución en el F2017, Reporte de Trabajos a Realizar.

### **1.5.4 Mantenimiento mejorativo**

De acuerdo a la información suministrada por cada una de las fuentes que se enuncian a continuación, el Director de Producción y Proyectos identificar las

necesidades de Mantenimiento Mejorativo para realizar en la planta:

- ✓ D0114, Informe de Mantenimiento
- ✓ D0360, Hojas de Vida (máquina o equipo)
- ✓ D0400, Informe de Eficiencias
- ✓ Avances tecnológicos
- ✓ Niveles de producción
- ✓ Niveles de calidad en el proceso
- ✓ Nuevos requerimientos de productos
- ✓ Sugerencias de los Operarios y/o Supervisores.

El Director de Producción y Proyectos asigna a los supervisores de Mantenimiento Mecánico y/o Eléctrico las actividades de Mantenimiento Mejorativo, estos inician el diligenciamiento del F2017, Reporte de trabajos a Realizar, ejecutan las tareas asignadas y dejan el registro.

## 1.6 INDICADORES ACTUALES DE LA COMPAÑÍA

En la actualidad la empresa maneja solo un indicador para evaluar el mantenimiento tanto en la planta como en los procesos, este fue adaptado del indicador ILI (Índice de lesiones incapacitantes) utilizado en la gestión de los programas de Salud ocupacional. La adaptación está descrita por la siguiente ecuación:

### Ecuación 1. Índice de lesiones incapacitantes adaptada

$$ILI = \frac{\left( \frac{\text{No. fallas} \times \frac{\text{Horas programadas}}{\text{Horas trabajadas}} \right) \times \left( \frac{\text{Horas de parada} \times \frac{\text{Horas programadas}}{\text{Horas trabajadas}} \right)}{CKE}$$

CKE=20000: Valor aproximado a las horas de operación esperadas de todos los equipos en un mes. (TODA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN PLANTA).

CKE: Valor aproximado a las horas de operación esperadas de los equipos del proceso en un mes. (TODA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN PROCESO).

Para el cálculo, toman las horas programadas del documento D0029, Programas de Producción Mensual, generado por la Dirección de Producción y Proyectos, a estas horas se les restan las horas programadas de empaque que corresponde a horas/hombre donde no cumple función mantenimiento.

Para el dato de las horas trabajadas, se extrae del documento D0400, Eficiencias Operacionales, tomada por los horómetros de las máquinas, aquellas que no lo tienen, se calcula estimado por porcentaje de eficiencia de la sección y los turnos que se trabajan.

Se observan criterios de evaluación del indicador, donde establecen los puntos a cumplir:

**Tabla 1. Criterio de gestión ILI**

| <b>CRITERIO – RANGO DE GESTIÓN</b> | <b>VALOR</b>     |
|------------------------------------|------------------|
| SATISFACTORIO                      | $ILI \leq 7$     |
| ACEPTABLE                          | $7 > ILI \leq 9$ |
| CRÍTICO                            | $ILI > 9$        |

**Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo**

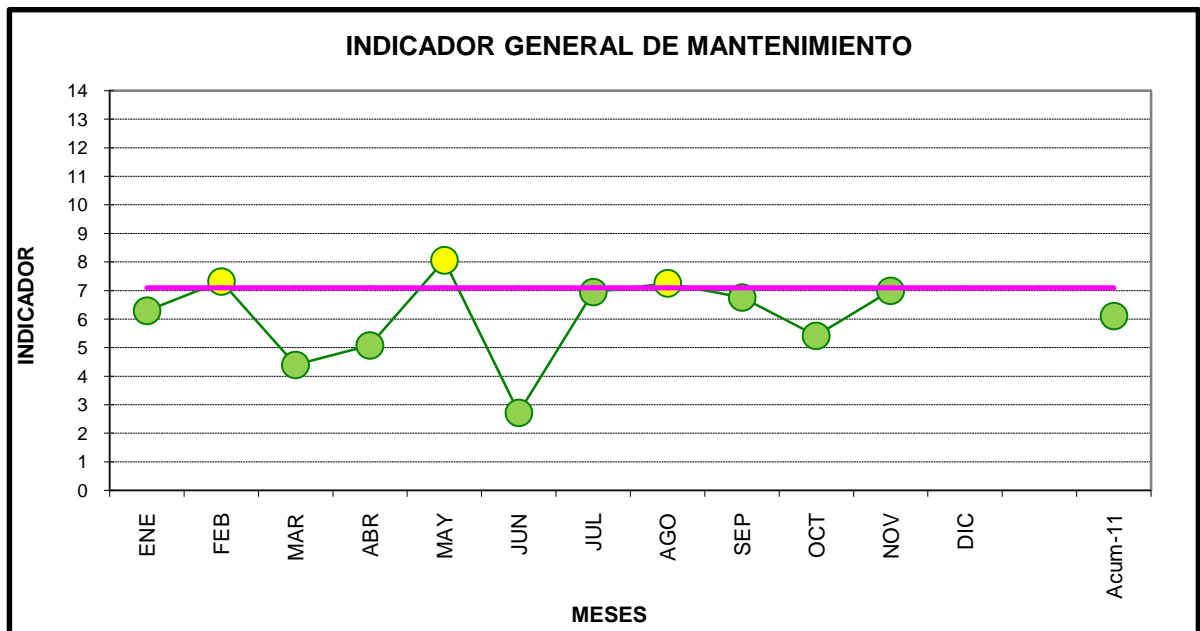
Como parámetro para el cálculo del indicador, se compara con los resultados obtenidos en el año 2009, debido a que cumple a plenitud con el criterio de comparación, desde el mes de febrero a noviembre (enero y diciembre no se toman en cuenta debido a su baja producción), a continuación relaciono, los indicadores obtenidos hasta el mes de noviembre de 2011:

**Tabla 2. ILI Promedio 2011**

| TIPO MTTO                           | ILI         |             |             |            |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                     | PROM 2009   | Ene         | Feb         | Mar        | Abr         | May         | Jun         | Jul         | Ago         | Sep         | Oct         | Nov         | PROM. 2011  |
| Horas Programadas de los equipo     | 17709       | 17406       | 21162       | 19377      | 19294       | 20251       | 15799       | 17522       | 18628       | 16309       | 16475       | 17082       | 18118.64    |
| Horas trabajadas De los equipo      | 12217       | 12694       | 13884       | 14175      | 12694       | 13148       | 10715       | 10318       | 11545       | 11687       | 10487       | 10856       | 12018.45    |
| No. Fallas                          | 245         | 279         | 310         | 268        | 237         | 302         | 224         | 280         | 289         | 293         | 247         | 254         | 271.18      |
| Ind. Fallas (No.Fallas*hprog/htrab) | 355         | 382.6       | 472.5       | 366.4      | 360.2       | 465.2       | 330.3       | 475.50      | 466.31      | 408.88      | 388.04      | 399.67      | 410.50      |
| Horas parada                        | 272         | 239.75      | 203.25      | 175.73     | 185.8       | 224.9       | 111.8       | 172.25      | 192.7       | 237.01      | 177.9       | 222.53      | 194.87      |
| Ind. Paradas (hparada*hprog/htrab)  | 375         | 328.7       | 309.8       | 240.2      | 282.4       | 346.4       | 164.8       | 292.51      | 310.92      | 330.74      | 279.48      | 350.15      | 294.20      |
| <b>INDICADOR</b>                    | <b>7.10</b> | <b>6.29</b> | <b>7.32</b> | <b>4.4</b> | <b>5.09</b> | <b>8.06</b> | <b>2.72</b> | <b>6.95</b> | <b>7.25</b> | <b>6.76</b> | <b>5.42</b> | <b>7.00</b> | <b>6.11</b> |

Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo

**Figura 10. Comportamiento del Indicador general de Mantenimiento**



Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo

## **1.7 DIAGNOSTICO**

El propósito de generar un diagnostico es verificar la situación actual del mantenimiento presente en la Empresa Grapas & Puntillas el Caballo S.A., e identificar la problemática. El diagnostico se presenta con los datos del mes de noviembre de 2011:

### **1.7.1 Mantenimiento Ingenuo**

En la empresa, se presenta un tipo de mantenimiento ingenuo, debido a que, los indicadores y los parámetros de medición, son cálculos que han realizado en base a los resultados de producción del año 2009, sin tener en cuenta a nivel mundial como se comportan las compañías del mismo tipo y cuáles son los valores que se deben manejar.

Se pactó por la Dirección de Producción y Proyectos, tomar el promedio de las fallas del año 2009 (desde los meses de febrero a noviembre, siendo estos los meses de mayor producción, y enero – diciembre los meses en que descansa la planta y la producción es más baja comparativamente) como parámetro de comparación principal de la gestión del mantenimiento. En el año 2011 con relación a todos los ítems de mantenimiento mensual y anual. También se puede observar, cuando se realiza el estudio de las fallas, se toman en cuenta actividades no propias de mantenimiento, que modifican los indicadores y que no afectan de forma directa a la producción.

En la tabla que se muestra a continuación, se relacionan los promedios de las fallas encontradas en el año 2009, junto con el promedio por proceso:

Tabla 3 Fallas Promedio Año 2009

| TIPO DE MANTENIMIENTO | PROMEDIO   |
|-----------------------|------------|
| MECANICAS             | 163        |
| ELECTRICAS            | 82         |
| <b>TOTAL</b>          | <b>245</b> |
| POR EQUIPO            | PROMEDIO   |
| TREFILERIA            | 34         |
| PICADO                | 57         |
| GALVANIZ. #1          | 28         |
| PUAS                  | 30         |
| ADMON                 | 21         |
| AUTOMOTRIZ            | 17         |
| GALVANIZ.#2           | 35         |
| RECOCIDO              | 9          |
| CLAVOS                | 8          |
| MANTTO                | 4          |
| MED. AMBIENTE         | 2          |
| <b>TOTAL</b>          | <b>245</b> |

Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo

A su vez se llevaron historiales por proceso, los equipos que mas fallaron en el 2009, encontrándose en el primer lugar, los procesos de galvanizado en alambres, ratificando este proceso como uno de los más críticos en la planta:

Tabla 4 Fallas promedio por proceso Año 2009

| EQUIPOS  | PROM 2009 |
|--|-----------|
| GALVANIZADOR (2) DE ALAMBRES DELGADOS          | 31        |
| GALVANIZADOR (1) DE ALAMBRES GRUESOS           | 29        |
| INSTALACIONES LOCATIVAS                        | 11        |
| ALUMBRADO                                      | 8         |
| EQUIPO AUXILIAR TREFILERIA                     | 6         |
| EQUIPO AUXILIAR GALVANIZ. (1) ALAMBRES GRUESOS | 5         |
| MAQ. DE PUAS ALTA RESISTENCIA # 1              | 5         |
| TREFILADORA # 3 CON 10 PASOS/ENROLLADORA       | 4         |
| TREFILADORA KOCH CON 9 PASOS/ENRROLLADORA      | 4         |
| CARROS/MARMAS/CAMPANAS HORNOS                  | 4         |
| MONTACARGA HYSTER TREFILERIA                   | 4         |
| EQUIPO AUXILIAR GALVANIZADOR ALAMBRES          | 4         |
| MAQ. DE PUAS ALTA RESISTENCIA #5               | 4         |

|   |   |
|---|---|
| TREFILADORA ALTO CARBONO DE 11 PASOS/ENRROLLADORA | 4 |
| MONTACARGA TOYOTA                                 | 4 |
| TREFILADORA # 11 CON 11 PASOS/ENRROLLADORA        | 4 |
| TREFILADORA #5 CON 6 PASOS/ENRROLLADORA           | 3 |

Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo

### 1.7.2 Mantenimiento Reactivo

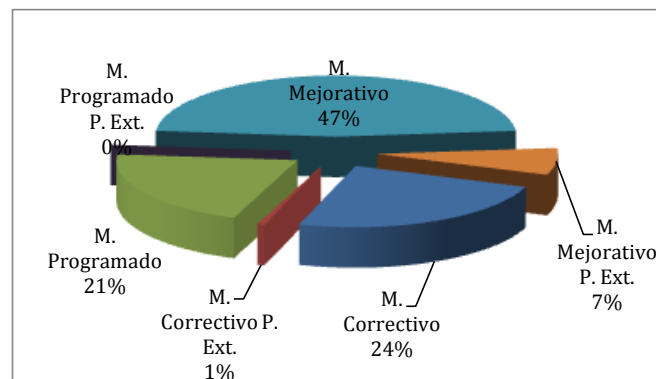
En proporción, se puede observar que el mantenimiento correctivo a lo largo del año, es mayor que el mantenimiento preventivo, lo que quiere decir, que tienen una fuerte tendencia a realizar mantenimiento reactivo hacia los procesos, producto de la falta de gestión de mantenimiento.

Tabla 5 Comparativo Fallas Año 2009 - 2011

| MTTO                 | Prom. 2009  | Ene         | Feb         | Mar         | Abr         | May         | Jun         | Jul         | Ago         | Sep         | Oct         | Nov         | Prom. 2011  |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CORRECTIVO           | 797         | 1270        | 1463        | 1220        | 873         | 1473        | 843         | 1078        | 1084        | 1196        | 902         | 942         | 1122        |
| (Externo)            | 48          | 42          | 7           | 86          | 73          | 27          | 66          | 91          | 4           | 62          | 31          | 25          | 47          |
| PROGRAMADO           | 493         | 1090        | 683         | 1600        | 739         | 728         | 844         | 825         | 893         | 971         | 735         | 802.6       | 901         |
| (Externo)            | 41          | 48          | 100         | 146         | 75          | 0           | 44          | 120         | 2           | 36          | 0           | 0           | 52          |
| MEJORATIVO           | 1119        | 351         | 929         | 594         | 1015        | 1139        | 518         | 1638        | 241         | 405         | 1213        | 1805        | 895         |
| (Externo)            | 365         | 60          | 144         | 266         | 855         | 1116        | 616         | 48          | 1893        | 208         | 45          | 273         | 502         |
| <b>TOTAL (HORAS)</b> | <b>2860</b> | <b>2860</b> | <b>3326</b> | <b>3912</b> | <b>3630</b> | <b>4482</b> | <b>2931</b> | <b>3801</b> | <b>4117</b> | <b>2878</b> | <b>2926</b> | <b>3848</b> | <b>3519</b> |

Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo

Figura 11 Porcentajes de Falla 2011



Fuente: Grapas y Puntillas el Caballo

### **1.7.3 Equipos obsoletos**

A pesar de que es una empresa que innova constantemente, por medio de el personal de producción junto con el personal de mantenimiento, bajo la supervisión y aprobación del gerente, creando y adaptando maquinas, en la actualidad, presentan un proceso obsoleto y del que falta, mayor atención por parte de mantenimiento, el proceso de galvanizado de alambres.

Al realizar el recorrido por este proceso, se pudo observar, bombas en mal estado, los componentes metálicos en igual condición por los óxidos producidos, las estructuras de soporte para el paso del personal inestable, los equipos eléctricos (rectificadores, transformadores, variadores de velocidad y PLC), se encuentran en un recinto con poca iluminación y un poco descuidado. En la zona de decapado, zona critica donde se produce la limpieza del alambre, por medio del acido clorhídrico, falta mayor seguridad para los operarios y personal en general al ser inestables las puertas que impiden el paso al área.

En definitiva, se puede observar, una cantidad de puntos de mejora para el proceso, en cuestiones de seguridad del personal, de optimización y cuidado de equipos.

### **1.7.4 Sistemas de información**

El sistema de información actual en la compañía, está estructurado en una base de datos en ACCESS, donde se ingresa la información recopilada de los diferentes formatos y de los diferentes mantenimientos realizados en la planta, esta base de datos está enlazado con Excel para exportar datos y generar informes en la forma del documento de D0114.

En la información ingresada, se registra información de mantenimiento tanto en los equipos de los procesos como en la planta física de la empresa, por lo cual en los

informes de gestión, se involucran fallas que no afectan directamente la producción, incrementando los indicadores.

### **1.7.5 Procedimientos**

El grupo de mantenimiento, cuenta con muy pocos procedimientos, y normas de seguridad en los diferentes equipos de trabajo, que listamos a continuación:

- Procedimiento General de Mantenimiento (P2001090).
- Protocolo transferencia eléctrica (D0384).
- Protocolo variador de velocidad (Enrolladora Horizontal – Galvanizador #1 D0385).
- Protocolo variador de velocidad (Enrolladora Vertical – Galvanizador #1 D0385).
- Protocolo variador de velocidad (Enrolladora Horizontal – Galvanizador #2 D0385).
- Protocolo cambio o instalación de tejas (D0386).

### **1.7.6 Falta de identificación de equipos**

No se cuenta con un listado actualizado de la cantidad de equipos por cada uno de los procesos de producción. Se alista como un general el proceso, no se tienen cantidades ni nomenclatura a cada uno de sus componentes.

Esta actividad es realmente importante para identificar que parte falla repetitivamente, y no como todo el proceso.

### **1.7.7 Orden y aseo**

El taller y la planta, no cuentan con señalización adecuada, ni delimitación de áreas, para identificar como por ejemplo, que tipo de tuberías se manejan en los

diferentes procesos, principalmente en el proceso de galvanizado, en el cual se manejan gases, ácidos, zinc y agua.

## **1.8 OBJETIVOS**

### **1.8.1 Objetivo General.**

Diseñar un Modelo Gerencial de Mantenimiento basado en la Metodología RCM (Mantenimiento basado en Condición) para la planta de producción de la empresa Grapas y Puntillas el Caballo S.A.

### **1.8.2 Objetivos específicos.**

- ✓ Realizar un diagnostico del estado actual del mantenimiento en la planta de producción de la empresa Grapas y Puntillas el Caballo S.A.
- ✓ Realizar un diagnostico del sistema de información manejado por mantenimiento.
- ✓ Identificar los puntos y equipos críticos en los diferentes procesos de producción.
- ✓ Diseñar los planes de mantenimiento en base a la metodología RCM para los diferentes procesos de producción de la planta.
- ✓ Elaborar una propuesta económica para la implementación del modelo gerencial.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 METODOLOGIA DE RCM**

#### **2.1.1 Definición de la metodología RCM**

El mantenimiento centrado en confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemática, documentada que puede se puede utilizar a cualquier proceso industrial que quiera desarrollar un plan eficiente de mantenimiento. Revisa 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 principal que busca el mantenimiento basado en confiabilidad es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función de los equipos más que los equipos mismos. Es la función desempeñada por la maquina lo que interesa desde el punto de vista productivo, esto implica que no se deben tener equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones que garanticen la funcionalidad del equipo. También implica que se deben conocer con gran detalle las funciones que la interrumpen o dificultan. (9)

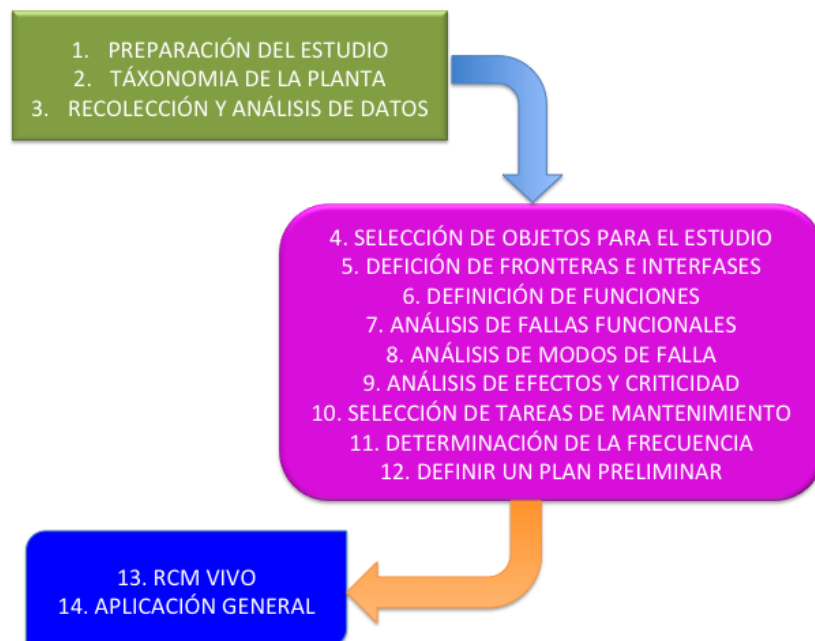
RCM es una metodología basada en un árbol de decisiones. Su éxito depende principalmente de la experiencia de los participantes así como también en la posibilidad de tener información referente a las fallas y periodos de ocurrencias registradas, información difícil de encontrar o de elaborar en el común de las plantas. 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, limitado únicamente por el grado de detalle que oriento el análisis.

## 2.1.2 Las siete preguntas básicas del RCM

El RCM se desarrolla por medio de 7 preguntas que son las encargadas de describir la optimización o desarrollo de un plan eficiente de mantenimiento. A continuación se enuncian. (5)

- ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociadas con el activo, en su actual contexto operacional?
- ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
- ¿Que causa la falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué puede hacerse para evitar la falla?
- ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?

**Figura 12. Pasos de un proyecto de RCM**



Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

### 2.1.3 Recolección y análisis de datos de servicio

El proceso de recolección y análisis de datos para desarrollar la metodología RCM se puede realizar con las siguientes actividades:

- Manuales técnicos de los equipos que serán intervenidos en la metodología.
- Dibujos y esquemas de la taxonomía de la planta.
- Entrevistas a personal de operaciones y mantenimiento con conocimiento en los procesos desarrollados en la planta.
- Programa actual de mantenimiento.
- Historiales de fallas de los equipos que serán intervenidos en la metodología RCM.
- Recomendaciones de mantenimiento de los proveedores de los equipos que hacen parte del estudio de la metodología.
- Regulaciones, estándares y directrices de operación del sistema, así como de las fronteras.

### 2.1.4 Identificación de modos de falla significativos

- **Falla funcional:** Estado en el cual un activo físico o un sistema es incapaz de realizar una función específica con un nivel de desempeño deseable. (7)

Las fallas funcionales se dividen en tres tipos. Perdida total de la función, Perdida parcial de la función y funcionamiento erróneo, así como depende que ocurra primero durante la operación, para operar en un momento determinado, para detener la operación en un momento determinado o para no operar cuando se necesitan. (5)

- **Modos de fallas:** Es el evento que causa una falla funcional. (7) Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas.
- **Falla Oculta:** Es una la falla funcional que en condiciones normales de operación no se puede detectar.
- **Efectos de falla:** Es la descripción de lo ocurrido en cada modo de falla. Esto posee toda la información necesaria para encontrar la causa raíz y evaluar las consecuencias de las fallas. Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario. (6)
- **Consecuencias de la falla:** Se pueden presentar varias fallas en diferentes modos de falla de afectan la funcionalidad de los activos físicos. La metodología le da mayor importancia a la consecuencia de la falla y no al elemento fallado. Es por esto que la metodología no busca evitar la falla que se genere sino mitigar las consecuencias de las fallas. Las fallas se clasifican en 4 grupos. (2)

1. Consecuencias de fallas ocultas: No tienen impacto directo pero exponen al equipo a daños múltiples.
2. Consecuencias ambientales y para la seguridad: Esto corresponde a daños físicos o muertes en las actividades realizadas en los procesos, así como agentes que contaminan el medio ambiente.
3. Consecuencias operacionales: Son las fallas que afectan directamente la producción, así como la eficiencia de las máquinas, costos de mantenimiento y reparaciones.
4. Consecuencias no operacionales: Aquellas que se relacionan y afectan únicamente los costos de mantenimiento y reparación.

### **2.1.5 Análisis de criticidad**

La planta debe tener claro cuáles son sus procesos de alta criticidad, esto se realiza utilizando las bases del RCM. Los criterios de los cuales se dispone para realizar la selección son:

- Procesos con fallas ocultas
- Procesos con fallas asociadas a la seguridad física
- Procesos con fallas asociadas al medio ambiente
- Procesos con fallas de costo en reparación.
- Procesos con fallas asociadas a los clientes.
- Procesos con fallas asociadas a la imagen.

**Tabla 6. Frecuencia asociada a fallas ocultas**

| <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>SEVERIDAD</b> |
|--|------------------|
| El modo de falla nunca será oculto y no podrá llevar a fallas múltiples                      | 0                |
| Existe posibilidad baja de que el modo de falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples | 1                |
| En condiciones normales tiene posibilidad media de ser oculta y ocasionar fallas múltiples   | 2                |
| Existe una posibilidad alta de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples     | 3                |
| La falla siempre será oculta y ocasionará fallas múltiples a gran escala                     | 4                |

Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

**Tabla 7. Frecuencia asociada a la seguridad física.**

| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>SEVERIDAD</b> |
|---|------------------|
| No se afecta la seguridad física  | 0                |
| Afecta a una persona, y puede generar incapacidad de carácter temporal                | 1                |
| Afecta de 2 a 5 personas, y puede generar incapacidad de carácter temporal            | 2                |
| Afecta a más de 5 personas con incapacidad temporal, o una con incapacidad permanente | 3                |
| Afecta a más de una persona con incapacidad permanente, o causando la muerte.         | 4                |

Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

**Tabla 8. Frecuencia asociada al Medio Ambiente**

| <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>SEVERIDAD</b> |
|--|------------------|
| No se afecta el medio ambiente   | 0                |
| Afecta el medio ambiente pero puede ser controlado.<br>No afecta ecosistemas   | 1                |
| Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible en menos de 6 meses con un costo menor a \$50'000.000                 | 2                |
| Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible en menos de 3 años a un costo menor a \$500'000.000                   | 3                |
| Afecta la disponibilidad de recursos comunitarios o ecosistemas. Es reversible en más de 3 años a un costo mayor a \$500'000.000, o es irreversible. | 4                |

**Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata**

**Tabla 9. Frecuencia asociada a los costos de reparar**

| <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>SEVERIDAD</b> |
|--|------------------|
| Los costos de reparación son menores a \$1.000.000                             | 0                |
| Los costos de reparación son mayores a \$1.000.000 y menores de \$10'000.000   | 1                |
| Los costos de reparación son mayores a \$10'000.000 y menores de \$50'000.000  | 2                |
| Los costos de reparación son mayores a \$50'000.000 y menores de \$500'000.000 | 3                |
| Los costos de reparación son mayores a \$500'000.000                           | 4                |

**Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata**

**Tabla 10. Frecuencia asociada a los clientes**

| DESCRIPCIÓN   | SEVERIDAD |
|---|-----------|
| Los costos del efecto en los clientes son menores a \$1.000.000                             | 0         |
| Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$1.000.000 y menores de \$10´000.000   | 1         |
| Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$10´000.000 y menores de \$50´000.000  | 2         |
| Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$50´000.000 y menores de \$500´000.000 | 3         |
| Los costos del efecto en los clientes son mayores a \$500´000.000                           | 4         |

Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

**Tabla 11. Frecuencia asociada a la imagen**

| DESCRIPCIÓN  | SEVERIDAD |
|--|-----------|
| No es trascendente   | 0         |
| La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con explicaciones directas  | 1         |
| La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor inferior a \$50´000.000                       | 2         |
| La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor mayor a \$50´000.000 e inferior a 500´000.000 | 3         |
| La falla afecta la credibilidad de los clientes. E reversible con campañas con un valor superior a \$500´000.000 o es irreversible.        | 4         |

Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

La calificación de la criticidad es la metodología utilizada para la calificación de fallas potenciales de cada uno de los activos bases de la compañía. La clasificación se describe con la siguiente fórmula.

**Ecuación 2. Fórmula Calificación de la metodología**

*Consecuencia*

$$= \text{Impacto operacional} + \text{Impacto seguridad física} \\ + \text{Impacto al medio ambiente} + \text{Imagen corporativa} \\ + \text{Efectos del cliente} + \text{Costos de reparación} + \text{Fallos ocultos}$$

Del puntaje total obtenido se aplica el criterio de la TABLA 9.

**Tabla 12. Rango para establecer criticidad**

| RANGO | CRITERIO     | RANGO |
|-------|--------------|-------|
| =<7   | No crítico   |       |
| >7    | Semicrítico  | <14   |
| =>14  | Crítico      | <21   |
| =>21  | Catastrófico | 28    |

Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

- Catastrófica: Categoría donde se ubican las Obras en ejecución, que No continúan su proceso pues sus fallas provocan graves daños a la salud o medio ambiente, presenta vencimiento de plazos de construcción, pérdida de recursos financieros y demandas legales.
- Crítico: Categoría donde se ubican las Obras en ejecución, donde se puede llevar a cabo el proceso, teniendo en cuenta que las fallas pueden provocar en cualquier momento graves daños a la salud o medio ambiente y pérdida de recursos financieros e inconformidad del cliente.

- Semicrítico: Categoría donde se ubican las Obras en ejecución, donde se puede llevar a cabo el proceso, donde las fallas pueden ser controladas sin generar impactos a la salud o medio ambiente, hay recursos financieros y la programación fue alterada con un margen de seguridad.
- No Crítico: Categoría donde se ubican las Obras en ejecución, donde No hay fallas que generen grandes impactos a la salud o medio ambiente, hay recursos financieros y se cumple con la programación establecida.

La criticidad de la consecuencia antes hallada será la pauta para definir la estrategia y prioridad del mantenimiento dentro de la planeación y programación. Esta será la entrada del proceso de confiabilidad para así determinar las prácticas de mantenimiento más adecuado.

Posteriormente, se define cualitativamente el riesgo, para así establecer el nivel de aceptabilidad del componente o del sistema que se está tratando, una manera de expresar este valor es:

Riesgo = frecuencia X consecuencia

Frecuencia = # fallas en un tiempo determinado

**Tabla 13. Matriz de aceptabilidad**

| FRECUENCIA                  | %            |             |         |              |
|-----------------------------|--------------|-------------|---------|--------------|
| Frecuente (1 en una semana) | B            | M           | A       | MA           |
| Ocasional (1 en un mes)     | B            | B           | M       | A            |
| Remota (1 en seis meses)    | B            | B           | M       | M            |
| Poco Probable (1 en un año) | B            | B           | B       | M            |
|                             | No Crítico   | Semicrítico | Crítico | Catastrófico |
|                             | CONSECUENCIA |             |         |              |

Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

Tabla 14. Criterios de aceptabilidad

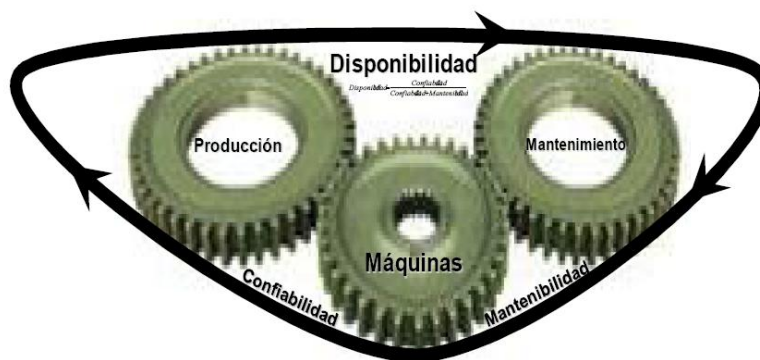
| CRITERIO    | ACEPTABILIDAD   |
|-------------|---|
| Aceptable   | Mantenimiento en condiciones normales                 |
| Tolerable   | Existen fallas controlables                           |
| Inaceptable | Existen fallas primarias y secundarias no controladas |
| Inadmisible | Parada de proceso                                     |

Fuente: Apuntes de clase Mantenimiento Basado en Confiabilidad. Daniel Ortiz Plata

## 2.2 DISPONIBILIDAD

Es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente en el momento que sea requerido después del momento de su operación, cuando se usa bajo condiciones normales estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo, tiempo administrativo, tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico. (3)

Figura 13. Relaciones y leyes que gobiernan un sistema de mantenimiento



Fuente: (3)

### Ecuación 3. Relación de disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo en el que el dispositivo opera correctamente y funciona bien}}{\text{Tiempo en el que el elemento o maquina puede operar}}$$

Fuente: (3)

### Ecuación 4. Relación de disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Confiabilidad}}{\text{Confiabilidad} + \text{Mantenibilidad}}$$

Fuente: (3)

## 2.3 CONFIABILIDAD

Es la probabilidad de que un equipo funcione correctamente durante un periodo de tiempo sin fallas trabajando en condiciones normales. La confiabilidad está ligada con la calidad de un producto y es con frecuencia considerada un componente de esta. La calidad puede ser definida cualitativamente como la cantidad de satisfacción, de los requerimientos de los usuarios de un producto. La confiabilidad se interesa por cuánto tiempo el producto continúa en funcionamiento después de entrar en operación. Una baja calidad del producto implica una disminución de su confiabilidad, de la misma manera que una calidad alta implica una confiabilidad elevada.

## 2.4 MANTENIBILIDAD

Probabilidad de que un equipo que ha estado trabajando y que ha perdido parte parcial o total de su funcionalidad y/o a sufrido cierto desgaste, pueda ser llevado nuevamente a una condición de referencia. (3)

La mantenibilidad es inherente a el ser humano.

La Mantenibilidad puede expresarse como la probabilidad de que un equipo que ha fallado pueda ser reparado dentro de un período dado de tiempo, que puede ser caracterizado por el tiempo promedio para intervenir (MTTR).

**Ecuación 5. Tiempo promedio para intervenir**

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo de no funcionamiento}}{\text{N}^{\circ} \text{ de intervenciones de mantenimiento}}$$

**Fuente: (3)**

Puede expresarse también como el tiempo de falla promedio.

**Ecuación 6. Tiempo promedio para intervenir**

$$\text{Tfp} = \frac{\text{Tiempo total de fallas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de fallas}}$$

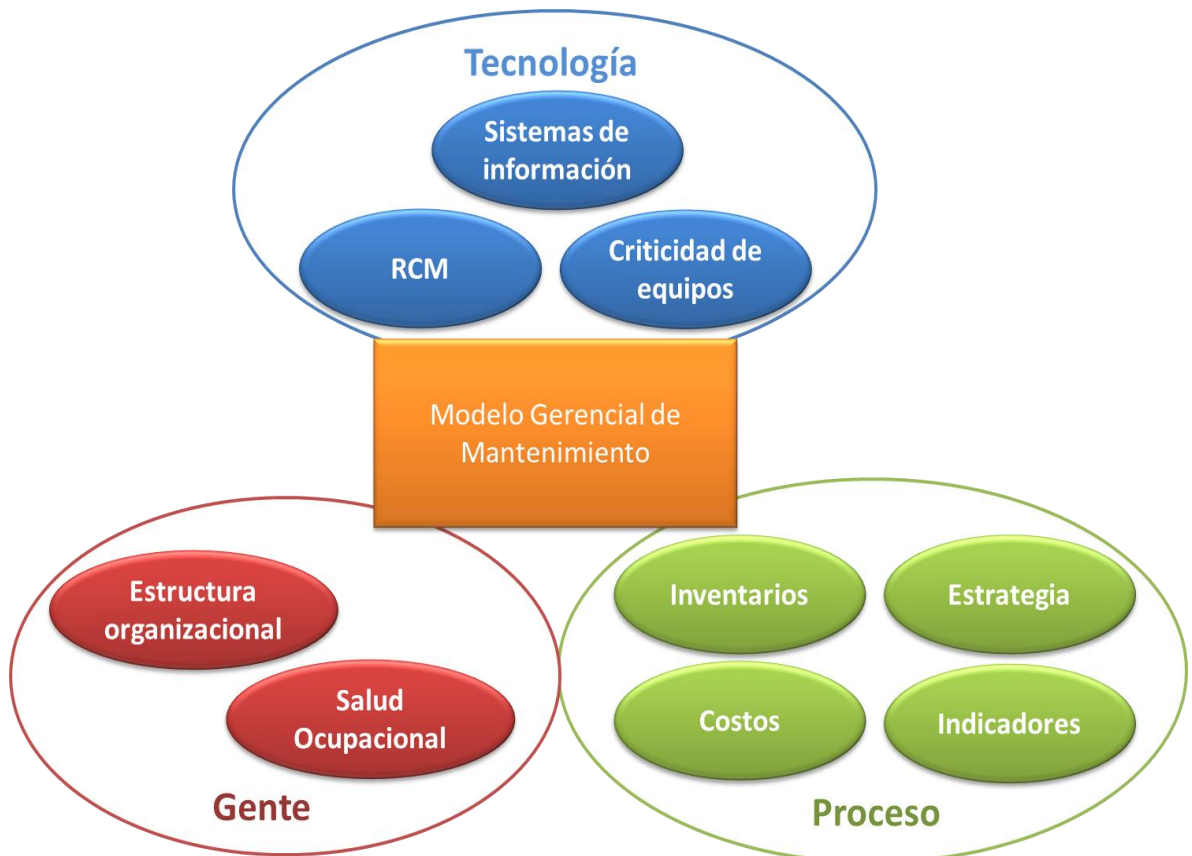
**Fuente: (3)**

### 3. PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE MANTENIMIENTO

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO GERENCIAL

Para contar con un modelo gerencial que cumpla con los objetivos planteados se requiere de una relación coordinada entre tres estamentos de la organización. Estos son la tecnología, la gente y los procesos.

Figura 14. Modelo Gerencial de Mantenimiento Grapas y Puntillas El Caballo.



Fuente: Autores

El modelo gerencial de mantenimiento que se describe a continuación muestra las necesidades actuales para el mantenimiento en la organización, así como define funciones específicas de trabajo y los tres pilares fundamentales del modelo gerencial de mantenimiento, los cuales son el recurso humano, la tecnología y los procesos.

A partir del listado de criticidad de equipos presentado se mostrara cuales son los principales procesos que deben mostrar un cambio significativo en la forma como se realiza el mantenimiento.

## **3.2 GENTE**

### **3.2.1 Estructura Organizacional**

El mantenimiento de la planta Grapas y Puntillas El Caballo debe estar organizado de manera que tenga un director de mantenimiento y servicios generales. Este director trabajara conjuntamente con la dirección de producción y proyectos haciendo que el proceso productivo este muy interrelacionado como se venía realizando hasta el momento. En la Figura 14 se observa como quedaría compuesto el organigrama propuesto para este modelo gerencial.

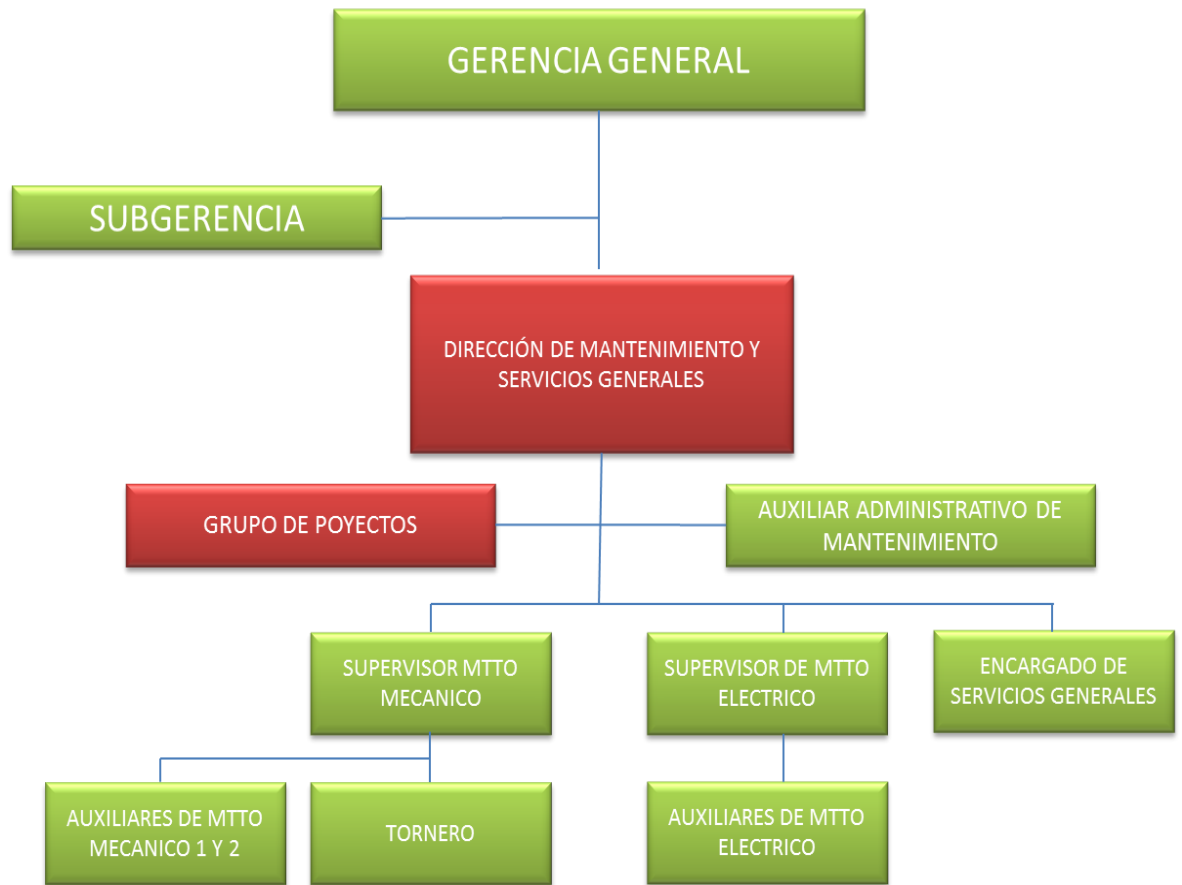
**Figura 15. Organigrama propuesto para GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO**



**Fuente: Adaptación del Organigrama Grapas y Puntillas el Caballo**

La planeación, seguimiento, registro e informes de los trabajos de mantenimiento recaerán sobre este director, buscando optimizar el trabajo del personal operativo y los contratistas. Adicional a esto con la creación de la dirección de mantenimiento y servicios generales se debe organizar un grupo de proyectos que sea el encargado de dar apoyo a los proyectos que lleva a cabo la organización. En la Figura 15 se observa el organigrama propuesto para la dirección de mantenimiento de la empresa Grapas y Puntillas El Caballo.

**Figura 16. Organigrama de mantenimiento Grapas y Puntillas El Caballo**



**Fuente: Adaptación del Organigrama Grapas y Puntillas el Caballo**

### **3.2.2 Roles y responsabilidades de mantenimiento**

- El director de mantenimiento y servicios generales.
- ✓ Debe identificar las necesidades de mantenimiento con base en la información suministrada por las fuentes tales como informe de mantenimiento, informe de eficiencias de los equipos y sugerencias de los operarios y/o supervisores.

- ✓ El director de mantenimiento liderara la elaboración y ejecución de los planes de mantenimiento a fin de mantener la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.
- ✓ El director debe velar por la capacitación y retroalimentación al personal con el propósito de asegurar las competencias técnicas de trabajo y el cumplimiento de los objetivos propuestos por la organización.
- ✓ El director de mantenimiento, se debe encargar del control y ejecución presupuestal de la dirección, con el fin de tener claros los parámetros de costos y que estos no se salgan del presupuestado por la organización.
- ✓ El director de mantenimiento pasara a la dirección de compras la solicitud de los materiales requeridos para el proceso de mantenimiento.
- ✓ Tendrá control sobre los trabajos realizados por los contratistas con el propósito de asegurar la calidad y seguridad de los equipos.
- ✓ Coordinar junto con el director de producción el grupo de proyectos de desarrollo de la organización.
- Los supervisores de obra.
- ✓ Semanalmente deben verificar el cronograma de trabajo, las actividades que se deben realizar, asignar recursos y coordinar su ejecución para la especialidad que dirige.
- ✓ Debe velar por el cumplimiento de la normatividad de la empresa en lo concerniente a la seguridad industrial y salud ocupacional.

- ✓ El supervisor debe estar pendiente de la bodega de materiales con el propósito de no permitir quedar sin los materiales críticos para un mantenimiento.
- ✓ Priorizar actividades según la criticidad que tenga en el proceso de producción.
- ✓ Verificar la calidad con que el personal realiza los trabajos, así como su documentación.
- ✓ Garantizar el orden y aseo en el taller y los sitios de trabajo donde se realizan las actividades.
- ✓ Elaborar los informes y estadísticas de mantenimiento conjuntamente con el auxiliar administrativo de mantenimiento para entregar el informe al director de mantenimiento.
- Auxiliar administrativo de mantenimiento.
- ✓ Elaborara conjuntamente con los supervisores los informes de mantenimiento.
- ✓ Encargado de subir al sistema de información la información consignada en los formatos tanto de los supervisores como de los técnicos y personal de producción.
- ✓ Extraer del sistema de información de historiales de equipos, fallas, estadísticos con los cuales se pueda optimizar el proceso de mantenimiento.

### 3.2.3 Salud Ocupacional

En el ambiente de trabajo en cada una de las secciones de la cual está compuesta la planta se presenta una serie de factores de riesgo que pueden alterar la salud de los trabajadores. Es por esto que el modelo de gerencial de mantenimiento debe enfocarse en mitigar tales riesgos, con el uso de elementos de protección personal que disminuyan el grado de exposición.

Dentro de los riesgos a los cuales están expuestos el personal, tenemos riesgos físicos, químicos, ergonómicos y de seguridad:

Tabla 15. Factores de Riesgos de exposición existentes en la Planta

| <b>RIESGOS DE EXPOSICIÓN EN LA PLANTA</b> |                         |                                 |                             |
|---|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| <b>RIESGOS FISICOS</b>                    | <b>RIESGOS QUIMICOS</b> | <b>RIESGOS POR CARGA FISICA</b> | <b>RIESGOS DE SEGURIDAD</b> |
| Ruido                                     | Gases                   | Carga estática                  | Mecánicos                   |
| Vibración                                 | Vapor                   | Carga dinámica                  | Eléctricos                  |
| Iluminación                               | Partículas solidas      |                                 | Locativos                   |
| Humedad                                   | Humo                    |                                 |                             |
| Temperatura                               | Biológicos              |                                 |                             |

Fuente: Autores

En el ANEXO 1 se encuentra el panorama de riesgos junto con las recomendaciones dadas para el proceso de galvanizado de alambres de la planta Grapas y Puntillas El Caballo. Este panorama de riesgos se debe hacer extensivo a los demás procesos que se encuentran en la planta.

### 3.3 TECNOLOGIA

#### 3.3.1 Criticidad de los equipos

La planta debe tener claro cuáles son sus procesos de alta criticidad, esto se realiza utilizando las bases del RCM. Los criterios de aceptabilidad dados en el proceso arrojan los siguientes datos:

**Tabla 16. Criterios de aceptabilidad de los procesos**

| Proceso                | Criterio    | Aceptabilidad   |
|------------------------|-------------|---|
| Trefilado              | Inaceptable | Existen fallas primarias y secundarias no controladas |
| Galvanizado de alambre | Inaceptable | Existen fallas primarias y secundarias no controladas |
| Recocido               | Tolerable   | Existen fallas controlables                           |
| Galvanizado de clavos  | Aceptable   | Mantenimiento en condiciones normales                 |
| Púas                   | Aceptable   | Mantenimiento en condiciones normales                 |
| Picado y pulido        | Aceptable   | Mantenimiento en condiciones normales                 |
| Empaque                | Aceptable   | Mantenimiento en condiciones normales                 |

Fuente: Autores

En el ANEXO 2 se encuentra el análisis de criticidad de los procesos de la planta Grapas y puntillas El Caballo.

#### 3.3.2 RCM

Se diseñó un plan piloto para los dos procesos cuyo criterio era inaceptable. Estos procesos corresponden a Trefilado y Galvanizado de alambres.

- Preparación del estudio

El plan RCM inicio describiendo las condiciones operacionales en las que funcionan los procesos. El área donde está ubicada la planta cuenta con un ambiente de temperatura fresca, pero se cuenta con una elevada contaminación ambiental producto de la cercanía con las siderúrgicas. Se encuentra ubicada a 2600 msnm y es una zona sísmica alta. La humedad relativa es del 94%, la temperatura promedio es de 17°C y la dirección del viento es Noreste.

- Taxonomía de la planta

En el ANEXO 3 se describe la estructura de los procesos que se ejecutan en la planta con sus respectivos equipos utilizados para el funcionamiento.

- Recolección y análisis de datos

Se realizaron visitas a la planta donde se visualizaron fortalezas y debilidades en las funciones de mantenimiento. Se conocieron los proceso en donde el alambrón ingresa como materia prima y sale transformado en productos terminados tales como alambre liso, alambre galvanizado, alambre recocado, alambre brillante, alambres de púas, puntillas con y sin cabeza, clavo de zinc, clavo de vareta, clavo helicoidal y grapas.

- Selección de objetos para el estudio

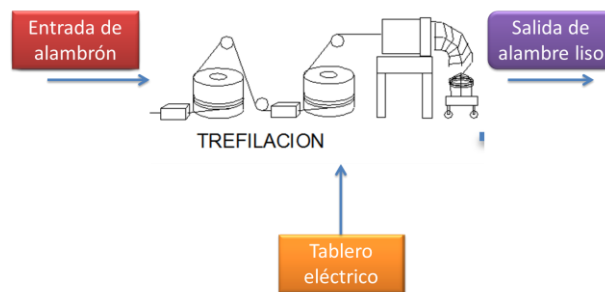
Se realizó un estudio de criticidad de procesos donde se seleccionaron el proceso de trefilado y el proceso de galvanizado, como procesos donde se presentan fallas primarias y secundarias no controladas.

Estos dos procesos tienen mayor frecuencia de fallos en la empresa producto de un funcionamiento 24 horas seis días a la semana. Se tiene aproximadamente un promedio de 50 fallas mensuales en cada uno de los procesos.

- Definición de las fronteras e interfaces

Se definieron las fronteras para los dos procesos y se encontraron puntos comunes. Una de las fronteras es la llegada del material al inicio del proceso por medio de equipo automotor, así como la salida y el suministro de energía en los tableros eléctricos.

**Figura 17. Fronteras Proceso de trefilado**



**Fuente: Autores**

- Definición de funciones

A continuación se enuncian las funciones utilizadas en los procesos de estudio. Estas funciones incluyen el proceso como tal y el componente de seguridad industrial.

**Tabla 17. Funciones del Proceso de trefilación**

| <b>Cód</b> | <b>FUNCIONES</b>   |
|------------|--|
| TK01       | Estirar alambroón o alambre para uno de menor diámetro mediante una o más pasadas a través de orificios cada vez más pequeños de una hilera. |
| TK02       | Garantizar la disponibilidad de materias primas para los demás procesos de la planta.  |
| TK03       | Define el diámetro del alambre para el proceso que se requiera   |
| TK04       | Brindar seguridad y comodidad al operador sin poner en riesgo su integridad.   |

**Fuente: Autores**

**Tabla 18. Funciones de galvanizado de alambres**

| <b>Cód</b> | <b>FUNCIONES</b>   |
|------------|--|
| GAL01      | Suministrar alambre liso galvanizado.  |
| GAL02      | Garantizar la disponibilidad de alambre liso galvanizado como producto terminado.                            |
| GAL03      | Garantizar la disponibilidad de alambre liso galvanizado como materia prima de los proceso de púas y grapas. |
| GAL04      | Brindar seguridad y comodidad al operador sin poner en riesgo su integridad.                                 |

**Fuente: Autores**

- Análisis de fallas funcionales

Se realizo el análisis de las fallas funcionales que impactan directamente a las funciones principales de los procesos de estudio. A continuación se encuentra la tabla que describe las fallas funcionales para la función TK01.

**Tabla 19. Fallas funcionales trefilación**

| <b>Cód.</b> | <b>Función</b>   | <b>Cód. FF</b> | <b>Descripción Falla Funcional</b>                                     |
|-------------|--|----------------|--|
| TK01        | Estirar alambón o alambre para uno de menor diámetro mediante una o más pasadas a través de orificios cada vez más pequeños de una hilera. | TK01FF01       | No ejecutar el estirado del alambón o alambre a uno de menor diámetro. |
|             |  | TK01FF02       | No pasar el alambre o alambón por uno o más orificios de la hilera.    |

**Fuente: Autores**

- Modos de falla

En los modos de falla se detectaron los factores que afectan directamente a la función y que impiden que se lleve a cabo el normal desarrollo de las actividades programadas en la planta. El proceso de Trefilado y galvanizado son procesos continuos que cuando uno de sus componentes falla implica perdidas en la calidad del producto que incluso pueden llevar a paro general del proceso. A continuación se observan los modos de falla de la falla funcional GAL01FF01.

**Tabla 20. Modos de falla proceso de galvanizado**

| <b>Cód. FF</b> | <b>Descripción<br/>Falla<br/>Funcional</b>  | <b>Cód. MF</b> | <b>Modo de Falla</b>                            |
|----------------|---|----------------|---|
| GAL01FF01      | No disponer de alambre galvanizado con las características necesarias para el mercado | GAL01FF01MF01  | La polea guía no gira libremente.               |
|                |   | GAL01FF01MF02  | Rodillos en las cubas no giran.                 |
|                |   | GAL01FF01MF03  | Rectificador de corriente quemado               |
|                |   | GAL01FF01MF04  | Variador de velocidad quemado por sobrevoltaje. |
|                |   | GAL01FF01MF05  | Motor de rodillo quemado                        |
|                |   | GAL01FF01MF06  | Las platinas no conducen corriente.             |
|                |   | GAL01FF01MF07  | Electrobomba quemada.                           |
|                |   | GAL01FF01MF08  | Rotor bloqueado.                                |
|                |   | GAL01FF01MF09  | Orificios en la cuba.                           |
|                |   | GAL01FF01MF10  | Mangueras reventadas.                           |
|                |   | GAL01FF01MF11  | Soldador de punto no solda.                     |

Fuente: Autores

- Selección de las tareas de mantenimiento

A aplicar el algoritmo de decisión propuesto en el RCM II (Ver ANEXO 4), se seleccionaron tareas a condición, preventivas y a detección de fallos. A continuación se observan tareas de mantenimiento autónomo que deben ser ejecutadas por el operador del proceso como primer encargado del mantenimiento de los equipos.

**Tabla 21. Tareas de mantenimiento Proceso Galvanizado**

| <b>Actividad</b>                             | <b>Tipo de Mantenimiento</b> | <b>Responsable</b> | <b>Frecuencia mes</b> |
|--|------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Reset de falla                               | Detección de falla           | Mantenimiento      | 0                     |
| Cambio de cojinetes                          | Preventivo                   | Mantenimiento      | 18                    |
| Lubricación de cojinetes                     | Preventivo                   | Mantenimiento      | 6                     |
| Inspección de parámetros de funcionamiento.  | Preventivo                   | Mantenimiento      | 12                    |
| Revisión de calidad de la energía            | Condición                    | Mantenimiento      | 12                    |
| Medición de aislamiento eléctrico            | Condición                    | Mantenimiento      | 6                     |
| Revisión de elongación del alambre           | Autónomo                     | Operaciones        | 0,03                  |
| Termografía infrarroja                       | Condición                    | Mantenimiento      | 6                     |
| Lubricación de motor                         | Preventivo                   | Mantenimiento      | 5                     |
| Cambio de rodamiento                         | Condición                    | Mantenimiento      | 6                     |
| Inspección de la estructura de la cuba       | Autónomo                     | Operaciones        | 1                     |
| Inspección de la estructura de las mangueras | Autónomo                     | Operaciones        | 1                     |
| Mantenimiento preventivo soldador            | Preventivo                   | Mantenimiento      | 12                    |

|  |            |               |    |
|--|------------|---------------|----|
| Revisión periódica estructura torre extracción gases | Preventivo | Mantenimiento | 12 |
| Aplicación de barniz aislante                        | Preventivo | Mantenimiento | 2  |

Fuente: Autores

### 3.3.3 Sistema de información

Teniendo en cuenta el volumen de producción, la cantidad de maquinaria y la complejidad de los procesos, el tipo de sistema de información utilizado actualmente consistente en una base de datos en Access es lo mínimo requerido.

La recomendación de los autores está enfocada en obtener un CMMS<sup>1</sup> (Computerized Maintenance Management Systems), el cual daría la posibilidad de generar rutinas por mantenimiento a condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y poderlas ajustar aquellas en las que se presentan fallas.

Un CMMS permite a su vez la elaboración de hojas de vida de los equipos para revisar su evolución y desgaste de la vida útil.

## 3.4 PROCESOS

### 3.4.1 Indicadores

Los indicadores que a criterio de los autores, la planta debería implementar para medir su gestión de mantenimiento aplicado a sus procesos son:

- Disponibilidad

---

<sup>1</sup> Se puede considerar la posibilidad de utilizar un paquete online gratuito

### **Ecuación 7. Disponibilidad**

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{C}{C + M}$$

**Fuente: (3)**

Donde MTBF es el tiempo medio entre fallas y MTTR es el tiempo medio para la reparación y C es la confiabilidad y M es la mantenibilidad.

La disponibilidad se calcula para cada uno de los procesos y para la planta en general.

### **Ecuación 8. Disponibilidad de la planta**

$$D_{planta} = \frac{\sum D_s}{N_p}$$

**Fuente: (3)**

Donde  $D_s$  es la disponibilidad de proceso significativo y  $N_p$  es el número de equipos significativos.

- Índice de Mantenimiento Programado

### **Ecuación 9. Índice de Mantenimiento Programado**

$$I_{mp} = \frac{\text{Horas } M_p}{\text{Horas } M_{tto}}$$

**Fuente: (3)**

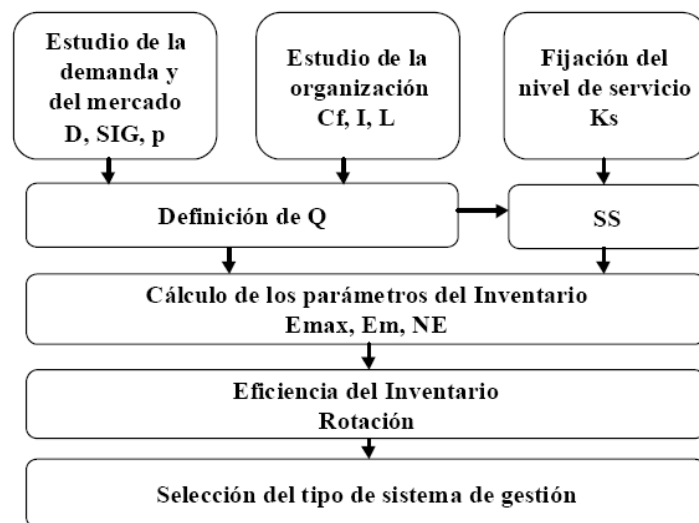
Donde Horas  $M_p$  son las horas de mantenimiento programado y Horas  $M_{tto}$  son las horas totales dedicadas a mantenimiento.

Para poder realizar estos indicadores se requerirá que en campo se realice la medición del tiempo medio entre fallas de los procesos, por medio de los horómetros de las maquinas y aquellos en donde las maquinas no cuenten con esto se utilizaran los informes de producción. La confiabilidad y la mantenibilidad se miden en el día día. La confiabilidad es inherente a la maquina y la mantenibilidad al personal de mantenimiento.

### 3.4.2 Inventarios

Para la gestión de inventarios se propone un procedimiento de planificación para calcular la cantidad óptima que se debe tener en la empresa. Un inventario de gran volumen significa costos altos de mantenimiento y dinero poco rentable para la compañía. A su vez un inventario de poco volumen puede generar una parada de proceso por un material con el que no se cuenta. Es por esto que es importante determinar a partir de los cálculos que se tengan con respecto al costo de realizar un pedido los valores de los artículos, la demanda anual y la tasa anual de costo del almacén, el tamaño óptimo de los lotes que se deben tener en bodega.

**Figura 18. Procedimiento de planificación de inventarios**



Fuente: (1)

Este lote debe cumplir con unos parámetros de reposición de materiales como se muestra en la Figura 18, Modelo Clásico de inventarios, donde se tiene una existencia máxima y mínima junto con un inventario de seguridad que nos indica cuando es necesario realizar una reposición de material. El tamaño del lote óptimo debe cumplir con ciertos requisitos que son:

### Ecuación 10. Requisitos lote óptimo de inventarios

$$NE = 2 \times L$$

$$Q \times \frac{360}{D} > 2 \times L$$

$$Q > L \times \frac{D}{180}$$

Fuente: (1)

A continuación se relaciona los cálculos que se deben realizar para obtener la demanda máxima, la demanda mínima y el inventario de seguridad tal como se observa en la Figura 18.

### Ecuación 11. Cálculos demandas máximas y mínimas

$$SS = K_s \times SIG \times L^{\frac{1}{2}} + L^{\frac{1}{2}} \times \frac{D}{360}$$

$$PP = SS + C \times \frac{D}{360}$$

$$Em = SS \times \frac{Q}{2}$$

$$E_{max} = SS + Q$$

$$NE = Q \times \frac{360}{D}$$

$$Q_{optimo} = \left( 2 \times C_f \times \frac{D}{p} \times I \right)^{\frac{1}{2}}$$

Fuente: (1)

Donde

Q es el tamaño del lote (unidades/pedido)

D demanda anual (unidades/año)

Cf Costo de efectuar un pedido o lanzamiento (\$/pedido)

p es el valor unitario del artículo (\$/unidad)

NE Intervalo entre reaprovisionamientos (días)

SS Inventario de seguridad (unidades)

SIG Desviación típica de la demanda diaria

E<sub>max</sub> Existencia máxima (unidades)

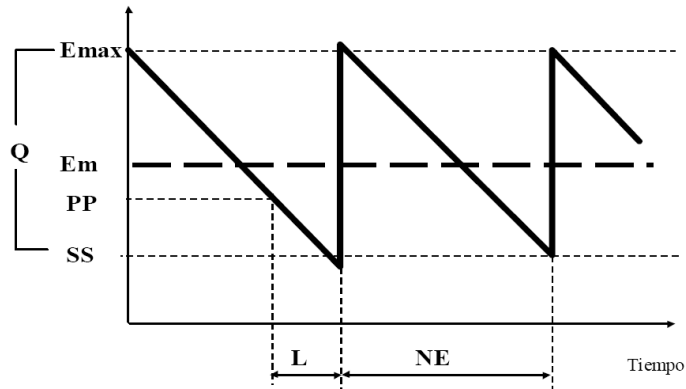
E<sub>m</sub> Existencia media (unidades)

K<sub>s</sub> Coeficiente de seguridad

L Ciclo de gestión de un pedido (días)

I Tasa anual de costo del almacenamiento

**Figura 19. Modelo clásico de inventarios**



Fuente: (1)

### 3.4.3 Estrategia

La estrategia de mantenimiento en la fábrica debería comenzar implementándose en el proceso de galvanizado de alambres. Este proceso es crítico e importante debido a que es materia prima de una gran cantidad de procesos y a su vez es producto terminado. La oportunidad de mejora de este proceso es alta debido a que la tecnología de las unidades es antigua y los químicos que se manejan afectan la vida útil de los componentes.

La estrategia se debería enfocar y sostener por medio de las tareas de condición que garanticen y maximicen la vida útil y la función de los equipos en la planta. A su vez es importante mantener algo ya establecido y que en la actualidad se ejecuta en la planta y es el mantenimiento autónomo realizado por los operadores y que da el diagnóstico preliminar del proceso antes que empiece a producir. Todas las actividades de mantenimiento autónomo, correctivo, preventivo y condición deben ser fuente principal de alimentación del sistema de información de mantenimiento y por lo tanto es importante conocer todos los componentes que hacen que el proceso funcione para poder generar las hojas de vida hasta su componente más mínimo pero significativo en el proceso.

Inicialmente el mantenimiento a condición debería ser contratado por una empresa externa y a medida que se den las capacitaciones al personal y se den los avances tecnológicos, la empresa vaya supliendo alguna de estas actividades. Los supervisores cumplen un papel fundamental en el cumplimiento de la estrategia. Ellos deben ser capacitados para cumplir con la estrategia y a su vez deben continuar con la innovación presente hasta el momento en todos los procesos de la planta.

La parte estructural de la planta debe sufrir un proceso de transformación en lo concerniente a orden y aseo, demarcación de las áreas de trabajo y circulación

#### **3.4.4 Costos**

El costo del mantenimiento hace parte de la gestión del mantenimiento. Estos costos son variados teniendo en cuenta el mantenimiento realizado en planta por el personal directo, el mantenimiento contratado, el exceso de mantenimiento, la vida útil de los componentes y las pérdidas en producción.

La empresa debe llevar el control de los costos para optimizar los costos de su mantenimiento. Con esto se logra la obtención de los objetivos propuestos por la compañía, la disponibilidad de los equipos, la calidad de los productos terminados junto con la eficiencia y eficacia de la planta.

Si la empresa logra un buen manejo en el control de costos, significara una ventaja competitiva en el suministro de sus productos, grapas, puntillas y alambres frente a las demás empresas del sector.

## **3.5 PROSPECTIVA DE IMPLEMENTACIÓN**

### **3.5.1 Análisis económico**

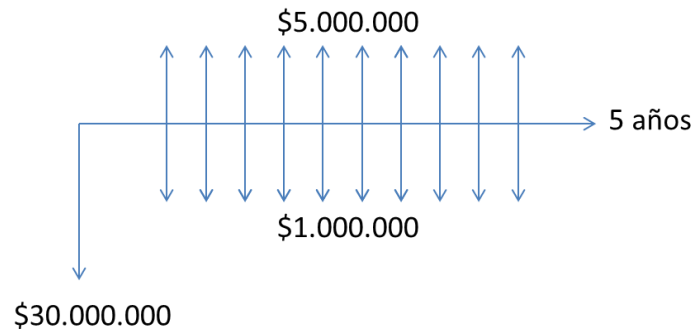
La evaluación financiera de la monografía, identifica desde el punto de vista del inversionista, los ingresos y egresos que se atribuyen a un programa, así como la rentabilidad generada por el mismo. Para el desarrollo del análisis financiero se tendrá en cuenta la evaluación de dos actividades que serían ejecutables en el corto tiempo, para mejorar la productividad de la planta.

El valor presente neto es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Este permite determinar si la inversión cumple con los objetivos de financiamiento. Estas actividades consisten en la implementación de un sistema termografico para la ejecución de las rutinas predictivas en la planta, así como un equipo para la medición de aislamiento.

- Sistema de termografía infrarroja

El servicio de termografía para la planta se realiza cada 6 meses durante un periodo de 5 días hábiles. El costo de cada día es de aproximadamente \$1.000.000. Se realizó la cotización de una cámara termográfica con capacitación la cual tiene un costo de \$30.000.000. Si la actividad la realizara la compañía tendría un costo de \$1.000.000 en el mismo periodo de tiempo que emplea el contratista. Se asume un interés anual del 8%.

**Figura 20. Diagrama de inversiones**



**Fuente: Autor**

**Tabla 22. Valor presente neto en el tiempo**

| Tiempo | 0 meses     | 6 meses  | ... | 5 años   |
|--------|-------------|--|-----|--|
| Valor  | -24.000.000 | $-\frac{1.000.000}{(1 + 0,0392)^1} + \frac{5.000.000}{(1 + 0,0392)^1}$ |     | $-\frac{1.000.000}{(1 + 0,0392)^{10}} + \frac{5.000.000}{(1 + 0,0392)^{10}}$ |

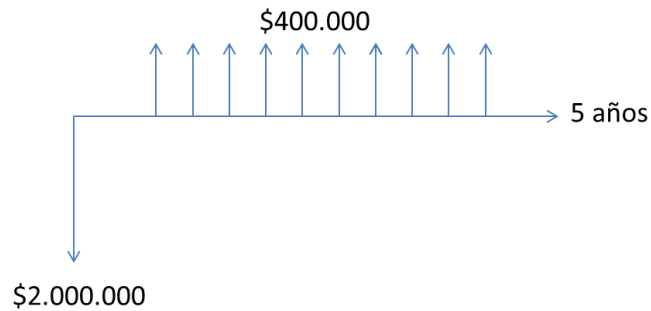
**Fuente: Autor**

El valor presente neto para esta alternativa de inversión es de \$8.573.176,54, razón por la cual se puede hacer la compra del equipo.

- Sistema de medición de aislamiento

El servicio de medición de aislamiento para la planta se realiza cada 6 meses durante un periodo de 5 días hábiles. El costo de alquiler de cada día es de aproximadamente \$80.000. Se realizó la cotización de un medidor de de aislamiento con capacitación la cual tiene un costo de \$2.000.000. La actividad la realiza actualmente la empresa, luego no tiene incidencia en el cálculo los costos de personal. Se asume un interés anual del 8%.

**Figura 21. Diagrama de inversiones**



**Fuente: Autor**

**Tabla 23. Valor presente neto en el tiempo**

| Tiempo | 0 meses    | 6 meses                          | ... | 2 años                              |
|--------|------------|----------------------------------|-----|-------------------------------------|
| Valor  | -2.000.000 | $\frac{400.000}{(1 + 0,0392)^1}$ |     | $\frac{400.000}{(1 + 0,0392)^{10}}$ |

**Fuente: Autor**

El valor presente neto para esta alternativa de inversión es de \$1.275.317,65 razón por la cual se puede hacer la compra del equipo.

### 3.5.2 Herramientas requeridas

- Cámara termográfica

Cámara termográfica IR-FUSION, diseñada para diagnóstico y mantenimiento industrial.

Rango de temperatura de -20 a 600°C. Precisión  $\pm 2\%$  ó  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Corrección de emisividad en pantalla.

Compensación de temperatura de fondo.

Frecuencia de captura de imágenes de 9Hz.

Sensibilidad térmica de  $<0,05^\circ\text{C}$  a  $30^\circ\text{C}$ .

Tamaño del detector de 240X180.

Tarjeta SD extraíble con capacidad de 2GB para almacenar 3000 imágenes de IR ó 1200 de IR-Fusión.

Resistente al agua y el polvo en cumplimiento de la Norma IP54.

Campo de visión 23° x 17°.

Grabadora de voz por imagen 60 segundos.

Alarma de indicador de carga de la batería.

Incluye: Fuente de alimentación CA, Cargador de batería con dos receptáculos (110V/CA a 220V/CA, 50/60 Hz), 2 Baterías intercambiables recargables de litio con duración de 4 horas cada una.

Software SmartView® con actualizaciones gratuitas de por vida, Bolsa de transporte flexible, Maletín de transporte rígido,

Correa de mano ajustable, y Manual de uso.

Visor para cámaras termográficas

Garantía: Dos (2) años por defecto de fábrica para equipo y (1) un año para accesorios.

Marca: FLUKE.

- Sistema de medición de aislamiento

Los multímetros Fluke 1587 y 1577 aúnan en un instrumento sencillo y compacto las funciones de un comprobador de aislamiento digital y de un multímetro digital de verdadero valor eficaz. Una herramienta portátil que le ofrece la máxima versatilidad para la solución de problemas y para las tareas de mantenimiento preventivo.

Accesorios incluidos, Maletín rígido C101.

Juego de cables de prueba de silicona SureGrip TL224.

Juego de pinzas de cocodrilo SureGrip AC285.

Sonda de temperatura termopar (Tipo K) modelo 80BK incluida.

Sonda remota con disparador integrado TP165X

Multímetro con medida de aislamiento

#### 4. CONCLUSIONES

- En este trabajo se elaboro un modelo general de mantenimiento bajo la metodología RCM para la planta de producción Grapas y Puntillas El Caballo, basado en la información obtenida del levantamiento y diagnostico del mantenimiento actual, las cuales permitieron conocer cada uno de los componentes de la planta y su estado actual, facilitando el modelo gerencial de mantenimiento (RCM), lo que constituye desde el punto de vista de mantenimiento, la ruta para el mejoramiento del proceso de fabricación de puntillas y alambres. Las recomendaciones obtenidas mediante el modelo gerencial podrá ponerse en marcha por la gerencia de la compañía con el fin de obtener procesos eficientes que hagan uso adecuado de los recursos disponibles en la empresa.
- Para el desarrollo de modelos de mantenimiento basado en RCM para procesos industriales, se hace necesario el estudio y documentación acerca del proceso de intervenir, buscando con esto asimilar conocimientos, que redunden en el desarrollo de mejoras en el proceso, desde el punto de vista técnico y de seguridad para las personas que interviene en el.
- Con base en el diagnostico realizado en la planta, se observa que en general el sistema y sus componentes, se encuentran en buen estado, salvo algunas excepciones que mediante rutinas de mantenimiento se pueden solucionar.

- La metodología utilizada para la elaboración del programa gerencial de mantenimiento en la planta Grapas y Puntillas el Caballo, se puede aplicar a otro proceso dentro de la planta o en una industria con características similares.
  
- El éxito del programa gerencial de mantenimiento de la planta depende en gran medida del trabajo mancomunado que se realice con la alta dirección, con el propósito de llevar a cabo la implementación de la mayor cantidad de actividades propuestas en este trabajo. Además es necesario seguir con los trabajos que se llevan a cabo en la actualidad para mejorar el proceso productivo y mejorar los beneficios de la planta.
  
- Es importante recalcar el trabajo realizado en la empresa por los operadores y supervisores de cada uno de los procesos, cuando ejecutan el mantenimiento autónomo, teniendo en cuenta que esta es la base para la elaboración de los mantenimientos programados y vitales para evitar el desgaste prematuro de los equipos en la planta.
  
- Para verse la disminución en los costos de mantenimiento, es importante poner en práctica las recomendaciones dadas y a través de los diferentes temas tratados en el trabajo.
  
- Se recomienda que al momento de elaborar los indicadores de mantenimiento se deben tomar aquellas actividades que impactan directamente la producción y competen a tareas de mantenimiento y no sean incluidas aquellas actividades que son de índole locativo o de

servicios generales. Estas deben ser documentadas con otro indicador porque los indicadores propios de mantenimiento no son confiables.

- Se recomienda la implementación de las rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo principalmente en el proceso de galvanizado teniendo en cuenta su importancia en la planta y por los estándares de calidad con los cuales debe salir el producto.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) ACEVEDO SUAREZ, José, GÓMEZ ACOSTA, Martha. Gestión de Inventarios. La Habana – 2001
- (2) CORTES VELEÑO, Yolvin Hugo, TOVAR MONTERROSA, Jorge Luis. Desarrollo de un Modelo de Gestión de Mantenimiento utilizando el RCM como estrategia para ser aplicado a equipos y sistemas eléctricos en plantas de fertilizantes, s.l, Monografía Especialización en Gerencia de Mantenimiento, UIS 2007.
- (3) MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Edición en Español. Gran Bretaña: Aladon. 2004.
- (4) MUTIS PEÑA, Christian Octavio, DALLOS GALVIS, Eder Alonso, PISCIOTTI ABELLO, Mitchel Stevenson. Modelo gerencial de mantenimiento basado en RCM de obras Civiles, eléctricas y maquinaria tipo pesado de la alcaldía de Bucaramanga, Monografía Especialización en Gerencia de Mantenimiento, UIS 2011.
- (5) ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Memorias Especialización en Gerencia de Mantenimiento. UIS, 2011
- (6) PEREZ J, Carlos Mario. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, s.l, Soporte y Cia LTDA, 2008.
- (7) SAE JA 1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes, s.l., SAE, 2009.
- (8) TAMAYO DOMÍNGUEZ, Carlos Mario. Gerencia estratégica de Mantenimiento, Memorias Especialización en Gerencia de Mantenimiento. UIS, 2011
- (9) TROFFRE, Mario. Análisis ISO 14224 / Oreda. Relación RCM-FMEA, 2007.

## ANEXOS

### ANEXO A. PANORAMA DE RIESGOS DE LA EMPRESA

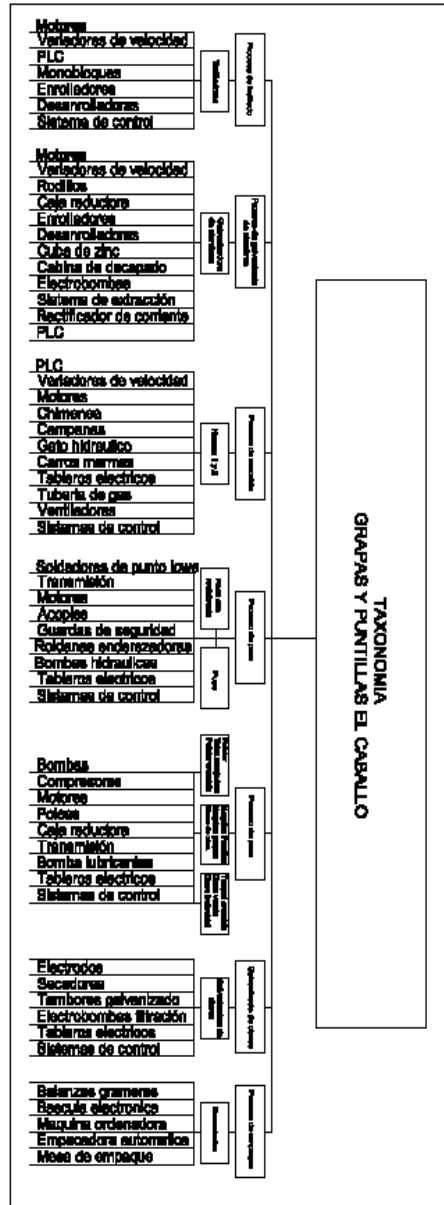
| PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO |                   |   |  |   |                      |             |            |                       |      |       |   |   |
|--|-------------------|---|--|---|----------------------|-------------|------------|-----------------------|------|-------|---|---|
| SECCIÓN  | FACTOR DE RIESGO  | FUENTE DE RIESGO  | EFECTOS  | TRABAJADORES EXPUESTOS                    | TIEMPO DE EXPOSICIÓN |             |            | GRADO DE PELIGROSIDAD |      |       | MEDIDAS A IMPLEMENTAR   |   |
|  |                   |   |  |   | Probabilidad         | Cosecuencia | Exposición | GP                    | Alto | Medio |   | Bajo  |
| <b>GALVANIZADO DE ALAMBRES</b>                               | <b>FÍSICO</b>     | Mobres  | Pérdida de Capacidad auditiva  | 10  | 8                    | 8           | 5          | 10                    | 400  | X     | Utilización de elementos de protección personal adecuados en la actividad.<br>Marcación con los elementos de protección personal indicados.   |   |
|  |                   | Ruido   | Enrolladora Rodillos   |   |                      |             |            |                       |      |       |   |   |
|  |                   | Iluminación   | Luminarias   | Pérdida de Capacidad visual               | 10                   | 8           | 10         | 10                    | 8    | 800   | X   | Realizar estudio de los niveles de lúmenes actuales en la planta, para adecuarla a la necesaria para la actividad según el RETIE. |
|  |                   | Vibración   | Bombas Rodillos  | Problemas osteomusculares                 | 10                   | 8           | 8          | 8                     | 10   | 640   | X   | Mantenimiento a equipos rotativos   |
|  |                   | Humedad   | Proceso de Decapado  | Problemas respiratorios                   | 2                    | 1           | 6          | 6                     | 10   | 360   | X   | Utilizar respiradores contra gases y vapores  |
|  |                   | Temperatura   | Proceso de Decapado y Galvanizado Soldadura de punto   | Quemaduras<br>Pérdida de capacidad visual | 2                    | 2           | 8          | 9                     | 6    | 432   | X   | Realizar exámenes periódicos<br>Identificar puntos críticos   |
|  |                   | QUÍMICO   |  |   |                      |             |            |                       |      |       |   |   |
|  |                   | Poivo   | Proceso de Decapado  | Problemas respiratorios                   | 2                    | 2           | 9          | 9                     | 8    | 648   | X   | Utilizar respiradores contra gases y vapores  |
|  |                   | Gas / Vapor   | Proceso de Decapado y Galvanizado Soldadura de punto   | Problemas respiratorios                   | 2                    | 2           | 10         | 10                    | 6    | 600   | X   | Utilizar respiradores contra gases y vapores  |
|  |                   | ERGONÓMICO  |  |   |                      |             |            |                       |      |       |   |   |
|  | Carga Estática    | Trabajo de Pie  | Lumbalgias<br>Problemas osteomusculares  | 10  | 8                    | 10          | 8          | 7                     | 560  | X     | Programas de vida sana (columna)<br>Higiene postural  |   |
|  | Puesto de trabajo | Altura de Plano de Trabajo  | Pérdida de Capacidad visual  | 10  | 8                    | 8           | 8          | 10                    | 640  | X     | Pausas activas - evaluación de puntos de trabajo por alturas.   |   |
|  | SEGURIDAD         |   |  |   |                      |             |            |                       |      |       |   |   |
|  | Mecánicos         | Soldador de Punto<br>Bombas<br>Rodillos<br>Polesas<br>Escaleras   | Atrapamientos<br>Laceraciones<br>Amputaciones  | 10  | 8                    | 8           | 8          | 8                     | 512  | X     | Mantenimiento a equipos rotativos<br>Elementos de protección personal<br>Identificar las zonas de peligro<br>Instalar guardas   |   |
|  | Eléctricos        | Rectificador<br>Placas de Conducción<br>Acometidas de Bombas<br>Tablotes de distribución<br>Motores eléctricos<br>Velocidad | Electrocución<br>Choque eléctrico<br>Quemaduras<br>Necrosis<br>Golpes y/o fracturas por caídas | 2   | 3                    | 10          | 10         | 9                     | 900  | X     | Mantenimiento de equipos eléctricos<br>Aplicación de normativas vigentes<br>Personal certificado para las actividades.<br>Utilizar elementos de protección personal adecuados<br>Herramientas adecuadas para las actividades y con los niveles de aislamiento adecuados |   |
|  | Locativos         | Superficies de trabajo<br>Distribución de área de Torre de Vapor  | Golpes<br>Fracturas  | 10  | 8                    | 5           | 2          | 10                    | 100  | X     | Revisar distribución y construcción de los andamios, brindar estabilidad.<br>Revisión estructural de torre de vapor   |   |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| NÚMERO DE EMPLEADOS EN EL PROCESO | 10 |
| HORAS DE TURNO                    | 8  |

|                 |          |
|-----------------|----------|
| GRADO DE RIESGO | 1-300    |
| BAJO            | 301-600  |
| MEDIO           | 601-1000 |



## ANEXO C. TAXONOMÍA DE LA PLANTA



## ANEXO D. RCM PROCESOS DE ESTUDIO

**GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.  
MANTENIMIENTO CENTRADO  
EN CONFIABILIDAD - RCM**



### **NOMBRE DEL PROYECTO:**

**RCM PARA:**  
TREFILADORA KOCH  
GALVANIZADO DE ALAMBRES  
PLANTA GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO  
SOGAMOSO BOYACA

### **EQUIPO DE TRABAJO:**

Nancy Amorocho Gualdrón Ing. Electricista

Jorge Eduardo Ardila Alvarez Ing. Electricista

**Bucaramanga, 12 de Marzo de 2012**



**GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.**  
**ESTUDIO DE RCM - DEFINICIÓN DE FUNCIONES**

| ELEMENTO DE ESTUDIO       | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO | CONDICIONES OPERACIONALES   | CONDICIONES AMBIENTALES  | FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)                | INTERFASES  |  |
|---------------------------|---------------------------------------|---|--|---|---|--|
| MÁQUINA TREFILADOR A KOCH | Tensión de alimentación 208V          | La trefiladora Koch opera las 24 horas del día.   | Ambiente de temperatura fresca.<br>Elevado nivel de contaminación. | Llegada de los montacargas con la carga.  | Energía eléctrica nivel de tensión 0,208 kV                   |  |
|                           | Velocidad 5-20 m/seg                  | La máquina es el comienzo de los procesos de la planta, brindando materia prima y producto terminado.   | Altura sobre el nivel del mar 2600 m                               | Tablero de distribución Trefiladora Koch. |   |  |
|                           | Cantidad de producto 4638 Kg/Turno    | Adicional a la trefiladora Koch, se cuentan con 10 máquinas (algunas diseñadas en la empresa) de diferentes especificaciones y pasos para el trefilado del alambreon. | Zona sísmica alta según la norma NSR-98                            |   |   | Señales de control para protección de los diferentes monobloques de la unidad. |
|                           |                                       |   | Humedad relativa 94%   |   | Salida de los montacargas con los rollos de alambre trefilado |  |
|                           |                                       |   | Temperatura ambiente 17°C  |   |   |  |
|                           |                                       |   | Dirección del viento Noreste                                       |   |   |  |

| CÓDIGO FUNCIÓN | FUNCIONES  |
|----------------|--|
| TK01           | Estirar alambreon o alambre para uno de menor diámetro mediante una o más pasadas a través de orificios cada vez mas pequeños de una hilera. |
| TK02           | Garantizar la disponibilidad de materias primas para los demas procesos de la planta.  |
| TK03           | Define el diámetro del alambre para el proceso que se requiera   |
| TK04           | Brindar seguridad y comodidad al operador sin poner en riesgo su integridad.   |



**GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.**  
**ESTUDIO DE RCM - DEFINICIÓN DE FUNCIONES**

| ELEMENTO DE ESTUDIO      | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO               | CONDICIONES OPERACIONALES  | CONDICIONES AMBIENTALES  | FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)   | INTERFASES   |
|--------------------------|---|--|--|--|--|
| GALVANIZAD O DE ALAMBRES | Decapado de alambre por medio de ácido clorhídrico. | El proceso de galvanizado de alambres esta compuesta por dos unidades.<br>Cada unidad cuenta con 12 alambres para iniciar el proceso de galvanizado en caliente. | Ambiente de temperatura fresca.<br>Elevado nivel de contaminación. | Llegada de los montacargas con la carga.   | Energía eléctrica nivel de tensión 0,208 kV                                    |
|                          | Procesos de Oxidación y reducción                   |  | Altura sobre el nivel del mar 2600 m                               | Tablero de distribución Unidad de galvanizado de alambres.   |  |
|                          | Velocidad 10-20 m/min                               |  | Zona sísmica alta según la norma NSR-98                            | Salida de los montacargas con los rollos de alambre galvanizado para las unidades de Maquina de puas y picado de grapas o como producto terminado. | Señales de control para protección de los diferentes componentes de la unidad. |
|                          | Corriente DC 7000A                                  |  | Humedad relativa 94%   |  |  |
|                          | Capacidad Nominal Acordada 31000 Kg/turno           |  | Temperatura ambiente 17°C  |  |  |
|                          | Rectificación 12mV - Motores 208V                   |  | Dirección del viento Noreste                                       |  |  |

| CÓDIGO FUNCIONES | FUNCIONES   |
|------------------|---|
| GAL01            | Suministrar alambre liso galvanizado.   |
| GAL02            | Garantizar la disponibilidad de alambre liso galvanizado como producto terminado.                             |
| GAL03            | Garantizar la disponibilidad de alambre liso galvanizado como materia prima de los procesos de puas y arapas. |
| GAL04            | Brindar seguridad y comodidad al operador sin poner en riesgo su integridad.                                  |

**GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.**  
**ESTUDIO DE RCM**

| Cod. Func. | Función  | Cod. FF      | Descripción Falla Funcional   | Cod. MF      | Modo de Falla                                   | Description Efectos  | FALLA OCULTA   | R. Ambiental | R. Humano | R. Económ | R. Imagen | Valor del riesgo económico | TIPO DE DECISION | DESCRIPCION TAREA                 | FRECUENCIA (mes)      | RECURSOS                          | Cod. Tarea     |                                   |             |             |    |
|------------|--|--------------|---|--------------|---|--|--|--------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------|-------------|----|
| TK01       | Estirar alambre o alambre para uno de menor diametro mediante una o mas pasadas a traves de orificios cada vez mas pequeños de una hilera. | TK01FF01     | No pasar el alambre o alambre por uno o mas orificios de la hilera. | TK01FF01MF01 | PLC desprogramado.                              | Fluctuaciones de la red de suministro.   | NO   | D5           | D2        | D3        | D3        | Entre 10M y 100M           | H2               | Revisión de calidad de la energía | 12                    | 1 Cuadrilla                       | D1             |                                   |             |             |    |
|            |  |              |   | TK01FF01MF02 | Variador de velocidad desprogramado             | Fluctuaciones de la red de suministro.   | NO   | D5           | D2        | D3        | D3        | D3                         | D3               | Entre 10M y 100M                  | H2                    | Revisión de calidad de la energía | 12             | 1 Cuadrilla                       | D1          |             |    |
|            |  |              |   | TK01FF01MF03 | Hileras con inacecuada lubricación.             | Mantención inadecuada del equipo.  | NO   | E5           | E2        | E3        | E3        | E3                         | E3               | Entre 10M y 100M                  | H4                    | Reset de falla                    | 0              | 1 Cuadrilla                       | D2          |             |    |
|            |  |              |   | TK01FF01MF04 | Sistema de refrigeración de agua con fugas.     | Puntos de alta resistividad en las conexiones eléctricas.  | SI   | C5           | C3        | C4        | C4        | C4                         | C4               | Entre 1M y 10M                    | N2                    | Termografía infraroja             | 6              | 1 cuadrilla                       | D3          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Aplicación inadecuada del lubricante.  | NO           | E4        | E4        | E4        | E4                         | E4               | Entre 0,05M y 1M                  | H3                    | Análisis lubricantes              | 6              | 1 cuadrilla                       | D4          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Selección inadecuada del tipo de lubricante dependiendo del componente en cada monodique.  | NO           | E3        | E3        | E3        | E3                         | E3               | Entre 1M y 10M                    | H4                    | Reset de falla                    | 0              | 1 Cuadrilla                       | D2          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Fuga en los diferentes componentes de la maquina tales como hileras, monodiques y enrolladoras.  | NO           | E3        | E4        | E4        | E4                         | E4               | Entre 0,05M y 1M                  | H4                    | Reset de falla                    | 0              | 1 Cuadrilla                       | D2          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Operación defectuosa del sensor de presión.  | SI           | C5        | C5        | C5        | C5                         | C5               | -0,05M                            | N3                    | Calibración de sensores           | 4              | 1 Cuadrilla                       | D5          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Taponamiento en la tubería de refrigeración.   | NO           | D4        | D5        | D3        | D4                         | D5               | D3                                | D4                    | Entre 1M y 10M                    | H4             | Reset de falla                    | 0           | 1 Cuadrilla | D2 |
|            |  |              |   |              |   |  | Impurezas en el agua de refrigeración.   | NO           | C4        | C5        | C3        | C5                         | C5               | C3                                | C5                    | Entre 1M y 10M                    | H4             | Reset de falla                    | 0           | 1 Cuadrilla | D2 |
| TK02       | No pasar el alambre o alambre por uno o mas orificios de la hilera.  | TK01FF02     | No pasar el alambre o alambre por uno o mas orificios de la hilera. | TK01FF02MF01 | Variador de velocidad quemado por sobrevoltaje. | Artriques excesivos durante tiempos cortos de operación.<br>Artriques en la red que generan calentamiento en los semiconductores.<br>Puntos de alta resistividad en las conexiones eléctricas. | NO   | D5           | D2        | D5        | D2        | D5                         | Entre 10M y 100M | H4                                | Reset de falla        | 0                                 | 1 Cuadrilla    | D2                                |             |             |    |
|            |  |              |   | TK01FF02MF02 | Motor eléctrico quemado.                        | Artriques excesivos durante tiempos cortos de operación.<br>Humedad en los devanados, bajando su aislamiento debido a la condensación del agua.  | NO   | D5           | D2        | D5        | D2        | D5                         | D2               | Entre 10M y 100M                  | H4                    | Reset de falla                    | 0              | 1 Cuadrilla                       | D2          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Conexiones inadecuadas.  | NO           | E5        | E4        | E2        | E4                         | E2               | E4                                | Entre 10M y 100M      | H4                                | Reset de falla | 0                                 | 1 Cuadrilla | D2          |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Setting inadecuado de las protecciones   | NO           | D5        | D4        | D2        | D3                         | D2               | D3                                | Entre 10M y 100M      | H4                                | Reset de falla | 0                                 | 1 Cuadrilla | D2          |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Condiciones del proceso (Falta de lubricación, partículas que impiden el rodamiento, fricción que evita, mas de la corriente nominal del motor). | NO           | D5        | D5        | D5        | D5                         | D5               | D5                                | Entre 10M y 100M      | H4                                | Reset de falla | 0                                 | 1 Cuadrilla | D2          |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Artriques excesivos durante tiempos cortos de operación.   | NO           | D5        | D5        | D5        | D5                         | D5               | D5                                | Entre 10M y 100M      | H4                                | Reset de falla | 0                                 | 1 Cuadrilla | D2          |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Puntos de alta resistividad en las conexiones eléctricas.  | SI           | C5        | C5        | C3        | C4                         | C5               | C3                                | C4                    | Entre 1M y 10M                    | N2             | Termografía infraroja             | 6           | 1 cuadrilla | D3 |
|            |  |              |   |              |   |  | Medición de aislamiento eléctrico  | SI           | D5        | D5        | D2        | D5                         | D5               | D2                                | D5                    | Entre 10M y 100M                  | O1             | Medición de aislamiento eléctrico | 6           | 1 Cuadrilla | D5 |
|            |  |              |   |              |   |  | Reset de falla   | NO           | D5        | D5        | D2        | D5                         | D5               | D2                                | D5                    | Entre 10M y 100M                  | H4             | Reset de falla                    | 0           | 1 Cuadrilla | D2 |
|            |  |              |   |              |   |  | Reset de falla   | NO           | D5        | D4        | D2        | D3                         | D2               | D3                                | Entre 10M y 100M      | H4                                | Reset de falla | 0                                 | 1 Cuadrilla | D2          |    |
| TK03       | Polea partida en la enrolladora de entrada   | TK01FF02MF03 | Motor eléctrico sobrecargado.                                       | TK01FF02MF03 | Motor eléctrico sobrecargado.                   | Artriques excesivos durante tiempos cortos de operación.<br>Puntos de alta resistividad en las conexiones eléctricas.  | SI   | C5           | C3        | C4        | C5        | C3                         | Entre 1M y 10M   | N2                                | Termografía infraroja | 6                                 | 1 cuadrilla    | D3                                |             |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Rodamientos mal lubricados produciendo deformidad en su estructura.  | SI           | E5        | E3        | E5        | E3                         | E5               | Entre 1M y 10M                    | O1                    | Lubricación de motor              | 5              | 1 Cuadrilla                       | D7          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Sobrecarga sobre el eje del motor debido a paros del proceso, inestabilizados.   | NO           | E5        | E3        | E5        | E3                         | E5               | Entre 1M y 10M                    | H4                    | Reset de falla                    | 0              | 1 Cuadrilla                       | D2          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Condensación de agua al interior del rodamiento generando oxidación.   | SI           | E5        | E3        | E5        | E3                         | E5               | Entre 1M y 10M                    | N3                    | Cambio de rodamiento              | 0              | 1 Cuadrilla                       | D6          |             |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Desgaste normal de funcionamiento  | NO           | C5        | C3        | C4        | C3                         | C4               | C3                                | Entre 0,05M y 1M      | H4                                | Reset de falla | 0                                 | 1 Cuadrilla | D2          |    |
|            |  |              |   |              |   |  | Fricciones metal - metal   | NO           | F5        | F2        | F5        | F2                         | F5               | F2                                | Entre 10M y 100M      | H4                                | Reset de falla | 0                                 | 1 Cuadrilla | D2          |    |

**GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.**  
**ESTUDIO DE RCM**

| Cód. Func. | Cód. Función   | Cód. FF  | Descripción Falla Funcional                             | Cód. MF      | Modo de Falla   | Descripción Efectos   | FALLA OCULTA | R. Ambiental | R. Humano | R. Económ | R. Imagen        | Valor del riesgo económico | TIPO DE DECISIÓN                  | DESCRIPCIÓN TAREA      | FRECUENCIA (mes) | RECURSOS    | Cod. Tarea |
|------------|--|----------|---|--------------|---|---|--------------|--------------|-----------|-----------|------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------|-------------|------------|
| TK02       | Garantizar la disponibilidad de materias primas para los dens procesos de la planta. | TK02FF01 | No disponer de materias primas para los dens procesos.  | TK02FF01MF01 | Canastilla dañada en la enrolladora de salida                   | Falga en el material  | NO           | E5           | E5        | E4        | E5               | Entre 0,05M y 1M           | H4                                | Reset de falla         | 0                | 1 Cuadrilla | 02         |
|            |  |          |   | TK02FF01MF02 | PLC desprogramado   | Fluctuaciones de la red de suministro.  | NO           | D6           | D2        | D3        | Entre 10M y 100M | H2                         | Revisión de calidad de la energía | 12                     | 1 Cuadrilla      | 01          |            |
|            |  |          |   | TK02FF01MF03 | Variable de velocidad desprogramado por fluctuaciones en la red | Fluctuaciones de la red de suministro.  | NO           | D6           | D2        | D3        | Entre 10M y 100M | H2                         | Revisión de calidad de la energía | 12                     | 1 Cuadrilla      | 01          |            |
| TK03       | Definir el diámetro del alambre para el proceso que se requiere                      | TK03FF01 | Los diámetros inadecuados.                              | TK03FF01MF01 | Polea interna partida del monobloque.                           | Puntos de alta resistividad en las conexiones eléctricas.                           | SI           | C5           | C6        | C3        | C4               | Entre 1M y 10M             | N2                                | Termografía infrarroja | 6                | 1 cuadrilla | 03         |
|            |  |          |   | TK03FF01MF02 | Cambio de velocidad inadecuado en los monobloques.              | Programación inadecuada del variador de velocidad.                                  | NO           | E5           | E2        | E3        | Entre 10M y 100M | H2                         | Revisión preventiva de parámetros | 6                      | 1 Cuadrilla      | 09          |            |
|            |  |          |   | TK03FF01MF04 | Cojinetes torcidos en el monobloque.                            | Manipulación inadecuada del equipo.   | NO           | E5           | E2        | E3        | Entre 10M y 100M | H4                         | Reset de falla                    | 0                      | 1 Cuadrilla      | 02          |            |
| TK04       | Brindar seguridad y comodidad al operador sin poner en riesgo su integridad.         | TK04FF01 | Guardas de la máquina no brinda protección al operador. | TK04FF01MF01 | Vidrios de la puerta del monobloque partido.                    | Desgaste normal de funcionamiento   | NO           | C5           | C5        | C2        | C5               | Entre 10M y 100M           | H3                                |                        |                  |             |            |
|            |  |          |   | TK04FF01MF02 | Cierre de la puerta inadecuado.                                 | Goletes recibidos   | NO           | C5           | C2        | C5        | Entre 10M y 100M | H4                         | Reset de falla                    | 0                      | 1 Cuadrilla      | 02          |            |
|            |  |          |   | TK04FF01MF03 | Cable de emergencia reventado                                   | Mal sistema de lubricación  | NO           | D6           | D2        | D6        | Entre 10M y 100M | H4                         | Reset de falla                    | 0                      | 1 Cuadrilla      | 02          |            |
| TK04       | Parada de emergencia no accionan   | TK04FF02 | Botón de emergencia no hace contacto.                   | TK04FF02MF01 | Motor eléctrico quemado.  | Arranques excesivos durante tiempos cortos de operación.                            | NO           | D6           | D5        | D2        | D5               | Entre 10M y 100M           | H4                                | Reset de falla         | 0                | 1 Cuadrilla | 02         |
|            |  |          |   | TK04FF02MF02 | Botón de emergencia no hace contacto.                           | Humedad en los devanados, bajando su aislamiento debido a la condensación del agua. | SI           | D6           | D2        | D6        | Entre 10M y 100M | O1                         | Medición de aislamiento eléctrico | 6                      | 1 Cuadrilla      | 08          |            |
|            |  |          |   | TK04FF02MF03 | Sensor de emergencia no opera.                                  | Conexiones inadecuadas.   | NO           | E5           | E4        | E4        | Entre 10M y 100M | H4                         | Reset de falla                    | 0                      | 1 Cuadrilla      | 02          |            |
| TK04       | Revisión de calidad de la energía  | TK04FF03 | Fluctuaciones de la red de suministro.                  | TK04FF03MF01 | Sensor descalibrado   | Setting inadecuado de las protecciones  | NO           | D6           | D4        | D2        | D3               | Entre 10M y 100M           | H4                                | Reset de falla         | 0                | 1 Cuadrilla | 02         |
|            |  |          |   | TK04FF03MF02 | Sensor quemado  | Goletes recibidos   | NO           | C5           | C3        | C5        | Entre 1M y 10M   | H4                         | Reset de falla                    | 0                      | 1 Cuadrilla      | 02          |            |
|            |  |          |   | TK04FF03MF03 | Revisión periódica ineficiente                                  | Funcionamiento inadecuado del testigo   | SI           | C5           | C3        | C5        | Entre 1M y 10M   | S2                         | Revisión componentes de control   | 12                     | 1 Cuadrilla      | 10          |            |
| TK04       | Revisión de calidad de la energía  | TK04FF04 | Revisión de calidad de la energía                       | TK04FF04MF01 | Embragación excesiva  | Embragación excesiva  | NO           | C5           | C3        | C3        | C5               | Entre 1M y 10M             | H4                                | Reset de falla         | 0                | 1 Cuadrilla | 02         |
|            |  |          |   | TK04FF04MF02 | Desgaste normal de funcionamiento                               | Desgaste normal de funcionamiento   | NO           | D6           | D3        | D6        | Entre 1M y 10M   | H4                         | Reset de falla                    | 0                      | 1 Cuadrilla      | 02          |            |
|            |  |          |   | TK04FF04MF03 | Desgaste en las conexiones del botón de emergencia              | Desgaste en las conexiones del botón de emergencia                                  | SI           | C5           | C3        | C5        | Entre 1M y 10M   | S4                         | Reset de falla                    | 0                      | 1 Cuadrilla      | 02          |            |



**GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.**  
ESTUDIO DE RCM

| Cód. Func. Función                             | Cód. FF   | Descripción Fala Funcional  | Cód. MF        | Modo de Fala   | Descripción Efectos  | FALLA OCULTA Ambiental | R. Ambiental   | R. Humano      | R. Económico   | R. Imagen      | Valor del riesgo económico | TIPO DE DECISION                                   | DESCRIPCIÓN TAREA                    | FRECUENCIA (mes)  | RECURSOS   | Cod. Tarea                             |                |    |
|--|-----------|---|----------------|--|--|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|--|--------------------------------------|---|--|--|----------------|----|
| GAL01<br>Suministrar alambre liso galvanizado. | GAL01FF01 | No disponer de alambre galvanizado con las características necesarias para el mercado | GAL01FF01MF0 1 | La polea se encuentra torcida, partida y/o desgastada.<br>La polea no es la adecuada para la actividad.<br>Daño en el soporte de la polea. | La polea se encuentra torcida, partida y/o desgastada.<br>La polea no es la adecuada para la actividad.<br>Daño en el soporte de la polea.   | NO                     | D5             | D5             | D3             | D5             | Entre 1M y 10M             | H4   | Reset de falla                       | 0   | 1 Cuadilla   | 02                                     |                |    |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 2 | Los rodillos en las cubas no giran.  | Cogitales bloqueados por corrosión<br>Ejes partidos o corroídos.<br>Ruptura de los correas de transmisión.   | SI<br>NO               | E5<br>E5<br>E5 | E5<br>E5<br>E5 | E3<br>E3<br>E3 | E5<br>E3<br>E5 | E5<br>E3<br>E5             | Entre 1M y 10M<br>Entre 1M y 10M<br>Entre 1M y 10M | O1<br>H4<br>H4                       | Reset de falla<br>Cambio de cogitales<br>Lubricación de cogitales | 0<br>18<br>8   | 1 Cuadilla<br>1 Cuadilla<br>1 Cuadilla | 02<br>04<br>05 |    |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 3 | Rectificador de corriente quemado  | Caja reductora bloqueada.<br>Daño en la electrónica de potencia por fluctuaciones en la red eléctrica.<br>Humedad en los devanados, bajando su aislamiento debido a la condensación del agua.  | NO<br>NO               | B4<br>C4       | B5<br>C5       | B2<br>C2       | B3<br>C3       | B3<br>C3                   | B3<br>C3   | Entre 10M y 100M<br>Entre 10M y 100M | H2<br>H2  | Inspección de parámetros de funcionamiento.<br>Revisión de calidad de la energía | 12<br>6                                | 1 Cuadilla     | 01 |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 4 | Variable de velocidad quemado por sobrecalentamiento.  | Conexiones inadecuadas.<br>Selling inadecuado de las protecciones<br>Cableado generado por ruido entre los alambres (enrollado), con la estructura de la cuba (cableado).<br>Amenazas excesivas durante tiempos cortos de operación.   | NO<br>NO               | D5<br>D5       | D4<br>D5       | D2<br>D2       | D3<br>D2       | D3<br>D2                   | D3<br>D2   | Entre 10M y 100M<br>Entre 10M y 100M | H2<br>H1  | Revisión de bobinado del alambre<br>Reset de falla                               | 0<br>0.03                              | Operador       | 01 |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 5 | Motor de rodillo quemado   | Armónicos en la red que generan calentamiento en los semiconductores.<br>Puntos de alta actividad en las conexiones eléctricas.<br>Cableado generado por ruido entre los alambres (enrollado), con la estructura de la cuba (cableado).<br>Amenazas excesivas durante tiempos cortos de operación. | SI<br>NO               | D5<br>D5       | D5<br>D5       | D2<br>D2       | D2<br>D2       | D2<br>D2                   | D2<br>D2   | Entre 10M y 100M<br>Entre 10M y 100M | H1<br>H4  | Revisión de calidad de la energía<br>Termografía infrarroja                      | 12<br>6                                | 1 Cuadilla     | 03 |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 6 | Las plaquetas no conducen corriente.   | Conexiones inadecuadas.<br>Selling inadecuado de las protecciones<br>Se atoran las plaquetas producto de la corrosión.<br>Daños por esfuerzos mecánicos  | NO<br>NO               | D5<br>D5       | D4<br>D4       | D2<br>D2       | D3<br>D3       | D3<br>D3                   | D3<br>D3   | Entre 10M y 100M<br>Entre 10M y 100M | H4<br>H4  | Revisión de bobinado del alambre<br>Reset de falla                               | 0<br>0                                 | Operador       | 01 |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 7 | Electrobombas quemadas.  | Puntos de alta actividad en las conexiones eléctricas.<br>Condiciones del proceso (Falla de lubricación, partículas que impiden el rodamiento, fricción) que según más de la corriente nominal de la electrobomba.<br>Puntos de alta actividad en las conexiones eléctricas.                       | NO<br>NO               | D5<br>D5       | D5<br>D5       | D2<br>D2       | D2<br>D2       | D2<br>D2                   | D2<br>D2   | Entre 0.05M y 1M<br>Entre 0.05M y 1M | H4<br>H4  | Reset de falla<br>Termografía infrarroja   | 0<br>6                                 | 1 Cuadilla     | 02 |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 8 | Robot bloqueado.   | Daños por esfuerzos mecánicos<br>Desajustes eléctricos parciales por fallas en el proceso.<br>Fuera de bobinado al ambiente agresivo al cual está expuesto.  | NO<br>NO               | D5<br>D5       | D5<br>D5       | D2<br>D2       | D2<br>D2       | D2<br>D2                   | D2<br>D2   | Entre 1M y 10M<br>Entre 1M y 10M     | H2<br>H2  | Reset de falla<br>Termografía infrarroja   | 6<br>5                                 | 1 Cuadilla     | 03 |
|  |           |   | GAL01FF01MF0 9 | Orificios en la cuba.  | Daños por esfuerzos mecánicos<br>Fuera de bobinado al ambiente agresivo al cual está expuesto.   | NO<br>NO               | D5<br>D5       | D5<br>D5       | D2<br>D2       | D2<br>D2       | D2<br>D2                   | D2<br>D2   | Entre 0.05M y 1M<br>Entre 0.05M y 1M | H4<br>H2  | Revisión de falla<br>Inspección de la estructura de las marcapapas.              | 0<br>1                                 | 1 Cuadilla     | 02 |
|  |           |   | GAL01FF01MF1 0 | Margen de inversión.   | Daños por esfuerzos mecánicos  | NO                     | D5             | D5             | D2             | D2             | D2                         | D2   | Entre 0.05M y 1M                     | H4  | Reset de falla   | 0                                      | 1 Cuadilla     | 02 |



GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.  
ESTUDIO DE RCM

| Cod. Funci | Función  | Cod. FF   | Descripción<br>Falla Funcional   | Cod. MF       | Modo de Falla  | Descripción Efectos  | FALLA<br>OCULTA   | R.<br>Ambienta | R.<br>Humano | R.<br>Económ | R.<br>Imagen | Valor del riesgo<br>económico | TIPO DE<br>DECISION | DESCRIPCIÓN TAREA                 | FRECUENCIA<br>(mes)              | RECURSOS                         | Cod.<br>Tarea |             |    |
|------------|--|-----------|--|---------------|--|--|---|----------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|----|
| GAL01      | Suministrar sambre<br>liso galvanizado.  | GAL01FF01 | No disponer de<br>sambre<br>galvanizado con<br>las características<br>necesarias para el<br>proceso. | GAL01FF01MF01 | Soldador de punto no<br>satisfecho.  | Exceso de temperatura del soldador a causa de<br>corriente excesiva. | 01  | B5             | B3           | B4           | B4           | Entre 1M y 10M                | S2                  | Mantenimiento preventivo soldador | 12                               | 1 Cuadrilla                      | 02            |             |    |
| GAL02      | Garantizar la<br>disponibilidad de<br>sambre liso<br>galvanizado como<br>producto terminado y/o<br>materia prima de otros<br>procesos. | GAL02FF01 | No disponer de<br>materia prima<br>para los demás<br>procesos y/o<br>producto<br>terminado.          | GAL02FF01MF01 | Los juegos de rodamientos<br>de engranajes de<br>sambre se encuentran<br>desajustados. | Falta de presión de aire en el momento en que se<br>saca el sambre   | NO  | B5             | B5           | B4           | B5           | Entre 1M y 10M                | H4                  | Revel de fibra                    | 0                                | 1 Cuadrilla                      | 02            |             |    |
|            |  |           |  | GAL02FF01MF02 | Desgaste normal de funcionamiento  | Desgaste normal de funcionamiento                                    | NO  | C5             | C4           | C5           | C4           | C5                            | Entre 0,05M y 1M    | H4                                | Revel de fibra                   | 0                                | 1 Cuadrilla   | 02          |    |
|            |  |           |  | GAL02FF01MF03 | Fricción meta - meta   | Fricción meta - meta   | NO  | F5             | F5           | F2           | F5           | F5                            | Entre 10M y 100M    | H4                                | Revel de fibra                   | 0                                | 1 Cuadrilla   | 02          |    |
|            |  |           |  | GAL02FF01MF04 | Sistema de enrollados<br>dañado  | Fuga en el material  | NO  | E5             | E5           | E4           | E5           | E5                            | Entre 0,05M y 1M    | H4                                | Revel de fibra                   | 0                                | 1 Cuadrilla   | 02          |    |
| GAL03      | Emisar seguridad y<br>comodidad al operador<br>sin poner en riesgo su<br>integridad.   | GAL03FF02 | Falta de<br>energía en<br>accion   | GAL03FF02MF01 | FLC desprogramado  | Fluctuaciones de la red de suministro.                               | NO  | D5             | D5           | D2           | D3           | Entre 10M y 100M              | H2                  | Revisión de cables de la energía  | 12                               | 1 Cuadrilla                      | 01            |             |    |
|            |  |           |  |               | GAL03FF02MF02  | Valor de velocidad<br>desprogramado por<br>fluctuaciones en la red   | Fluctuaciones de la red de suministro.                        | NO             | D5           | D5           | D2           | D3                            | Entre 10M y 100M    | H2                                | Revisión de cables de la energía | 12                               | 1 Cuadrilla   | 01          |    |
|            |  |           |  |               | GAL03FF02MF03  | Valor de velocidad<br>desprogramado por<br>fluctuaciones en la red   | Manipulación inadecuada del equipo.                           | NO             | E5           | E5           | E2           | E3                            | E5                  | Entre 10M y 100M                  | H4                               | Revel de fibra                   | 0             | 1 Cuadrilla | 02 |
|            |  |           |  |               | GAL03FF02MF04  | Guarda de la<br>máquina no brinda<br>protección al<br>operador.      | Puntos de alta resistencia en las conexiones eléctricas.      | SI             | C5           | C5           | C3           | C4                            | C4                  | Entre 1M y 10M                    | N2                               | Terminografía intrínseca         | 6             | 1 cuadrilla | 03 |
| GAL03      | Emisar seguridad y<br>comodidad al operador<br>sin poner en riesgo su<br>integridad.   | GAL03FF03 | Falta de<br>energía en<br>accion   | GAL03FF03MF01 | Extracción de vapores<br>decaído no opera.   | El sistema de extracción no tiene alimentación.                      | NO  | C4             | C3           | C2           | C3           | Entre 10M y 100M              | H4                  | Revel de fibra                    | 0                                | 1 Cuadrilla                      | 02            |             |    |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF02  | Desajuste de los accios<br>no opera.                                 | Deficiencias mecánicas altas en la torre de viento.           | SI             | B4           | B3           | B2           | B3                            | B4                  | Entre 10M y 100M                  | S2                               | Revisión periódica estructura    | 12            | 1 Cuadrilla | 13 |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF03  | Guarda de la<br>máquina no brinda<br>protección al<br>operador.      | Fuera de la tubería de drenaje por causa de los accios        | NO             | C4           | C5           | C3           | C5                            | C5                  | Entre 1M y 10M                    | H4                               | Revel de fibra                   | 0             | 1 Cuadrilla | 02 |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF04  | Caja de aislamiento de<br>las placas eficiente.                      | Taponamiento de la tubería de drenaje por causa de<br>accios. | NO             | D4           | D5           | D3           | D4                            | D4                  | Entre 1M y 10M                    | H4                               | Revel de fibra                   | 0             | 1 Cuadrilla | 02 |
| GAL03      | Emisar seguridad y<br>comodidad al operador<br>sin poner en riesgo su<br>integridad.   | GAL03FF03 | Falta de<br>energía en<br>accion   | GAL03FF03MF01 | Desgaste de aislamiento por corrosión en la superficie.                                | Desgaste de aislamiento por corrosión en la superficie.              | SI  | C5             | C2           | C3           | C3           | Entre 10M y 100M              | S2                  | Aplicación de barniz aislante     | 2                                | 1 Cuadrilla                      | 14            |             |    |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF02  | Cable de emergencia no<br>reventado                                  | Daños por esfuerzos mecánicos                                 | NO             | C5           | C4           | C4           | C5                            | C5                  | Entre 0,05M y 1M                  | H4                               | Revel de fibra                   | 0             | 1 Cuadrilla | 02 |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF03  | Cable de emergencia no<br>reventado                                  | Elongación excesiva   | NO             | C5           | C3           | C3           | C5                            | C5                  | Entre 1M y 10M                    | H4                               | Revel de fibra                   | 0             | 1 Cuadrilla | 02 |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF04  | Botón de emergencia no<br>hace contacto.                             | Desgaste normal de funcionamiento                             | NO             | D5           | D3           | D3           | D5                            | D5                  | Entre 1M y 10M                    | H4                               | Revel de fibra                   | 0             | 1 Cuadrilla | 02 |
| GAL03      | Emisar seguridad y<br>comodidad al operador<br>sin poner en riesgo su<br>integridad.   | GAL03FF03 | Senores de<br>alimentador y/o<br>nivel de cubas no<br>operan   | GAL03FF03MF01 | Desgaste en las conexiones de boton de emergencia                                      | Desgaste en las conexiones de boton de emergencia                    | SI  | C5             | C3           | C3           | C5           | Entre 1M y 10M                | S4                  | Revel de fibra                    | 0                                | 1 Cuadrilla                      | 02            |             |    |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF02  | Revisión periódica eficiente   | Revisión periódica eficiente                                  | NO             | D5           | D3           | D3           | D5                            | D5                  | Entre 1M y 10M                    | H4                               | Revel de fibra                   | 0             | 1 Cuadrilla | 02 |
|            |  |           |  |               | GAL03FF03MF03  | Sensor quemado   | Fluctuaciones de la red de suministro.                        | NO             | D5           | D5           | D2           | D3                            | D3                  | Entre 10M y 100M                  | H2                               | Revisión de cables de la energía | 12            | 1 Cuadrilla | 01 |



**GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A.  
MATRIZ DE RIESGO**

| CONSECUENCIAS          |  |                  |                   | CONSECUENCIA   | PROBABILIDAD |           |            |          |            |           |           |
|------------------------|--|------------------|-------------------|----------------|--------------|-----------|------------|----------|------------|-----------|-----------|
| HUMANAS                | AMBIENTALES                              | COSTOS           | IMAGEN            |                | PESO         | IMPOSIBLE | IMPROBABLE | REMOTO   | OCCASIONAL | MODERADO  | FRECUENTE |
| Mas de un muerto       | Efectos irreversibles                    | >100             | Internacio<br>nal | Catastrofico   | 1            | Yellow    | Red        | Red      | Red        | Red       | Red       |
| Incapacidad permanente | Efectos irreversibles en menos de 2 años | ENTRE 100M - 10M | Nacional          | Critico        | 2            | Yellow    | Yellow     | Red      | Red        | Red       | Red       |
| Incapacidad temporal   | Efectos reversibles en menos de 6 meses  | ENTRE 10 M- 1M   | Regional          | Marginal       | 3            | Yellow    | Yellow     | Yellow   | Yellow     | Red       | Red       |
| Lesiones               | Efectos pueden ser controlados           | ENTRE 1M-.05M    | Local             | Insignificante | 4            | Green     | Green      | Green    | Yellow     | Yellow    | Yellow    |
| Nunguna                | No afecta el medio ambiente              | <0.05M           | Ninguno           | Ninguno        | 5            | Green     | Green      | Green    | Green      | Green     | Green     |
|                        |  |                  |                   |                |              | > 10 Años | < 10 Años  | < 5 Años | < 2 Años   | < 6 Meses | ± 1 Mes   |
|                        |  |                  |                   |                |              | A         | B          | C        | D          | E         | F         |

## ANEXO E. DOCUMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO

| GRAPAS Y PUNTILLAS EL CABALLO S.A. |                |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|------------------------------------|----------------|-----------|-----------------------|---------------------|----------------|-----------------|----------|--------------------------|---------|--------------|----------|
| AÑO:                               |                | MES:      |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              | F2016    |
| DÍA                                | EQUIPO (HORNO) | OPERACIÓN | NITROGENO 1 - 15 SCFM | POSICION TERMOCUPLA | PRESION DE GAS | PRESION DE AIRE | CHIMENEA | DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | REALIZÓ | TIEMPO TOTAL | ENTERADO |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #1       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #2       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |
|                                    | HORNO #3       |           |                       |                     |                |                 |          |                          |         |              |          |

MARQUE SOBRE LA COLUMNA DE OPERACIÓN X  
 P M  
 SI PRESENTÓ PROBLEMA Y DE:  
 SI ESTÁ PARADA POR PRODUC  
 SI ESTÁ PARADA POR MANTENI

2010-04-08





